



Фазылов Али Рахматджанович

Доктор технических наук, профессор, главный научный сотрудник Института водных проблем, гидроэнергетики и экологии Национальной академии наук Таджикистана.

Сфера научных интересов: водные ресурсы, управление и рациональное использование водных ресурсов, гидротехнические сооружения; безопасность гидротехнических сооружений, гидрология, экология, водная и гидроэкологическая безопасность, исследования опасных природных явлений. Автор монографий и свыше 120 научных статей, а также и 10 изобретений. Член Научно-технического совета Министерства энергетики и водных ресурсов Республики Таджикистан, Национальной комиссии по ирригации и дренажу Республики Таджикистан, экспертного совета Высшей аттестационной комиссии при Президенте Республики Таджикистан, Международной селевой ассоциации, а также редакционного совета журнала «Вестник Донского ГАУ» Федерального Государственного Бюджетного Образовательного Учреждения «Донской Государственный Аграрный Университет» и научного журнала «Водные ресурсы, энергетика и экология», Института водных проблем, гидроэнергетики и экологии Национальной академии наук Таджикистана. Национальный эксперт по вопросам безопасности гидротехнических сооружений.



Гулаёзов Маджид Шоназарович

Кандидат географических наук. Сопредседатель Научно-исследовательского центра экологии и окружающей среде Центральной Азии (Душанбе). Сфера научных интересов включает гидрологию, водные ресурсы, управление и рациональное использование водных ресурсов, экологию и исследования опасных природных явлений с применением методов дистанционного зондирования и ГИС. Основное направление исследований связано с изучением высокогорных озёр и водных систем горных регионов Центральной Азии. Автор монографий, более 40 научных статей и двух патентов, опубликованных в республиканских и международных журналах, включая издания, индексируемые в базе Scopus. Член **International Geographical Union (Commission on Silk Road Civilizations and Environments)**.

М.Ш. ГУЛАЁЗОВ, А.Р. ФАЗЫЛОВ

ГЕОГРАФО-ГИДРОЛОГИЧЕСКИЙ И ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ

(Бассейн реки Варзоб, Таджикистан)

НАЦИОНАЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ НАУК ТАДЖИКИСТАНА

**Научно-исследовательский центр экологии и окружающей
среды Центральной Азии (Душанбе)**

Институт водных проблем, гидроэнергетики и экологии

М.Ш. ГУЛАЁЗОВ, А.Р. ФАЗЫЛОВ

**ГЕОГРАФО-ГИДРОЛОГИЧЕСКИЙ
И ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ
(Бассейн реки Варзоб, Таджикистан)**

Душанбе – 2026

УДК 913: 556.5(575.3)
ББК 26,22+28,081 (тадж)
Г-94

Рекомендовано к изданию решением Издательского совета Национальной академии наук Таджикистана от 29 апреля 2026, №26

Гулаёзов Маджид Шоназарович, Фазылов Али Рахматджанович. Географо-гидрологический и экологический мониторинг (Бассейн реки Варзоб, Таджикистан). - Душанбе: «Садои Калб», 2026. - 130 с.

Монография посвящена анализу и оценке географо-гидрологического и экологического состояния территории бассейна реки Варзоб, водных ресурсов и их качества. Реализованы комплексные исследования путей рационального использования стока; влияния изменения климата на водный баланс малых горных рек; климатических зон; пространственного распределения атмосферных осадков и температурного фона бассейна реки Варзоб; влияния залегания снежного покрова и оледенения территории бассейна реки Варзоб, в условиях климатических изменений, на его сток; особенностей экологической ситуации водных ресурсов в Варзобском районе.

Авторами разработана методика использования данных дистанционного зондирования и геоинформационных технологий для оценки изменения климата и водного баланса реки в условиях горной местности, при недостатке информации наземных наблюдений а также разработаны рекомендации, с учётом экологических требований, рационального использования водных ресурсов бассейна реки Варзоб.

Монография рекомендуется научным и педагогическим работникам, студентам, магистрантам и докторантам, и может использоваться в качестве учебного пособия в высших учебных заведениях. Она также представляет интерес для специалистов Министерства энергетики и водных ресурсов Республики Таджикистан, Комитета по охране окружающей среды, Комитета по чрезвычайным ситуациям и гражданской обороне и Агентства мелиорации и ирригации при Правительстве Республики Таджикистан, а также для всех, кто занимается подготовкой и повышением квалификации кадров в области географии, метеорологии, климатологии, гидрологии, экологии и природных рисков. Работа будет полезна для широкого круга читателей, интересующихся вопросами изменения климата, качества воды и природоохранной деятельности, а также представителей международных организаций и всех, кто занимается вопросами устойчивого управления природными ресурсами и адаптации к климатическим изменениям.

Рецензенты:

М.М. Хакдод - доктор технических наук, профессор, член корреспондент Национальной академии наук Таджикистана.

Муртазаев У. И. - доктор географических наук, профессор, профессор кафедры физической географии Таджикского Государственного педагогического университета имени Садридина Айни

ISBN 978-99985-63-60-7

© Гулаёзов М.Ш., Фазылов А.Р. 2026.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Стр.

	ПЕРЕЧЕНЬ СОКРАЩЕНИЙ И УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ.....	5
	ПРЕДИСЛОВИЕ.....	6
	ВВЕДЕНИЕ.....	9
Глава 1.	ФИЗИКО - ГЕОГРАФИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РЕСПУБЛИКИ ТАДЖИКИСТАН.....	13
1.1.	Географическое положение Таджикистана.....	13
1.2.	Гидрологические и климатические условия Таджикистана.....	15
1.3.	Климатическая дифференциация Таджикистана.....	44
1.4.	Физико-географическая характеристика бассейна реки Кафирниган.....	46
Глава 2.	ТЕРРИТОРИАЛЬНО-ПРИРОДНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА БАСЕЙНА РЕКИ ВАРЗОБ..	50
2.1.	Анализ и оценка состояния и развития Варзобского района Республики Таджикистан.....	50
2.2.	Природные условия и водно-ресурсный потенциал бассейна реки Варзоб.....	53
2.3.	Основные причины обострения экологической ситу- ации в бассейне реки Варзоб.....	59
Глава 3.	ГЕОГРАФО-ГИДРОЛОГИЧЕСКАЯ ИЗУЧЕННОСТЬ ТЕРРИТОРИИ БАСЕЙНА РЕКИ ВАРЗОБ.....	60
3.1.	Районирование бассейна реки Варзоб.....	60
3.2.	Гидрологический режим и особенности формирова- ния стока в бассейне реки Варзоб.....	65
3.3.	Анализ и оценка климатических условий бассейна реки Варзоб.....	68
3.3.1.	Анализ и оценка температуры воздуха бассейна реки Варзоб.....	68
3.3.2.	Особенности испарения в условиях горной местно- сти бассейна реки Варзоб.....	72
3.3.3.	Анализ и оценка осадков по территории и высотным зонам бассейна реки Варзоб.....	77
3.3.4.	Анализ и оценка изменчивости площади оледенения бассейна реки Варзоб.....	80
Глава 4.	ОСОБЕННОСТИ ЗОНЫ ФОРМИРОВАНИЯ СТОКА РЕКИ ВАРЗОБ В УСЛОВИЯХ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА.....	86

4.1.	Исследования и оценка водного баланса реки Варзоб..	86
4.2.	Исследования климатических переменных зоны формирования стока реки Варзоб.....	88
4.3.	Исследования влияния залегания снежного покрова бассейна реки Варзоб на сток в условиях климатических изменений.....	94
Глава 5.	АНАЛИЗ И ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ БАСЕЙНА РЕКИ ВАРЗОБ.....	100
5.1.	Методология и технические средства оценки качества воды реки Варзоб.....	101
5.2.	Исследования и оценка степени возможного ущерба от загрязнения водных ресурсов на экологическое и социально-экономическое состояние Варзобского района.	107
5.3.	Пути решения проблем качества водных ресурсов и водная безопасность.....	109
	ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	115
	Рекомендации по практическому использованию результатов.....	116
	СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	117

ПЕРЕЧЕНЬ СОКРАЩЕНИЙ И УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ

АВП	Ассоциации водопользователей
АМИ	Агентство по мелиорации и ирригации
ВМО	Всемирная метеорологическая организация
БАМ	Бассейн Аральского моря
ВХК	Водохозяйственный комплекс
ГП	Гидрологический пост
ГЭС	Гидроэлектростанции (мГЭС – малые)
ГИС	Геоинформационные системы
ИВПГЭиЭ	Институт водных проблем, гидроэнергетики и экологии
ИЗВ	Индекс загрязненности воды
ИУВР	Интегрированное управление водными ресурсами
КООС	Комитет по охране окружающей среды
КЧСиГО	Комитет по чрезвычайным ситуациям и гражданской обороне
МЭи ВР	Министерство энергетики и водных ресурсов
НАНТ	Национальная академия наук Таджикистана
НПК	Научно-практической конференции
НПО	Неправительственные организации
ОВОС	Оценка воздействия на окружающую среду
РКИК ООН	Рамочная Конвенция ООН по изменению климата
ПР РТ	Правительство Республики Таджикистан
РТ	Республика Таджикистан
ЦУР	Цели устойчивого развития
U, мм	Изменение влагозапасов в речном бассейне за рассматриваемый промежуток времени;
E, мм	Упругость насыщения при температуре испаряющей поверхности
e, мм	Упругость пара в окружающем воздухе
E _m , мм	Испаряемость
F, км ²	Площадь водосбора
F, %	Относительная влажность воздуха
h ₀ , мм	Средний многолетний слой стока
Q, кг/м ² с	Скорость испарения
Q ₀ , м ³ /с	Средний многолетний расход воды
R	Коэффициент корреляции связи
T, °C	Температура воздуха в градусах Цельсия
X, мм	Осадки
Y, мм	Поверхностный сток воды
Z, мм	Испарение с поверхности водосбора

ПЕШГУФТОР

Мониторинги географию гидрологӣ ва экологӣ низоми мукаммали мушоҳида, чамъоварӣ ва таҳлили маълумот дар бораи ҳолати объектҳои обӣ (дарёҳо ва кӯлҳо) ва ҳавзаҳои онҳо мебошад, ки дар он маълумоти физикӣ-географӣ, иқлимӣ ва гидрологӣ бо арзёбии ҳолати экологӣ муттаҳид гардида, бо мақсади муайян кардани таъсирҳои табиӣ ва антропогенӣ ба экосистемаҳо ва таҳияи тадбирҳо чихати коҳиш додани оқибатҳои манфӣ барои идоракунии оқилона ва устувори захираҳои обӣ истифода мешавад.

Тағйирёбиҳои муосири иқлим ва равандҳои экологии вобаста ба онҳо дар минтақаҳои кӯҳии Осиёи Марказӣ аҳамияти илмӣ таҳқиқот дар соҳаҳои гидрология, чуғрофия, экология ва идоракунии устувори захираҳои табииро назаррас афзун менамоянд, бахусус дар шароити экосистемаи нодир ва ҳассос, ки ҳавзаҳои дарёи Варзоб ба он мансуб аст.

Монографияи мазкур натиҷаи корҳои бисёрсолаи илмӣ-тадқиқотӣ буда, ба арзёбии маҷмӯии географию гидрологӣ ва экологии захираҳои оби ҳавзаҳои дарёи Варзоб дар заминаи тағйирёбии иқлим равона шудааст. Дар он тағйирёбии фазоӣ ва вақтии омилҳои иқлимӣ, ҳолати пӯшиши барф ва пирахҳо, сохтори тавозуни об, инчунин ҷанбаҳои экологии фаъолияти объектҳои оби минтақа мавриди таҳлил қарор гирифтаанд. Асоси методологии таҳқиқотро маҷмӯи усулҳои мушоҳидаҳои сахроӣ, коркарди маълумот ва усулҳои муосири дурдаст ташкил дода, дар раванди иҷрои он технологияҳои муосири ГИС ва пойгоҳҳои додаҳои иқлимӣ ба таври васеъ истифода шудааст.

Муаллифон ба роҳбарияти Академияи миллии илмҳои Тоҷикистон, Маркази илмӣ-тадқиқотии экология ва муҳити зисти Осиёи Марказӣ (Душанбе), инчунин Институти масъалаҳои об, гидроэнергетика ва экология барои таваҷҷуҳ ва дастгирии пайваستا изҳори сипоси самимӣ менамояд.

ПОСВЯЩАЕТСЯ
Международному десятилетию действий
«Вода для устойчивого развития, 2018–2028»

ПРЕДИСЛОВИЕ

Географо-гидрологический и экологический мониторинг - комплексная система наблюдений и анализа состояния водных объектов (рек, озер) и их бассейнов, объединяющая физико-географические, климатические и гидрологические данные с оценкой экологического состояния, с целью выявления антропогенных и природных воздействий на экосистемы и разработку мер по минимизации негативных последствий для рационального управления водными ресурсами.

Современные климатические изменения и связанные с ними экологические трансформации горных территорий Центральной Азии повышают актуальность и практическую ценность научных исследований в области гидрологии, географии, экологии и устойчивого управления природными ресурсами и, в частности, в условиях уникальной и чувствительной экосистемы, каким является бассейн реки Варзоб.

Настоящая монография представляет собой результат многолетней научно-исследовательской работы, направленный на комплексную географо-гидрологическую и экологическую оценку водных ресурсов бассейна Варзоба в контексте климатических изменений. В ней проанализированы пространственно-временные изменения климатических факторов, состояние снежного покрова и ледников, структура водного баланса, а также экологические аспекты функционирования водных объектов региона. Исследование базируется на совокупности натурных, камеральных и дистанционных методов, с широким применением современных ГИС-технологий и климатических баз данных.

Авторы выражают искреннюю благодарность руководству Национальной академии наук Таджикистана, Научно-исследовательского центра экологии и окружающей среды Центральной Азии (Душанбе), Института водных проблем, гидроэнергетики и экологии за постоянное внимание и поддержку.

DEDICATED TO
the International Decade of Action
“Water for Sustainable Development, 2018–2028”

PREFACE

Geographical-hydrological and ecological monitoring is a comprehensive system of observations and analysis of the state of water bodies (rivers, lakes) and their basins, integrating physico-geographical, climatic, and hydrological data with an assessment of ecological conditions, aimed at identifying anthropogenic and natural impacts on ecosystems and developing measures to minimize negative consequences for the rational management of water resources.

Contemporary climate changes and the associated ecological transformations in the mountainous regions of Central Asia increase the relevance and practical value of scientific research in the fields of hydrology, geography, ecology, and sustainable natural resource management, particularly in the context of the unique and sensitive ecosystem of the Varzob River basin.

This monograph represents the result of many years of scientific research, aimed at a comprehensive geographical-hydrological and ecological assessment of the water resources of the Varzob River basin in the context of climate change. It analyzes the spatial and temporal variations of climatic factors, the state of snow cover and glaciers, the structure of the water balance, as well as ecological aspects of the functioning of water bodies in the region. The study is based on a combination of field, office-based, and remote sensing methods, with extensive use of modern GIS technologies and climatic databases.

The authors express their sincere gratitude to the leadership of the National Academy of Sciences of Tajikistan, the Research Center for Ecology and Environment of Central Asia (Dushanbe), and the Institute of Water Problems, Hydropower and Ecology for their continuous attention and support.

ВВЕДЕНИЕ

Вода как природный ресурс играет ключевую роль в жизни человека, поддержании экологического равновесия и устойчивом развитии общества. В условиях роста населения, изменения климата и антропогенной трансформации природной среды обостряются проблемы рационального использования и охраны водных ресурсов. Особенно остро эти вопросы стоят в горных регионах, где формируются истоки большинства рек и где водные экосистемы наиболее чувствительны к климатическим и хозяйственным изменениям.

В современном мире Республика Таджикистан, как неотъемлемая часть мирового сообщества не может оставаться в стороне от воздействия глобальных угроз (продовольственная безопасность, изменение климата, глобальная экологическая ситуация, экологический кризис, проблема демографии и т.д.), и выступает со своими инициативами и активно участвует в разрешении этих проблем.

Свидетельством признания мировым сообществом суверенного Таджикистана в качестве субъекта международных отношений стало принятие инициатив Республики Таджикистан: «Международный год пресной воды, 2003» (20 декабря 2000 года Резолюция Генеральной ассамблеи ООН A/RE/55/196, 55-ая сессия) [1]; «Международное десятилетие действий «Вода для жизни» 2005–2015гг». (23 декабря 2003 года. Резолюция ГА ООН (58-ая сессия) A/RES/58/217) [2]; «Международный год водного сотрудничества», 2013 год, (Резолюция Генеральной Ассамблеи ООН A/RES/65/154 20 декабря 2010 года); «Международное десятилетие действий «Вода для устойчивого развития», 2018-2028 годы». (Резолюция A/RES/71/222 ГА ООН. 21 декабря 2016 года) [3-4].

Генеральная Ассамблея ООН 14 декабря 2022 года, в ходе 77-й сессии единогласно приняла резолюцию «2025 год - Международный год сохранения ледников», представленную Таджикистаном, утвердившая следующие мероприятия мирового значения: «Объявление 21 марта Международным Днём защиты ледников»; «Объявление 2025 года Международным Годом сохранения ледников»; «Создание международного трастового фонда при ООН для содействия защите ледников»; «Проведение в 2025 году Международной конференции по защите ледников в городе Душанбе».

В соответствии с резолюцией ГА ООН, в городе Душанбе с 29 по 31 мая 2025 года прошла Международная конференция высокого уровня по сохранению ледников. Целью конференции было определено - привлечь внимание к проблеме таяния ледников и необходимости принятия срочных мер для ее решения.

Учет ограниченности водного ресурса, экологически допустимого воздействия на речные бассейны, комплексного управления водными ресур-

сами и обеспечение безопасности водохозяйственной инфраструктуры являются основой устойчивого развития экономики Республики Таджикистан.

«Национальная водная стратегия Республики Таджикистан на период до 2040 года» определяет базовые принципы государственной политики в области использования и охраны водных ресурсов, стратегические ориентиры для долгосрочного всеохватывающего интегрированного управления водными ресурсами, основные направления деятельности по использованию и охране водных ресурсов с учетом интересов всех водопользователей и перспектив социально-экономического развития Таджикистана, защиты от негативного воздействия вод в условиях изменяющегося климата. Стратегия направлена на обеспечение водной безопасности, достижение целей устойчивого развития ООН и выполнение международных обязательств Таджикистана в области адаптации к изменению климата [5].

В последние годы, особенно в условиях глобального изменения климата водная безопасность, в частности водообеспечение городского населения не только в Таджикистане, но и в мире становится одним из самых острых вопросов. Одним из важнейших условий для развития города является наличие водных объектов (река, озеро, водохранилище) или возможные варианты обеспечения водой территории. Если обратить внимание на географическую структуру городов и их развитие, то большинство из них расположены вдоль русла реки, берегов озер или водохранилищ.

Примером подобного развития, является город Душанбе, водообеспеченность которого осуществляется за счет водных ресурсов бассейна реки Кафирниган и, в частности, одного из его притоков - реки Варзоб, выбранный нами в качестве объекта для реализации исследований по оценке географо-гидрологических и экологических особенностей и состояния его водных ресурсов. Вместе с тем, проблемы сохранения ледников, предупреждение и возможное прогнозирование опасных гидрологических явлений, испарения воды в водных объектах, рациональное использование и охрана водных ресурсов, рациональное водопользование в различных секторах экономики, особенно в орошаемом земледелии, требуют их решения.

Цели в области устойчивого развития (ЦУР), разработанные Генеральной ассамблеей ООН, в качестве «плана достижения лучшего и более устойчивого будущего для всех», включают 17 целей. В частности, Цель 6 определена в следующей редакции «Обеспечение наличия и рационального использования водных ресурсов и санитарии для всех» [5].

В этом контексте река Варзоб в условиях наблюдаемой деградации ледников, питающих её бассейн, играет ключевую роль в водообеспечении основной части населения города Душанбе, то вопросы рационального использования и охраны водных ресурсов приобретают особую значимость и требуют приоритетного внимания.

Реализация комплекса исследований, по географо-гидрологической оценке, водных ресурсов и анализу экологического состояния бассейна реки Варзоб осуществлена с использованием современных методов, включающих передовые технологии цифровой картографии, моделирования, учёта, а также широкое применение средств дистанционного зондирования Земли и геоинформационных систем, что подчеркивает актуальность и научную значимость поставленной задачи.

Вопросам комплексного использования, управления и охраны водных ресурсов посвящены труды ведущих отечественных и зарубежных учёных - А.Б. Авакян, И.Т. Айтматов, Н.И. Алексеевский, С.Т. Алтунин, К.Ф. Артамонов, Я.В. Бочкарев, Ю.И. Винокуров, М.А. Великанов, С.В. Григорьев, В.И. Данилов-Данильян, В.К. Дебольский, И.П. Дружинин, Ю.А. Ибад-заде, К.С. Кабанов, З.В. Кобули, К.А. Кожобаев, В.С. Лапшенков, Г.В. Лопатин, Д.М. Маматканов, К.И. Россинский, И.И. Саидов, В.П. Светицкий, А.А. Соколов, Ш.Э. Усупаев, А.Р. Фазылов, С.М. Флейшман, Я.Э. Пулатов, Р.С. Чалов, Г.И. Шамов, О.П. Щеглова, В.Л. Шульц, А.А. Эргешов и другие.

Значительный вклад в развитие географической и экологической науки, в том числе гидроэкологии Таджикистана за последние 30 лет, внесли У.М. Мирсаидов, М.М. Хакдод, У.И. Муртазаев, Х.М. Мухаббатов, К.И. Пачаджанов, Д.Н. Сафиев, Х.С. Сафиева, Д.Л. Патина, А.А. Джураев, И.Ш. Норматов, С.Т. Наврузов, Х. Аббасов, А.И. Рахимов, О.Х. Амирзода, Д.А. Абдушукуров и других.

В монографии изложены результаты научных исследований, выполненных в рамках реализации ряда национальных и международных проектов. В частности, представлены материалы, полученные в ходе совместного проекта «Исследование и изучение водных ресурсов и их использование в Таджикистане» (2019–2021 гг.), а также проекта «Применение беспилотных летательных аппаратов для мониторинга типичных горных опасностей в Таджикистане», реализуемого Научно-исследовательским центром экологии и окружающей среды Центральной Азии (Душанбе) в сотрудничестве с научными учреждениями Национальной академии наук Таджикистана. Кроме того, в работе отражены результаты исследований, тесно связанных с научной тематикой Института водных проблем, гидроэнергетики и экологии НАН Таджикистана, в которых автор принимал активное участие: государственные бюджетные научно-исследовательские работы по темам - ГР № 0115TJ00481 «Динамика водного баланса бассейна реки Кафирниган» (2015–2019 гг.), ГР № 0115TJ00480 «Оценка состояния подземных вод города Душанбе с использованием изотопной гидрологии» (2015–2019 гг.) и ГР № 0120TJ01029 «Проблемы формирования и регулирования твёрдого стока на водных объектах Таджикистана и пути их разрешения» (2020–2024 гг.).

Данная монография посвящена обобщению и освещению результатов научных исследований, выполненных с применением современных мето-

дов и технологий. В процессе работы использованы передовые подходы к картографированию, учёту и моделированию с активным применением компьютерных средств. Особое внимание уделено использованию методов дистанционного зондирования Земли и геоинформационных технологий, что обеспечило высокий уровень детализации и достоверности полученных данных.

ГЛАВА 1. ФИЗИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РЕСПУБЛИКИ ТАДЖИКИСТАН

1.1. Географическое положение Таджикистана

Республика Таджикистан (РТ), горная страна, расположена в юго-восточной части Центральной Азии (ЦА), в центре Евразийского континента, с отметками абсолютных высот от 300 до 7495 м. простирается между $36^{\circ} 38'$ и $41^{\circ} 07'$ северной широты и между $07^{\circ} 31'$ и $76^{\circ} 14'$ восточной долготы (от Гринвича), и вытянута с запада на восток на 690 км [6,7].

«Республика Таджикистан административно включает в себя: Горно-Бадахшанскую автономную область, Согдийскую и Хатлонскую области, 17 городов, 62 районов (включая 13 районов республиканского подчинения), 55 поселков и 368 сельских джамоатов (сельских общин)» [6-9] (рисунок 1.1).



Рисунок 1.1. - Административная карта - схема Республики Таджикистан

«Территория Таджикистана, характерна пятью природно-географическими областями (Восточный Памир, Западный Памир, Юго-Западный Таджикистан, Центральный Таджикистан и Северный Таджикистан) и занимают 93% территории страны. Сопредельные с РТ государства: на западе Республика Узбекистан, на севере Кыргызская Республика, на юге Афганистан, на востоке Китай». На западе и на севере с республиками Узбекистан и Кыргызстан; на юге - с Афганистаном [9,10].

Территория РТ характерна различными физико - географическими условиями местности, местами основательно отличающиеся по комплексу слагающих ее ландшафтных элементов от примыкающих пространств Центральной Азии. Причем присутствуют отдельные районы, по характеру ре-

льефа, высотному положению и по климатическим условиям совершенно не похожи на соседние с ними районы. Обширные же пространства высокогорного Памира являются единственными в своем роде на территории Центральной Азии. По характеру своего рельефа значительная часть территории Таджикистана представляет собой чередование горных хребтов и ущелий с узкими, иногда замкнутыми долинами и котловинами (рисунок 1.2).



Рисунок 1.2. - Физическая карта Таджикистана

На западе Ферганской долины, в зоне Голодной степи расположена северная территория РТ [11]. Следующая далее к югу широтная полоса начинается на востоке Каюмарским хребтом (средняя высота около 4-х тысяч метров), разделяющаяся на две параллельные ветви (северная ветвь - Туркистанский хребет, южная-Матчинский хребет), расположенные на западе. При этом разделяется на два хребта: Зеравшанский и Гиссарский.

Следует отметить, что убывание высоты хребтов в РТ, происходит от востока к западу. К югу от Гиссарского хребта, (западная часть РТ) расположена Гиссарская равнина, представляющая собой широтную полосу до 115 км в длину и до 18 км в ширину. Восточная часть Таджикистана занята высоким Памирским надгорьем, представляющий из себя орографический узел ряда горных систем: Тянь-Шанская, Гандукушская, Куэн-лунья, Каракорума и Гималаев. Высота отдельных гор Памира достигает значительной величины (Пик имени Абуали ибн Сины 7131 м., Пик Исмоили Сомони 7495 м). Внутренняя часть Памира - система хребтов, долин и бессточных котловин, днища которых в Восточном Памире расположены на высоте 3800-4000 м., а разделяющие их хребты поднимаются над нами еще на 1500-2000 м.

Северо- восточные районы Таджикистана (преддверье Памира) заняты горными хребтами Петра I, Дарвазский, Ванчский и Язгулемский и они заняты высокими снежными оледенелыми горами, а их вершины ле-

жат выше областей суровых вечных снегов и ледников в то время, как долины, лежащие у подножья этих хребтов, представляют собой цветущие равнины, иногда с тропической растительностью.

Юго - западная часть Таджикистана, к югу от Гиссарской равнины - область, пересеченная невысокими хребтами и грядами - Южно-Таджикское низкогорье, где можно выделить Вахшскую долину, лежащую в нижнем течение реки Вахш.

1.2. Гидрологические и климатические условия Таджикистана

Распределение водных артерий, как в целом в Центральной Азии, так и на территории Таджикистана, весьма неравномерное. Так, на обширных равнинах, занимающих около 70% общей территории ЦА, водотоки встречаются буквально единицами. Причем отдельные русла рек во всем своем пути от выхода из гор до устья обычно не имеют притоков. В противоположность равнинным пространством региона, ее горная территория изрезана, исключительно разветвлённой, хорошо развитой речной сетью.

Горные системы с ответвлениями образуют гидрогеографические области Таджикистана, формируя при этом речные системы: рек Амударьи и Сырдарьи. При этом на севере страны расположен бассейн Сырдарьи, площадью 13.4 тыс. км², а остальная часть территории РТ находится в речном бассейне реки Амударья. Гидрографическая сеть РТ включает в себя 25800 рек, протяженностью 69,2 тыс. км, в том числе 4 реки длиннее 500км, 16 рек длиной 100-500км и 947 рек длиной 10-100км. Например, крупные реки это: Вахш - 524км, Бартанг - 528км, Кафирниган - 387км, Зерафшан - 310км (полная длина 877км), Пяндж - 521км, Сырдарья (в пределах РТ) - 180км. Главные речные бассейны РТ по гидрографическому положению выделены в отдельные бассейны: Сырдарья, Вахш, Пяндж, Зерафшан, Кафирниган, Каратаг - Ширкент (рисунок 1.3). Северовосточный Памир отнесен к бессточным бассейнам [12].

Орфографические особенности Центральной Азии, в том числе и Таджикистана, а также удаленность ее от обширных водных пространств, кладут специфические отпечатки на климатические особенности республик ЦА, в том числе Таджикистана, а также и на особенности режима водных артерий [12]. «Последнее происходит от того, что, климатические факторы являются основными факторами, влияющими на процессы формирования речного стока. Это влияние происходит на общем фоне воздействия общих ландшафтных условий на процессы стока в тех или иных речных бассейнах. Причем в зависимости от изменения физико-географических условий, количественные соотношения между величиной стока и влияющими климатическими факторами будут принимать разные формы, хотя общие физические данные, управляющие явлениями стока являются всюду неизменными» [13].



Рисунок 1.3. - Месяцы наибольшего стока рек Таджикистана

На рисунке 1.4 представлена схема-карта с указанием среднегодового речного стока и тип питания рек Таджикистана.

Основные черты климата страны, как известно обуславливаются солнечной радиацией, характером подстилающей поверхности и связанной с ними циркуляцией атмосферы. Следовательно, и все изменение элементов климата: температурных условий, количества осадков и их распределение во времени и по территории, влажности воздуха облачности и т.п., зависят от изменения того или иного составляющего, или от изменения всего комплекса причин, обуславливающих климат местности.

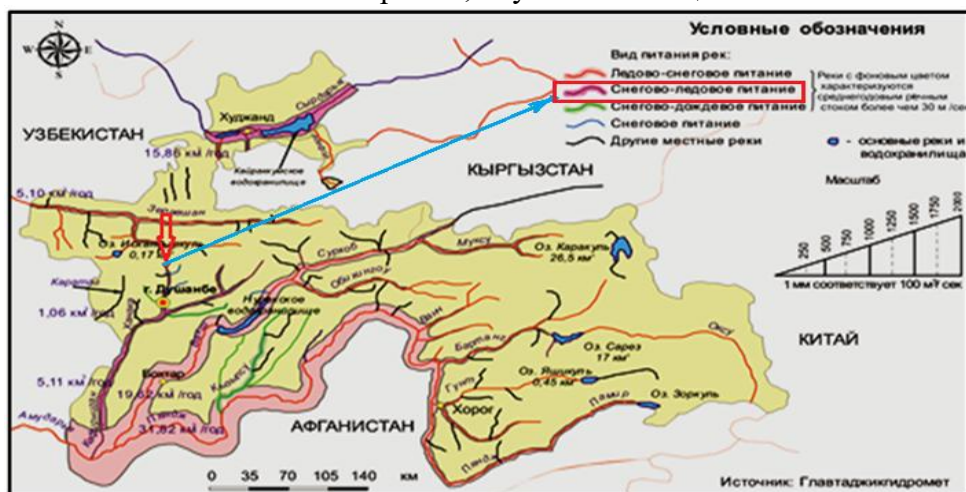


Рисунок 1.4. - Среднегодовой речной сток и тип питания рек Таджикистана [14]

Исключительно сложны и многообразны факторы, определяющие климатические условия горной страны. Помимо высоты над уровнем моря, на климат отдельных районов и пунктов горной местности влияют целый ряд местных факторов, как то, находится ли район (пункт) на дне долины, или на ее склоне или вершине, близко ли расположены обширные фирновые поля и ледники и т.д. Так, на одной и той же высоте и под одной и той же широтой южный склон долины, естественно, будет нагреваться сильнее, чем северный. Ориентировка горных цепей определяет не только условия выпадений осадков, но также влияет и на температурные условия данной местности. Одной из особенностей горного климата заключается, прежде всего, в том, что с поднятием вверх понижается атмосферное давление в начале на 10-11 мм., на каждые 100 метров поднятия, а по мере поднятия выше, этот коэффициент уменьшается. Понижение атмосферного давления с высотой в свою очередь обуславливает, вместе с понижением температуры высотой, уменьшение содержания водных паров в атмосфере.

Удаленный на тысячи километров от источника влаги - океана, Таджикистан отличается резко выраженным континентальным типом субтропического климата, характерными чертами которого являются: однообразно сухое и жаркое лето со средними температурами около 30⁰, и крайне неустойчивая погода зимы с выпадением осадков и резкими сменами температуры. Годовое количество выпадающих осадков, для этого типа климата, исключительно малая облачность и большая сухость воздуха [11-15].

В зимнее время Таджикистан, вместе со всей Центральной Азией, лежит к югу от полосы высокого давления и к югу западу от области Сибирского антициклона, что связано с тем, что во внутренних частях сильно охлаждающегося Азиатского материка создаются области высокого давления с центром у озера Байкал.

Несмотря на то, что в течение всей зимы во всем ЦА преобладают холодные Северо-Восточные ветры, т.к. они исходят из Сибирского антициклона, на территории Таджикистана влияние этого холодного воздушного течения, в силу наличия горных систем, ослабевает, т.к. территория РТ загорожена от ветров горами как ширмой. Сначала Таджикистан защищается горами, окаймляющими с севера Фергану, а далее к югу - горами Алайской системы.

В летнее время, как известно, усиливается область высокого давления Атлантического Океана (Азорский максимум), посылающая на отроги, на восток, в Европу, в связи, с чем Таджикистан подпадает под влияние сложной воздушной циркуляции. Воздушные течения, исходящие от горных отрогов, проникают в Центральную Азию в виде северо-западных ветров. В её низменных и открытых районах на протяжении всего года преобладают ветры северных направлений: зимой - преимущественно северо-восточные, летом - северо-западные. В восточных горных частях

Центральной Азии, в частности в Таджикистане, эти нижние внешние течения - сильно видоизменяются влиянием орографии, а кроме того, здесь оказывается, соответственное умеренным широтам общее движение воздуха с запада на восток, что особенно сказывается с увеличением высоты.

Несколько другое распределение воздушных течений имеет место в горах Центральной Азии, где в связи с возрастанием высот уже значительно сильнее начинает сказываться влияние господствующих западных воздушных течений, приносящие сюда испарения Атлантического Океана и его восточных продолжений – Средиземного и Черного морей.

В связи с особенностями орографии Таджикистана - расхождение и понижение горных цепей (системы) к западу, наличие открытых к западу продольных долин, в том числе и Гиссарской, на территории республики создаются исключительно благоприятные условия глубокому проникновению в горы, приносимой западными ветрами, влаги.

Вся влага, поступающая в Центральную Азию в виде осадков, приносится главным образом западными ветрами, дующими на высоте 1000-2000 м, с Атлантического Океана и его восточных продолжений Средиземного и Черного морей. Причем, летом она со Средиземного моря уносится в значительной степени в более южные области северной Африки, ведущее к тому, что летом в низинах и предгорных районах Таджикистана и даже в невысоких горах, осадков выпадает чрезвычайно мало. Так, в Худжанде за 3 летних месяцев (июнь-август) осадков выпадает в среднем 17 мм (из 148 мм годовых), в Пенджикенте 15,0 мм (за год 316 мм), в Душанбе 38.00 мм (за год 611.0 мм). Минимум осадков приходится обычно на август-сентябрь месяцы. В отдельные годы в течение этих месяцев на равнинах практически не выпадает дождей.

В горных районах Таджикистана, характер распределения осадков несколько иной, чем на равнине. В связи с увеличением высоты горных хребтов к востоку, приносимые сюда водяные пары находят благоприятные условия для их конденсации и что способствует увеличению количества осадков. Эти зоны характерны выпадением осадков иногда летом, ведущие к их равномерному распределению во времени равномерным, но следует отметить, что лето является наиболее сухим временем года. Увеличение количества осадков в горах наблюдается лишь до определенной высоты, выше которой наблюдается их уменьшение. Зона, на высоте 2500-3000 метров, до которой происходит увеличение осадков, зависит она от относительной влажности воздушных масс у подножья гор. Следует подчеркнуть, что высота этой зоны в течение года изменяется. Так, при низкой зимней температуре конденсация водяных паров начинается на меньшей высоте, тогда как в летний период конденсация происходит при гораздо более высокой температуре. Следует иметь в виду, что несмотря на то, что в горах Таджикистана впадает большое количество осадков и во времени они распределяются более равномерно, климат здесь продол-

жает оставаться сухим (особенно летом) с присущим этому климату чертами: большой ясностью неба, сильной непосредственной инсоляцией и резким суточным колебанием температуры.

Выявлено, что летом со Средиземного моря влага уносится далеко в южные области Северной Африки, зимой же этот процесс прекращается, а промежуточные области оказывается довольно орошенными. В зимнее время низко идущие, довольно частые в это время года, циклоны приносят с берегов Средиземного моря на восток значительные запасы влаги, осаждающиеся на склонах Тянь-Шаня и Алая и влияющие на распределение осадков в горах в зимнее время. При этом, высокие горные хребты Западного Памира и, в первую очередь, меридиональный хребет Национальной академии наук, которая перехватывает водяные пары, приносимые с запада, и как следствие к востоку от этих хребтов, в высокогорных котловинах и долинах Восточного Памира, зимой снега выпадает очень мало. Осадки выпадают здесь главным образом летом, когда зона максимального их выпадения повышается и общее годовое количество осадков на Памире очень мало, и равно для Мургаба 73 мм, Ховаркула 62 мм и для Джавшангоза 125 мм.

Сложные орографические условия Таджикистана, особенно его восточные территории, обуславливают исключительно местные изменения погодных условий. Так, на основе детального анализа синоптических условий Центральной Азии и аэрологических данных юга, замечено возникновение, при определенных условиях, волны на холодном фронте на западных отрогах Гиндукуша. Гиндукушская волна возникает в холодное полугодие после хорошо выраженного, большой вертикальной мощности, типичного северо-западного холодного вторжения на Центральную Азию. Образование Гиндукушской волны оказывает влияние на погодные условия Памира, обуславливая пасмурную погоду, а местами и осадки.

Подтверждена резким колебаниям, как по территории республики, так и во времени, и влажность воздуха. Так, максимальная относительная влажность воздуха наблюдается зимой (декабрь-январь) достигающая величины 70-90%. Минимальная относительная влажность отмечается летом (август-сентябрь) и опускается она до 30%, а иногда и ниже. Наиболее низкое значение относительной влажности воздуха летом характерна низким, удаленным от гор районам. В горах она выше и подвержена более резким колебаниям, чем в низинах, с обильной растительностью и искусственным орошением относительная влажность воздуха имеет несколько повышенное значение.

Обратный ход, по сравнению с относительной влажностью, обнаруживает в годовом периоде абсолютная активность воздуха, изменяясь соответственно с температурой воздуха. Она имеет наибольшее значение летом и наименьшее – зимой.

На территории Таджикистана, параллельно с ходом относительной влажности имеет годовой ход облачность, служащая показателем степени насыщения более высоких слоев атмосферы. Январь и февраль (зимние месяцы) характерны наибольшей облачностью. Начиная с марта до августа или сентября облачность постепенно уменьшается и наблюдается ее минимум. В летние месяцы облачность большей частью на территории Центральной Азии, в том числе и в Таджикистане, крайне незначительная, особенно на равнинах. В горах она, правда, больше, но даже здесь она небольшая. В среднем за год солнце здесь светит $3/4$ того времени, которое оно вообще может светить. Число ясных дней в году в Худжанде может быть равно 250 дням, в Душанбе 247 дням, в Пенджикенте 162 дням и в Хороге 169 дням.

Особенности географического положения республики, ясность неба, сухость воздуха и сильная инсоляция, создают в летних условиях значительный нагрев поверхности почвы и прилежащих слоев воздуха. Особенно сильный нагрев почвы и воздуха происходит летом в южной части Таджикистана, в долине рек Пяндж и Амударья, где средняя июльская температура воздуха доходит до 30.0° (Дусти). Значительная температура летом характерна и для севера Таджикистана. Так, средняя июльская температура в Худжанде равна 27.6° , в Аште 27.0° , в Пенджикенте 25.2° . Сильному летнему нагреванию низких зон Таджикистана способствует характер рельефа этих районов, так как они имеют вид котловин, окруженных возвышенностями и горами. Полные же формы рельефа, как известно, нагреваются, при сходных условиях широты и высоты над уровнем моря, сильнее, чем ровные, платообразные поднятые или выпуклые поверхности. Именно такой характер имеет Гиссарская равнина и долина рек Амударьи, и Пяндж, где абсолютная температура воздуха доходит до 45° .

Высокое стояние солнца, ясность неба и сухость воздуха, способствуют чрезвычайно сильному, нагреву поверхности почвы, характерная, в большей части не сплошным растительным покровом. Так, по наблюдениям метеостанции Душанбе, поверхность почвы, одетая растительным покровом, в июле месяце имеет температуру до $65-70^{\circ}$.

В зимний период, как отмечалось выше, территория Таджикистана защищена от зимних холодных вторжений в основном горами, характерная для южной части Таджикистана. В долинах рек Амударья, средняя январская температура не опускается ниже $2,5^{\circ}$, в то время как северная часть Таджикистана, как менее защищенная, имеет среднюю январскую температуру с отрицательным знаком, равную $-1,3^{\circ}$ (Худжанд).

Однако, следует иметь ввиду, что Таджикистан хотя и расположен в южных широтах и хорошо защищен от холодных зимних вторжений, все же здесь зима холоднее, чем в прибрежных, более северных районах. Так, Термез и Дусти, имеющие самое жаркое лето во всей Центральной Азии,

имеют такую же среднюю январскую, как Голландия, лежащая на 35° севернее Таджикистана. Следует предполагать, что не значительно отрицательные зимние температуры долин Таджикистана сказывается условия местности, в силу чего более тяжелый и плотный холодный воздух стекает в долины с окружающих, охлажденных лучеиспусканием высот.

Несколько иные климатические условия имеют высокогорные районы Таджикистана. Здесь с поднятием в горы, количество осадков увеличивается до некоторой предельной высоты, температура воздуха понижается, а безморозный период и период вегетации растительности сокращается. Особенно резко отличаются климатические условия в зимний период в районах Восточного Памира. В силу наличия высоких гор на пути движения воздушных масс, воздух на Восточный Памир приходит более сухим. Разрежённость и сухость атмосферы на высоте 3500-4000 м, ясность неба, незащищенность земной поверхности облачным покровом от лучеиспускания — все это способствует очень сильному охлаждению поверхности земли. В связи с особенностями орографии т.е. наличием замкнутых котловин, в которых может скапливаться холодный тяжелый воздух, зима на Памире очень сурова и продолжительна. Средняя многолетняя температура воздуха января месяца для Мургаба равна -17,7°, а средняя годовая -10°. Только 5 месяцев на Восточном Памире имеют среднюю температуру выше нуля (май-сентябрь). Морозы по ночам на Памире случаются даже в летние месяцы. Абсолютный минимум температуры воздуха опускается здесь до -46° и даже -47°.

Высокогорные области центрального Таджикистана, в силу наличия здесь зимой значительной облачности и отсутствие застоя охлажденных масс воздуха, наблюдается более мягкая зима, значительно мягче, чем на Памире. В этих районах имеет место длительное залегание снежного покрова, иногда в зависимости от высоты на протяжении нескольких месяцев, а на более высоких вершинах гор в течение круглого года. В течение круглого года покрыты вечными снегами и ледниковыми массивами значительная часть горных хребтов северо-восточного Таджикистана. Причем, наличие этих ледниковых массивов оказывает исключительно большое влияние на климатические условия районов, занятых ледниками, а также прилегающих районов.

Значительное разнообразие физико-географических условий в РТ являются причиной неравномерного распределения высоты и продолжительности залегания снега. В частности, в долинах Нижнего Кафирнигана, Куляба, Вахша, Гиссара равнины северной части РТ устойчивый снежный покров отсутствует 90%, а в 3-15% территории отсутствуют совсем.

«Горы Таджикистана не только являются важнейшим источником водных, энергетических и биологических ресурсов страны и региона, но и играют ключевую роль в выживании экосистемы региона. Резкое таяние ледников Таджикистана и участвовавшие стихийные явления в последние

десятилетия свидетельствуют о том, что горные районы наиболее остро реагируют на все атмосферно-климатические изменения, и их население наиболее уязвимо к любым глобальным изменениям и вызовам» [16].

Режим атмосферных осадков. Атмосферные осадки являются основным климатическим фактором, влияющим на режим стока, и являются потенциальным источником возникновения и развития процессов стока. Анализ качественной и количественной характеристики атмосферных осадков, наиболее значимого элемента водного баланса, является приоритетным направлением исследований элементов климата.

Атмосферные осадки, как наиболее подвижный элемент климата, имеют исключительно большой диапазон колебания, как во времени, так и по территории, зависящие, как от причин возникновения осадков, так и от географического положения пункта и орографических условий местности. Наиболее неоднородное распределение осадков по территории, даже на небольших площадях, имеет место в условиях горного рельефа, где выпадение осадков очень часто бывает связано с местным, локальными условиями.

Особенности годового хода осадков в горах, связаны с причинами их выпадения (происхождением). Так, в процессе формирования величины годовой суммы осадков в горной местности принимают непосредственное участие, как осадки влекущего потока общей циркуляции, так и осадки местной циркуляции. Причём, осадки местной циркуляции в свою очередь подразделяются на осадки термической конвенции (внутримассовые) и осадки активизированных размытых фронтов. Решающую роль в появлении осадков местной циркуляции играет горно – долинная циркуляция. При которой большое количество водяного пара заносится вверх в горы из ниже лежащих долин и предгорий. Следует отметить, что значительные восходящие токи, как правило, дают начало образованию в горах тумана и облаков, нередко сопровождающих осадками с грозой. Благоприятными факторами, для образования местных осадков в данном случае, будет являться неустойчивость воздушных масс, т.е. их влагонестойчивость.

Осадки местной циркуляции возникают в результате переноса водяного пара из долин и предгорий в верхние горизонты гор, в то время как адвентивный тип осадков возникает за счёт запасов водяного пара, приносимого издалека. Эти осадки, связанные с общей циркуляцией, как правило, увеличиваются в горных долинах в период усиления циркуляционной деятельности. Усиление общей циркуляционной деятельности, на территории Таджикистана приходится на холодный период времени. Особенно ярко это обстоятельство сказывается на невысоких плоских возвышенностях, вызывающих возмущения, не очень значительные по разностям высот смешения, но распространяющиеся до значительных высот, при тех условиях, что относительная влажность начального момента будет иметь большое значение. Вместе с тем следует иметь в виду, что в ред-

альной действительности не всегда имеет место чёткое разграничение между различными видами осадков. Очень часто осадки выпадают одновременно нескольких видов.

Для того чтобы наглядно представить картину распределения годовых сумм осадков по тому или иному бассейну горных рек, первоначально необходимо провести анализ распределения годовых сумм осадков по всей горной области Центральной Азии. Последнее сделано из тех соображений, что распределение осадков в целом по Таджикистану, имеют весьма сложную, а подчас на первый взгляд и запутанную картину. Для анализа распределения осадков горной области Центральной Азии были взяты по существу «Карта распределения годовых сумм осадков в горной части Средней Азии» построенной О.А. Дроздовым [17] и оцифрована авторами (рисунок 1.5).

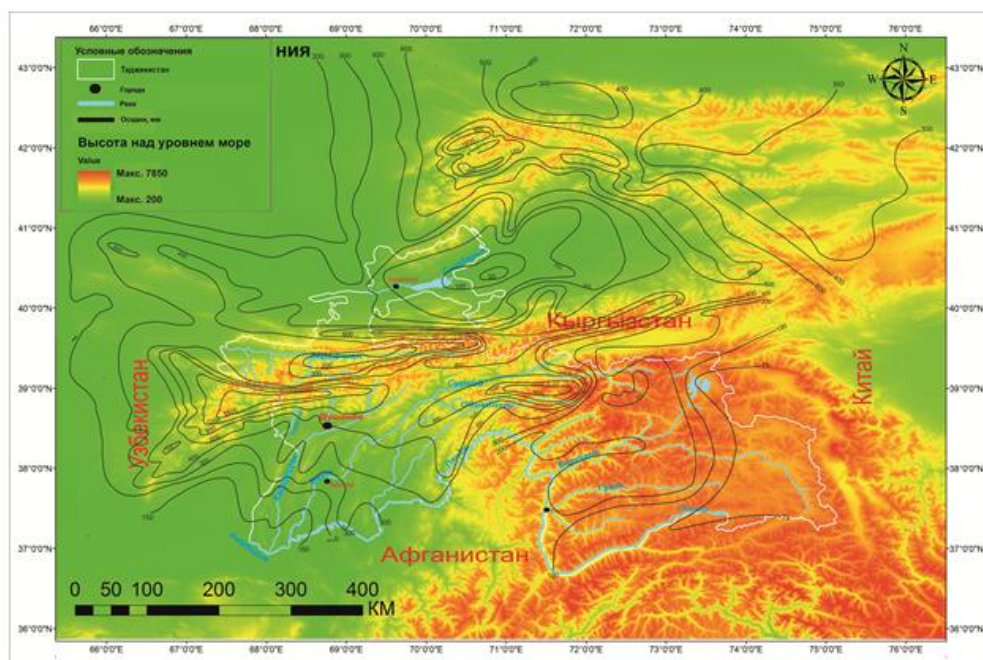


Рисунок 1.5 Карта распределения годовых сумм осадков в горной части Центральной Азии

Анализ карты на рисунке 1.5., позволяет констатировать влияние горных хребтов на характер распределения осадков [17], Ферганская долина, горло которой достаточно широкое для того, чтобы дать уменьшение осадков по сравнению с окружающими хребтами, имеет, по существу, самое низкое количество осадков во внутренних частях горной системы. При этом, минимальное количество осадков характерна Памирскому плато, защищённое с юга и запада высокими горными хребтами. Незначи-

тельное количество осадков характерна для юга Таджикистана, которое постепенно увеличивается по мере приближения к южным склонам Гиссарского хребта, где количество осадков фактически достигает своего максимума, имея величину более 1600 мм.

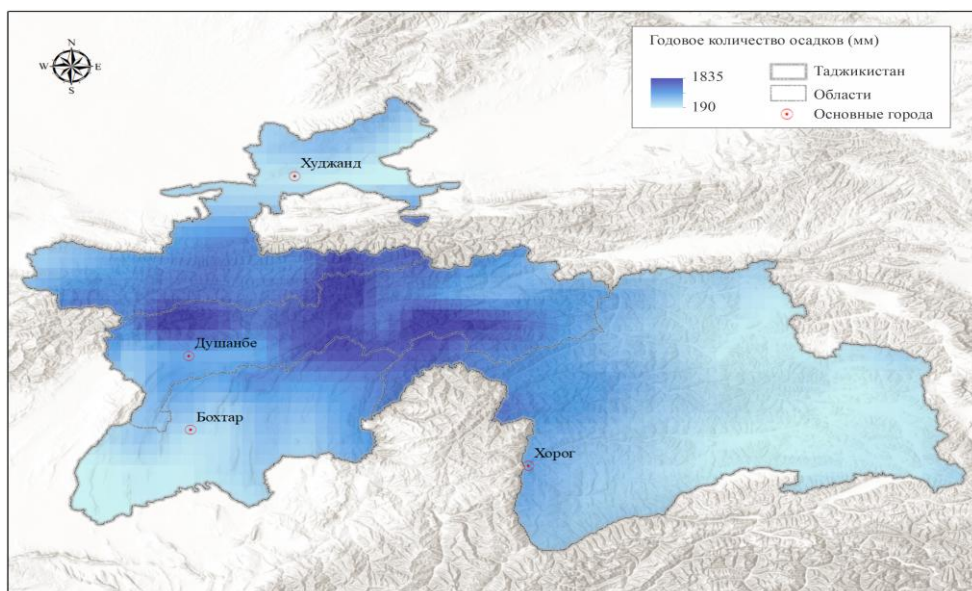


Рисунок 1.6 Карта распределения годовых сумм осадков в Таджикистане

На карте годовых осадков в районе Гиссарского хребта, а также и в районе других хребтов имеет место возрастание количества осадков с высотой склона лишь до некоторой предельной высоты. Достаточно указать, что южные склоны Гиссарского хребта, по показаниям ряда станций (табл. 1.1.) имеют годовое количество осадков 1058-1429 мм, в то время как станция Анзобский перевал, расположенная на Гиссарском хребте (3583 м.н.м) и отстоящая от других станций склона, буквально, лишь на несколько километров, имеет годовое количество осадков лишь 259 мм. По-видимому, на высотах выше 3000 м. уменьшение количества осадков с высотой, по крайней мере в данном месте, является вполне реальным. Следует также иметь в виду, что район перевала очень закрыт окружающими горами и уменьшение осадков здесь может быть чисто местным явлением.

Таблица 1.1.

Годовое количество осадков по данным метеостанций различных высотных уровней Гиссарского хребта

Метеостанции	год	холодный период (XI-III)	тёплый период (IV-X)
Айвадж	121	89	32
Шаартуз	152	86	66
Исанбай	286,93	64,96	221,98
Душанбе	670,183	421,54	248,6
Гушари	1252	757,4	494
Майхура	1517,96	1119	398,65
Анзобский привал	423,6	276,4	147,2

Уменьшение стока в частности, для Зеравшанского хребта, начинается с высоты 3600 м. Относительно района Анзобского перевала, то следует отметить, что уменьшение количества осадков, связанное с чисто местными условиями, на наш взгляд, отчасти подтверждает сравнение годовой суммы осадков по данным наблюдения, в районе перевала (3580 м) и Майхуринского месторождения (3300 м), отстоящий от Анзоба на расстоянии не более 10-15 км, имеет несколько другие ориентации склона и направление ущелья, чем перевала. График колебания месячных сумм осадков для обеих рассматриваемых зон (рисунок 1.7), подтверждает колоссальную разницу по показаниям станций. Установлено, что большая разница в месячных суммах осадков соответствует осеннему и весеннему периодам, тогда как в летний период это разница фактически равна нулю. Разница годовой сумма осадков по показаниям станций составляет 1093 мм., т.е. Анзобский перевал - 423,6 мм, Майхуринское месторождение - 1517 мм.

На основе анализа изогий на картах годовых количеств осадков в горной части Центральной Азии и распределения годовых сумм осадков в Таджикистане можно выделить ряд областей с максимальными осадками, величина которых превышает 1500-1600 мм. Значительные области максимальных осадков характерны, главным образом, для южных склонов периферических горных хребтов, открытых для влажных масс воздуха.

Одной из областей максимальных осадков является обширная область, расположенная на южных склонах Гиссарского хребта, охватывающая верховья бассейна р. Кафирниган. Другая подобная область максимальных осадков расположена в бассейне р. Вахш и Обихингоу и охватывающая также часть бассейнов ряда нижних правых притоков реки Пяндж.

Наименьшими количествами годовых осадков, как было отмечено выше, отличаются районы крайнего юго-запада Таджикистана (низовья бассейнов р. Кафирниган и р. Вахш), районы Ферганской долиной и Восточного Памира, лежащие в глубине горных массивов за высокими горными

хребтами или имеют неблагоприятную ориентацию по отношению к воздушным массам, несущим в Центральную Азию осадки (северные и в особенности восточные склоны).



Рисунок 1.7 График колебания месячного количества осадков, ГМС «Анзобский перевал» и «Майхура»

Характерной особенностью большей части территории Центральной Азии является недостаточное количество осадков. Особенно мало осадков выпадает в пустынях, с годовым количеством не превышающее 100 мм. К таким, по существу, пустынным районам в условиях Таджикистана можно отнести южные районы - районы нижнего течения р.Кафирниган.

Распределение атмосферных осадков в горах и предгорьях, как жидких, так и твердых, представляют собой сложную, но вместе с тем вполне объяснимую картину - величина атмосферных осадков зависит не только от общей циркуляции воздушных масс, но и от особенностей орографии местности и главным образом от экспозиции и направления главных хребтов и их отрогов.

Внутригодовое распределение осадков на территории Таджикистана имеет ту особенность, что максимальное количество осадков по всему Таджикистану выпадает в зимние и весенние месяцы. Причем, в весенние значительно больше. В подавляющем большинстве случаев месячный максимум суммы осадков отмечается в марте месяце, но в отдельные годы максимум переходит на период апрель месяц и даже на май. Период с осадками обычно продолжается до мая месяца. В мае месяце по центральным и северным районам, а в апреле по южным районам республики, отмечаются последние обильные дожди. Начиная с июня месяца количество осадков, резко падает и доходит до нуля. Такой бездождливый период продолжается для южных районов до октября месяца. С октября

месяца количество осадков начинает снова возрастать. В северных районах республики количество осадков в летний период также доходит до нуля. Причем, абсолютно бездождливый период приходится здесь на сентябрь месяц. На этот месяц для северных районов приходится годовой минимум. После летнего бездождия в ноябре месяца количество осадков начинает увеличиваться. Однако осень во всей Средней Азии, в том числе и в Таджикистане в большинстве случаев проходит почти без дождей. Однако зимние дожди, хотя и продолжительны, но они не обильны. Осадков в виде снега в южных районах Таджикистана выпадает сравнительно мало, в связи с чем снежный покров здесь играет лишь спорадический характер. Снег выпадает с большими перерывами. Продержавшись несколько дней снег тает. Мощность снежного покрова очень незначительна и не превышает 10-11 см. Если в пониженных частях Таджикистана максимум осадков приходится преимущественно на март месяц, то в горах Таджикистана максимум приходится большей частью уже на апрель, а в более высоких горах обильные дожди проходят и в мае месяце. Поэтому в горной части республики осадки по времени распределяются более равномерно, чем на равнинах. Однако несмотря на то, что в горах даже летом перепадают дожди, все же в горах наиболее сухое время года. Обычное явление в горах летом и облачность, ее здесь значительно больше, чем на равнине. В горной части республики, также как и в низинах, осенью количество осадков начинает увеличиваться, достигая первого максимума зимой /декабрь, январь/. В феврале /марте/ наблюдается некоторое снижение месячных сумм осадков, а затем следует в апреле или мае, главный весенний максимум. Меньше всего в горной части выпадает осадков в августе месяце.

Наиболее сложным годовым ходом осадков отличается область ледника Ванджях. Следует иметь ввиду, что станция на леднике Ванджях в известной мере характеризует условия наиболее увлажненных районов Памира. Эта станция, расположенная на одном из крупнейших ледников земного шара, являющегося центром оледенения Памира. Гидрометеорологическая станция имени академика Н. П. Горбунова расположена на высоте 4169 метров на скальных выступах левого борта ледника Ванджях в Таджикистане. Станция была открыта 7 августа 1933 года и более 60 лет выполняла непрерывные метеорологические наблюдения. С 1994 года она не функционирует.

Запасы влаги в район ледника Ванджях, как известно, зависят от господствующих на высотах, юго-западным потоком. За год здесь, в среднем, выпадает 726 мм. Вместе с тем установлено, что в отдельные годы количество осадков может доходить до 900 мм и более. Так, в 1994г. за год выпало 956 мм. По данным [17], в районе ледника Ванджях осадков выпадает не меньше чем на Гиссарском хребте, на южном склоне которого, по его мнению, следует ожидать до несколько тысяч миллиметров

осадков в год. К сожалению, за последние годы отсутствуют конкретные данные о количестве осадков на леднике Ванджях. После закрытия станции Горбунова в 1994 году систематические метеорологические наблюдения на леднике были приостановлены.

Наряду с наличием большого количества осадков, выпадающих в районе ледника Ванджях, имеет место наличие исключительно незначительного количества осадков на Памирском плато. Так в районе Ховаркул, за год выпадает осадков в среднем 60-65 мм. Лишь в отдельные годы количество осадков здесь увеличивается более чем 100 мм (119мм. в 2009 г.). Вместе с тем бывают годы, когда осадков выпадает менее 30 мм (26 мм.). В районе Мургаб среднее количество осадков несколько увеличивается и составляет 70-75 мм, достигая иногда максимальной величины 162мм (2010г.) и уменьшаясь в засушливые годы до 21 мм.

Выше мы говорили, что годовое количество осадков в отдельные годы в пределах республики имеет значительное колебание. Так, для южных районов республики среднее годовое количество осадков колеблется в пределах 150-200 мм, а для дождливых лет он возрастает до 200-400 мм / Бохтаре 183 и 413 мм/. Для северной группы районов среднее годовое количество осадков колеблется в пределах 150-350 мм, в то же время в засушливые годы этот предел равен 50-200 мм, а в дождливые 200-500 мм./ Истарафшан 215 и 455 мм, Худжанде 104 и 223 мм, Ашт 66 и 265 мм/.

Для центральных районов среднее годовое количество осадков колеблется в пределах от 550 до 650 мм/. исключая Ходжаоби Гарм, где количество осадков 1428 мм/. В засушливые годы сумма осадков здесь колеблется в пределах от 350 до 500 мм, а в дождливые годы от 700 до 850 мм/ Шахринав 372, 394 и 748, Душанбе 385 и 810 мм, Вахдат 458 и 822 мм, Ходжаоби Гарм 1163 и 1534 мм/.

Для восточных предгорных районов годовое количество осадков колеблется в пределах от 700 до 900 мм, тогда как в засушливые годы этот предел уменьшается до 500-700 мм, а в дождливые годы увеличивается до 800-1100 мм / Обигарм 473 и 947 мм, Ховалинг 594 и 982 мм, Сангвор 546 и 1139 мм/. Для районов Западного и Восточного Памира среднее годовое количество осадков, как мы указывали выше, колеблется в пределах от 50 до 200 мм. В засушливые годы этот предел уменьшается до 20-150 мм, а в дождливые годы увеличивается до 100-300 мм / Хорог - 164 и 275 мм, Рахавр 102 и 196 мм, Джавшангоз 86 и 145 мм/.

Из всего рассмотренного выше можно сделать заключение, что наиболее дождливыми периодами для Таджикистана являются зимние и весенние месяцы. Засушливые же периоды при внутригодовом распределении осадков приходятся на лето, когда количество осадков доходит до 0. Колебание годовой суммы осадков происходит в значительных пределах. Амплитуда колебания годовой суммы осадков для засушливых и дождливых лет в отдельных пунктах доходит до 400 мм, причем, районы

Восточного Памира, как наиболее бедные осадками, имеют наименьшую для всей республики амплитуду колебаний осадков./ Душанбе 415 мм, Худжанд 113 мм, Ховалинг 398 мм, Сангвор 315 мм, Хорог 112 мм, Мургаб 73 мм /. На всей территории Таджикистана годовой ход осадков имеет 2 максимума / один весной, другой осенью/ и один минимум летом.

Температура воздуха. Основным климатическим фактором, влияющим на величину среднего многолетнего стока рек, как известно, являются атмосферные осадки, которые обуславливают возникновение и развитие стока. Однако, на величину среднего многолетнего стока влияют не только атмосферные осадки, а также и температура воздуха, и его гигрометрическое состояние, определяющие потери на испарение. Если осадки определяют приходную часть водного баланса, то температура и гигрометрическое состояние воздуха определяют расходную часть водного баланса. Поскольку температура воздуха так или иначе играет определенную роль в формировании речного стока, обуславливая главным образом его потери, то здесь будет вполне уместно дать обзор температурного режима по Таджикистану,

Основные черты распределения температуры воздуха по земному шару отпределаются притоком тепла от солнца. Прямая и рассеянная солнечная радиация, проходя толщину атмосферы, поступает на подстилающую поверхность и нагревает ее. Полученное деятельным слоем тепло затем расходуется на нагревание почвы, воздуха и на испарение воды. Причем, сама передача тепла в воздух происходит вследствие турбулентного и лучистого теплообмена.

Температура воздуха, как известно, имеет периодические изменения суточного и годового хода. Определяющими факторами этих периодических, суточных или годовых, изменений температуры являются приток тепла от солнца и степень нагревания и охлаждения подстилающей поверхности, от которой тепло передается воздушным слоям. Так, основными факторами, определяющими закономерность суточного хода температуры воздуха являются: широта местности, время года, количество облаков и их оптическое свойство, запыленность воздуха. В суточном ходе температуры воздуха, вместе с тем, очень часто возникают различия чисто местного характера, в зависимости от характера подстилающей поверхности. Эти различия возникают в частности от степени увлажнения подстилающей поверхности. Так, над увлажненными местами с обильной растительностью колебания температуры сглаживаются. Наоборот, над песчаными поверхностями, при большой сухости воздуха, как это имеет место в пустынях, суточные амплитуды очень велики. Сильное влияние на суточный ход температуры воздуха оказывает рельеф и высота места. Так, с увеличением высоты местности суточные амплитуды уменьшаются.

Годовые колебания температуры воздуха, так же как суточные, прежде всего, изменяются с широтой места. Поскольку они обуславливаются годовыми изменениями притока тепла от солнца. Так, в экваториальной зоне, где приток солнечной радиации в течение года почти постоянен, годовое колебание температуры небольшое, а следовательно и годовые амплитуды здесь незначительны. В тоже время паступление тепла в высоких широтах сильно колеблется летом и зимой, здесь и годовое колебание температуры и годовая амплитуда большие.

На температуру воздуха, на температуру нижнего слоя атмосферы, отазвает влияние, как мы говорили выше, такой важный фактор, как неоднородность поверхности земли, обуславливающая неоднородность горизонтального и вертикального обмена воздуха. Особенно сильно неоднародная подстилающая поверхность сказывается на ходе суточного и даже годового колебания температуры воздуха в условиях Таджикистана. Неоднородный рельеф даже двух близь расположенных пунктов создает в свою очередь большую неоднородность во всех изменениях температуры воздуха по территории республики. Большое разнообразие рельефа, наличие высоких гор, рядом с глубокими и широкими долинами, создает большое разнообразие условий горизонтального и вертикального обмена воздуха. Так, высокие горные хребты Таджикистана, помино других температурных эффектов являются препятствием на пути продвижения воздушных масс, что создает большие различия в температуре по обе стороны хребта. Горные хребты Таджикистана направленные вдоль параллели, очень часто являются естетственными границами распространения холода.

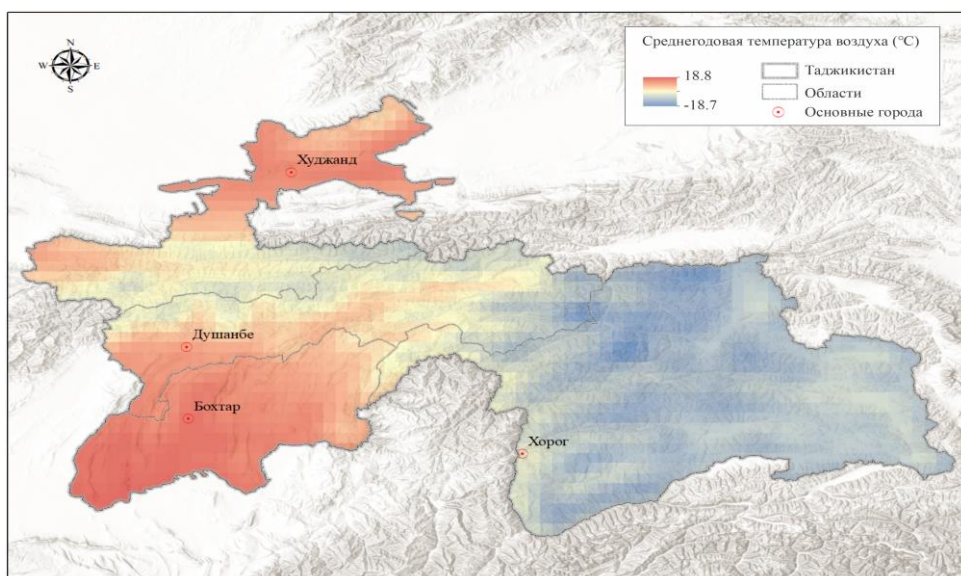


Рисунок 1.8 Среднегодовой температуры воздуха

На годовой ход температуры воздуха сказывается в значительной мере не только широта местности, но и неоднородность подстилающей поверхности. Причем, это различие годового хода температуры воздуха, вызванное неоднородностью подстилающей поверхности в различных пунктах республики, можно проследить прежде всего на ходе средних месячных температур воздуха на долинных и на высокогорных станциях. Так, помещаемый здесь график колебания средних месячных температур воздуха по некоторым пунктам (рисунок 1.9) показывает насколько различны, как величина температуры, так и изменения ее от месяца к месяцу, для пунктов находящихся в разных, как широтных, так и высотных условиях. Вместе с тем, график показывает, что среднесуточная температура большинства пунктов бассейна имеет свой минимум в январе-декабре, и максимум в июле-августе.

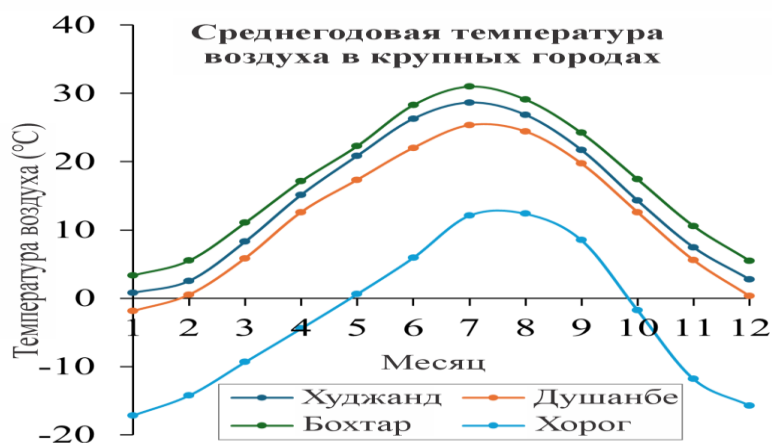


Рисунок 1.9 График колебания средних месячных температур воздуха по некоторым пунктам

Особенности орографии территории Таджикистана накладывают свой отпечаток не только на суточный ход температуры, но и на годовой ее ход. В зимнее время Центральная Азия находится под большим воздействием холодных воздушных течений сибирского антициклона. Однако, территория Таджикистана в значительной степени бывает защищена от этих вторжений горами. Особенно отличаются хорошим укрытием с севера от холодных ветров южные районы республики, как долина рек Пяндж и Амударья, нижние части долин рек Вахш и Кафирниган. Это благотворное влияние гор здесь оказывается весьма значительно, т.к. южные районы республики лежат уже в области положительных январских изотерм. Так, средняя январская температура Шаартуза равна 2,1 °C, Дусти 1,7 °C, Душанбе 1,4 °C. Наоборот, в северных, незащищенных

вторжений, районах Таджикистана средняя январская температура имеет уже отрицательный знак. Так, Худжанд, - 1,3 °С и Истиравшан - 3,0 °С.

Выше мы говорили о благотворном влиянии гор ЦА, однако, следует иметь в виду что, несмотря на защищённость горами от северных холодных ветров, все же низменности Таджикистана имеют зиму более холодную, чем можно было ожидать. Холодность зим Таджикистана особенно наглядно выступает, если сравнить Таджикистан со странами, лежащими близко от моря. Так, Шаартуз и Дусти, лежащие в самой жаркой части Таджикистана летом, имеют среднюю январскую температуру воздуха такую же, как и Нидерланды несмотря на то, что она лежит на 14⁰ севернее Таджикистана. Причиной низкой температур зимы на равнинах Таджикистана следует, видеть не только в характерной особенности континентального климата с его большими сезонными колебаниями температуры воздуха, но также и в орфографических условиях республики. Так, в окружённых горами котловинах Гиссарской долины зимой, безусловно, должны скопляться холодные и плотные массы воздуха, стекающие сюда с окружающих, охлажденных лучеиспусканием высот. Этим в первую очередь и следует объяснить то, в низменных частях Таджикистана в зимнее время морозы отмечаются как обычное явление.

Морозные периоды, хотя и являются обычным явлением даже в низменных районах Таджикистана, но следует иметь в виду, что эти периоды, как правило, неустойчивы, особенно в южной части республики. Причем, морозы чаще всего охватывают лишь только часть суток, большую часть ночь или утро, а днем температура вновь поднимается выше 0⁰С.

Большое различие в наступлении первых морозов имеют пункты с различной высотой. Так, если первые заморозки на высоте 2000 метр наступает уже с начала сентября, то в долинах они начинаются только лишь в крице октября-начала ноября. Различие между горами и долинами сказывается не только в дате наступления первых морозов, но во всем комплексе погоды. Так, если в сентябре месяце в долинах ясно и нет осадков, то уже даже невысокие горы бывают в это время часто окутаны облаками и туманами и здесь довольно часто идут дожди и снег.

Последние весенние морозы, по большинству районов республики, исключая высокогорные районы, приходится на вторую половину марта месяца. На март месяц приходится и период выпадения обильных, безусловно, тёплых весенних дождей, которые и знаменуют собой начало весны. Как и наступление первых морозов, так и дата конца последних морозов колеблются в весьма широких размерах.

Влияние на температуру воздуха высоты склона. Одной из существенных особенностей температурного режима каждой горной страны, в том числе и Таджикистана, является резкое отличие температур воздуха долин от горных районов. Наблюдениями, как известно, подтверждено определенное падение температуры воздуха с высотой. Причем, величина

этого падения, в среднем равна 0,5 град. / 100мет. Эту цифру фактически и используют при построении карт температуры, приведенной к уровню моря. Однако, при сравнении пары станций, величина температурного градиента на практике получается приближающая к 0,6 град/ 100 мет. Причем эта величина исключительно мало зависит от широты, убывания температуры с высотой, по многочисленным литературным источникам и по практическим сопоставлениям пар станций в условиях Средней Азии также в среднем равно цифре 0,6 град/ на каждые 100 мет. поднятия.

Вертикальный градиент температуры хотя и не зависит от широты, но он подвержен значительным колебаниям не только по временам года, но также и в зависимости от местных условий экспозиции и орографии склона, снегового покрова и т.д. Для иллюстрации к сказанному ниже мы проводим таблицу, характеризующую падение температуры с высотой на каждые 100 метров на склоне Шаартуз-Анзобской перевал (таблица 1.2.). Как видно из таблицы мы имеем здесь довольно наглядное изменение величины градиента, в зависимости от склона, а градиенты довольно меняются в зависимости от склона и сезона года от 0,12 до 1,07 град / 100мет.

На изменение температуры воздуха с высотой должны влиять, как высота места над уровнем моря, так и экспозиция склонов, и форма рельефа. На изменение температуры воздуха с высотой оказывается также и влияние местной, горно - долиной циркуляции различных масштабов, развивающейся главным образом за счет разности температур между свободной атмосферой и атмосферой над горной страной. В связи с этим на склонах складываются и возникают промежуточные температурные условия и некоторые особые явления, связанные с циркуляцией. Достигающие большого развития восходящие и нисходящие токи, вблизи крутых склонов и обрывов, часто приводят к резким кратковременным колебаниям температуры и влажности. Существенная разница выявляется в скорости падения температуры с высотой между склонами наветренными и подветренными, по отношению к ветрам, несущим влагу. Как показано в таблице №1.2., имеется заметная разница в градиентах для нижней части склона и для верхней части склона. Причем, в нижней части склона температурные градиенты колеблются в течение года, значительно больше, чем в верхней части склона, а иногда и наблюдается инверсии. На изменение вертикального градиента температуры в значительной мере влияет и форма рельефа поскольку, по-особому ведут себя выпуклые и вогнутые формы рельефа и особенно перевалы, т.к. именно через них происходит переваливание воздушной масс. Форма рельефа, безусловно, влияет на ход температуры воздуха, в частности и на амплитуду колебания температуры. Имеется существенная разница в суточных и годовых колебаниях температуры воздуха для широких и узких долин. Это происходит в связи с тем, что в ущельях условия, как инсоляции, так и охлаждения менее благоприятны, чем в широких долинах, из-за затененности склонами.

Таблица 1.2.
ИЗМЕНЕНИЕ ВЕРТИКАЛЬНОГО ГРАДИЕНТА ТЕМПЕРАТУРЫ ДЛЯ РАЗЛИЧНЫХ УЧАСТКОВ
СКЛОНА ШААРТУЗ –АНЗОБСКИЙ ПЕРЕВАЛ

Наименование участка	Разность высот м.	МЕСЯЦЫ												год
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Шаартуз	380	2,1	5,7	11,2	17,7	23,9	27,7	30,4	28,4	22,3	15,9	10,1	5,2	16,7
Душанбе	824	1,4	3,2	8,7	14,9	19,6	24,2	28,2	26,8	21,6	14,9	9,5	4,7	14,8
разность	444	0,7	2,5	2,5	2,8	4,3	3,5	2,2	1,6	0,7	1,0	0,6	0,5	1,1
градиент		0,17	0,62	0,62	0,70	1,07	0,87	0,55	0,40	0,17	0,22	0,15	0,12	0,27
Шаартуз	380	2,1	5,7	11,2	17,7	23,9	27,7	30,4	28,4	22,3	15,9	10,1	5,2	16,7
Анзобский перевал	3583	-13,0	-13,2	-8,2	-3,0	1,6	5,5	11,0	10,4	6,2	-0,6	-6,1	-10,3	-1,6
разность	3203	15,1	18,9	19,4	20,7	22,3	22,2	19,4	18,0	16,1	16,5	16,2	15,5	18,3
градиент		0,47	0,59	0,60	0,65	0,69	0,69	0,60	0,56	0,50	0,51	0,50	0,48	0,57
Душанбе	824	1,4	3,2	8,7	14,9	19,6	24,2	28,2	26,8	21,6	14,9	9,5	4,7	14,8
Анзобский перевал	3583	-13,0	-13,2	-8,2	-3,0	1,6	5,5	11,0	10,4	6,2	-0,6	-6,1	-10,3	-1,6
разность	2759	14,4	16,4	16,9	17,9	18,0	18,7	17,2	16,4	15,4	15,5	15,6	15,0	16,4
градиент		0,53	0,60	0,63	0,66	0,66	0,69	0,64	0,60	0,57	0,57	0,58	0,55	0,60

Помимо влияния форм рельефа, безусловно, оказывает существенное влияние на весь суточный и годовой ход температуры экспозиция склона.

Влажность воздуха. Из уравнения водного баланса хорошо известно, что испарение с поверхностей океанов и суши являются составной частью этого уравнения. Изучение распределения по территории величины испарения важно с той стороны, что величина испарения определяет собой главным образом потери стока в каждом отдельном случае выпадения дождя, особенно в летнее время, процесс образования потерь стока за счет испарения, несомненно, играет основную роль в образовании климатических норм годового испарения. Испарение происходит, как с поверхностей морей и океанов, так и с поверхностей озер, рек, влажной почвы и растений.

В связи с тем, что непосредственных определений величины испарения в условиях такой горной страны, как Таджикистан, пока что существу нет, то, вполне естественно, для выяснения этой величины приходится пользоваться или результатами применения уравнения водного баланса, или пользоваться эмпирическими формулами, выведенными для несколько других условий. Поскольку в большинстве формул, выведенных для определения испарения входит, наряду с температурой воздуха, влажность воздуха, которая, безусловно, в комплексе определяет величину испарения, то возникает необходимость дать, хотя бы краткую характеристику хода влажности воздуха на территории Таджикистана.

Влажность воздуха, как и облачность, находится в тесной связи с распределением по территории осадков. Распределение влажности воздуха на территории Таджикистана, как и на любой другой территории, обуславливается как циркуляционными факторами, так и термическим режимом и характером подстилающей поверхности. Так, например преобладание над Таджикистаном, особенно в осенне-зимний и весенний периоды, юго-западных и западных, насыщенных влагой, течений, благоприятно сказывается на увлажнение в этот период территории республики. Особенно это чувствуется в долинных и предгорных районах южного склона Гиссарского хребта.

Для того чтобы иметь суждение о характере распределения по республике величины относительной влажности воздуха, рассмотрим распределение величины относительной влажности по данным наблюдений за 13 часов, т.к. в это время суток она наиболее всего изменяется как во времени, так и по территории. Следует также иметь ввиду, что величина относительной влажности в 13 часов, как известно, обычно приближается к своему суточному минимуму, в связи, с чем ярко проявляются местные особенности. Годовой ход относительной влажности, как и следовало ожидать, в различных частях территории республики не однороден. Так, если в южных районах республики максимум относительной влажности приходится на январь, то в северных районах и районах предгорья, он наступает уже в феврале месяце. Точно такая же картина имеет место с наступлением минимумов. Так, если ряд гидрометеостанций отмечает наступление минимума относительной влажности в июле, то по целому ряду других станций (Искандаркул,

Ходжа Обигарм, Куляб и др.) наступление минимум отмечается в августе месяце, а на Памире даже в сентябре. Причем по отдельным пунктам имеет место повторение минимального значения относительной влажности в течение двух месяцев к ряду. Общий ход относительной влажности по некоторым станциям Таджикистана хорошо виден из приводимой здесь таблицы относительной влажности за 13 часов (таблица 1.3.).

Годовой ход относительной влажности в общем противоположен ходу средней месячной температуры. Однако, полного совпадения здесь, безусловно, нет. Если максимум температуры приходится на июль месяц, то, как мы уже говорили, часть пунктов республики минимум относительной влажности имеют в августе месяце. Как видно из приведенной таблицы, в годовом ходе относительной влажности отмечается в начале слабое уменьшение от января к февралю - марту величины влажности, а затем, в связи с ростом температур и уменьшением атмосферных осадков, относительная влажность быстро падает. Особенно интенсивное уменьшение относительной влажности наблюдается в апреле-июле месяцах. Рост относительной влажности отмечается лишь осенью в октябре - ноябре месяцах, в связи с началом выпадения осадков и уменьшением температуры воздуха. Самую низкую величину относительной влажности, как и следует, ожидать, имеют в республике горные районы внутренних защищенных горами областей, в том числе и Памире. Средняя годовая величина относительной влажности воздуха за 13 часов по таким районам равна 30-31% (Мургаб). Большую, по сравнению другими районами, величину относительной влажности, имеют предгорные районы, где, как мы видели в свое время, режим осадков и режим температуры отличен от других районов. В этих районах величина относительной влажности воздуха за 13 час. доходит в среднем за год до 46-48% (Ходжа Обигарм - 46, Обигарм - 48) в остальных районах республики годовая величина относительной влажности за 13 часов колеблется в пределах от 40-45%.

Таблица 1.3.
ГОДОВОЙ ХОД ОТНОСИТЕЛЬНОЙ ВЛАЖНОСТИ ЗА 13 ЧАСОВ

№ п/п	Станции	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
1.	Дусти	75	66	55	49	34	31	25	25	27	33	47	69	45
2.	Душанбе	64	60	52	48	42	29	21	18	20	29	40	58	40
3.	Ходжа Обигарм	65	69	62	52	48	38	28	21	24	36	49	61	46
4.	Обигарм	69	70	63	54	50	43	27	20	23	35	52	67	48
5.	Куляб	69	61	54	54	43	31	23	21	24	32	46	61	43
6.	Пенджикент	55	56	53	48	39	29	24	24	26	33	44	56	41
7.	Худжанд	61	69	48	36	31	28	31	32	33	39	49	62	42
8.	Дехавз	49	51	49	36	33	32	29	24	20	26	41	51	37
9.	Мургаб	54	45	35	29	26	24	22	23	19	26	32	42	31

Характер распределения по республике годовой величины относительной влажности воздуха за 7 часов утра, хотя в основном и остается такими же, что и за 13 часов, но здесь мы имеем более яркое выраженную область наибольших величин относительной влажности, которая охватывает почти все южные районы республики, главным образом районы долин больших рек (долины рек Пяндж, Вахш), а также предгорные районы (Дусти 77, Фархор 76, Бохтар 74, Худжанд 71 Обигарм 71 %). В связи с большой изменчивостью, как количества выпадающих осадков, как и температура воздуха, средняя относительная влажность воздуха так же подвержена из года в год значительным колебаниям. Колебаниям подвержены не только сама величина относительной влажности, но также и моменты наступлений ее предельной значений. Так, если максимальная величина относительной влажности, наблюдающаяся зимой в большинстве лет отмечается в январе и иногда в феврале, то в отдельные годы и в отдельных пунктах она приходится в декабрь месяц. Тоже самое мы имеем и минимум, который наблюдается летом в июле- августе месяцах, а иногда даже и в сентябре месяца величиной в 20-30%.

Наиболее явно выраженный правильный и нормальный годовой ход с максимум в январе до 75 % и с минимум в июле до 20-25% имеет относительная влажность на 13 часов на юге Таджикистана, в том числе и в нижнем течении бассейна реки Кафирниган. Нормальный вид, обратный ходу температуры воздуха, имеет годовой ход средней суточной относительной влажности и в Душанбе с максимум в январе до 75% и минимум в августе до 32% со средне годовым значением 54 %.

Противоположный по сравнению с относительной влажностью имеет, как и следует ожидать, по территории республики годовой ход абсолютная влажность воздуха. Изменяясь в соответствии с изменениями температуры воздуха абсолютная влажность имеет наибольшее значение летом и наименьшее зимой. Следуя годовому температурному воздуху абсолютная влажность повышается от 4,8 мм зимой до 10,4 мм весной, в апреле месяце, и до 12,7 мм в мае (Душанбе). Процесс повышение величины абсолютной влажности вполне естественно, в горных районах запаздывает и идет менее интенсивно, опять - таки следуя ходу температуры воздуха. В результате дальнейшего повышения температуры воздуха летом, к июню месяцу увеличивается и абсолютная влажность, имея по республике величину от 3,5 до 16,7мм (оз. Ховаркул 3,5, Шахристанский перевал 5,3, Ходжа Обигарм 9,1, Душанбе 12,7, Фархор 15,7 и Дусти 16,7). В июле месяце по большинству районов республики, абсолютная влажность достигает своего максимума колеблясь в пределах от 4,0 до 16,8 мм. Средняя годовая величина абсолютной влажности по территории республики колеблется в пределах от 2,2 мм (оз. Ховаркул) до 11,2 мм (Дусти). Наименьшее значение годовая величина абсолютной влажности имеют, как и следует в районах с большой высотой, особенно в районах Памира, а наибольшее в южных долинных районах.

Для иллюстрации выше сказанного ниже мы приводим таблицу годового хода абсолютной влажности на территории Таджикистан (Таблица 1.4.).

Как видно из приведенной таблицы, характер годового хода абсолютной влажности территории республики имеет для отдельных районов, существенное различие, с одной стороны для крайне южных и крайне северных районов, а с другой для долинных, предгорных и для высокогорных районов. В соответствии с этим и наступление максимума абсолютной влажности приходится, для разных районов на разные месяцы лета. Имеет место различие и в интенсивности нарастания абсолютной влажности от зимы к лету и в уменьшении ее от лета к зиме. Безусловно, имеет место различие в величинах, как относительной, так и абсолютной влажности воздуха, между низменными районами республики, с богатой культурной растительностью и искусственным орошением и районами полупустынными. Причем, это различие меняется в зависимости от времени года. Так, различие относительной влажности между оазисами полупустыней меняется в течение суток: в дневные часы от 2-5% - зимой до 10-15% - летом, а вечерние сроки – 21 час.- от 5 до 30%. Различие в абсолютной влажности в отдельные месяцы бывает от 0,2 до 6 мм.

Выше мы говорили, что относительная влажность воздуха претерпевает в течение года в отдельных районах существенные изменения. Существенные колебания в годовом ходе имеет и абсолютная влажность воздуха. Так, амплитуда годового колебания абсолютной влажности воздуха в целом для республики имеет величины от 3,1 мм до 11,1 мм. Несколько меняющие пределы имеет амплитуда колебания абсолютной влажности в бассейне реки Кафирниган (Душанбе 7,9, Ходжа Обигарм 8,5).

Одним из существенных показателей увлажненности данной местности, что очень важно при определении величины испарения, является характеристика того или иного пункта по числу засушливых и числу влажных дней. Засушливыми днями, как известно, принято считать те дни, относительная влажность в любой из сроков наблюдений опускается до 30 % и ниже.

Таблица 1.4.

**Годовой ход абсолютной влажности воздуха на территории
Таджикистан**

Станции	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
Дусти	5,7	7,1	9,2	13,2	14,8	16,7	16,8	15,6	11,9	9,3	7,2	6,5	11,2
Фархор	5,3	6,7	8,8	13,3	14,7	15,7	16,5	15,1	11,1	8,7	7,2	6,0	10,8
Бохтар	5,6	6,7	8,8	12,9	14,1	15,2	16,3	14,9	11,1	8,7	6,9	6,3	10,6
Шахринав	4,7	5,1	7,2	10,1	12,0	11,9	11,9	10,9	8,0	6,7	5,9	5,2	8,3
Душанбе	4,8	5,3	7,3	10,4	12,7	12,7	12,3	10,9	8,4	7,2	6,1	5,5	8,6
Ходжа-Обигарм	3,5	3,6	5,3	7,1	8,5	9,1	9,1	7,7	6,4	5,5	4,7	3,6	6,2
Шахристанский	1,5	2,0	2,4	3,3	4,9	5,3	5,5	4,9	3,7	3,1	2,1	1,9	3,4

Станции	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
перевал													
Дехавз	2,0	2,4	2,9	3,6	5,2	6,3	7,2	6,0	4,1	3,3	2,7	2,4	4,0
Пенджикент	4,0	4,5	6,5	9,1	10,7	11,7	11,7	10,9	8,3	6,7	5,3	4,5	7,8
Худжанд	4,4	5,1	6,7	9,5	11,7	14,0	15,7	14,9	11,1	8,5	5,9	5,1	9,4
Ашт	4,0	4,8	6,4	8,8	10,7	12,5	15,5	14,1	10,7	8,3	5,6	4,5	8,8
Мургаб	0,9	1,2	1,7	2,4	3,3	4,4	4,8	4,9	2,9	2,1	1,5	1,1	2,6

Причем, в условиях Таджикистана число засушливых дней особенно велико в летний период, когда фактически не выпадает ни капли дождя во всех районах республики. Однако, следует иметь ввиду, что засушливые дни в условиях Таджикистана имеют место не только в летний, без дождливого периода, но и в другие сезоны года, в том числе и зимой и весной. Особенно большое количество засушливых дней, как и следовало, ожидать имеют высокогорные районы Памира. Обратную картину представляет распределение по республике влажных дней, т.е. дней, когда относительная влажность в 13 часов дня равна или больше 80%. Такие дни, вполне естественно, чаще всего наблюдаются в холодную половину года, с максимумом в январе месяце. Наименьшее число дней бывает в летний период.

Существенным показателем характеристики увлажнения той или иной местности является величина дефицита влажности, или величина недостатка насыщения, которая важна и как показатель увлажнения и как величина оказывает прямое влияние на величину испарения в местности, что и учитывается при расчетах испарения. Недостаток насыщения, также, как и относительная влажность воздуха, имеет сравнительно хорошо выраженный суточный ход. Причем, в 13 часов, когда недостаток насыщения достигает максимальных значений, наблюдается наибольшая изменчивость его, как во времени, так и в пространстве. Поэтому, вполне естественно, что данные наблюдений за 13 часов наиболее удачно характеризуют распределение по территории дефицита влажности.

Режим ветра в горной области. Величина испарения, как известно, возрастает не только с ростом средней температуры воздуха но и с ростом средней скорости ветра. Однако, следует иметь ввиду что как скорость ветра, так и направления ветра, в условиях горной области подтверждены весьма существенным изменениям в зависимости от местных условий. Так, если равнинных частях ЦА в течение всего года преобладают ветры северных румбов, то в горных районах направление ветра находится в тесной зависимости от горных хребтов. Поэтому ветры здесь дуют преимущественно вдоль долин. В холодное время года в предгорных районах ЦА, в том числе и в Таджикистане, очень часто наблюдается фены - сухие и теплые ветры, дующие в гор. Большую роль в условиях горных долин играют местные ветры - ветры горно – долинной циркуляции, меняющие свое направление от дня к ночи. Так,

наблюдение показали, что в районе Ходжа Оби Гарма летом, примерно с 8 утра, начинает дуть вверх по длине дневной бриз, постепенно усиливаясь к самым жарким часам дня. Причем, ветер такого типа, вполне естественно, крайне непостоянен, с небольшой средней скоростью около 1 м/сек. Правда бывают отдельные случаи, когда скорость подобного ветра доходит до 6 м/сек и больше, но тут видимо уже оказывает влияние и общая циркуляция. Однако, как утверждает [18], горный бриз капризен, порывист и скорости его меняются в больших пределах. Как правильно к вечеру дневной бриз стихает, а к ночи начинает дуть ветер вниз по длине ночной бриз. Дневные бризы в летний период значительно сильнее ночных ветров, в то время как в холодный период года эти ветры почти не заметны. Сказывается на образовании местных ветров и наличие в верхних частях долин обширных фирновых полей. Обширные фирновые поля и ледники оказывают охлаждающее действие на воздушные массы, повышают их влажность в связи с чем в таких долинах очень часто наблюдаются нисходящие холодные ветры, дующие вниз по долине в течение круглых суток.

В условиях горной области, как известно, направление ветра определяется не только направлением общего воздушного потока, но оно определяется и чисто местными особенностями, как то: особенностями рельефа, степенью защищенности флюгера и др. для суждения о повторяемости ветров различных направлений в различных по своему графическому и высотному положению пунктов, здесь мы приведем таблицу направления ветра (в процентах) по 3 пунктам Таджикистана (таблица 1.5.). Из таблицы имеем, что ветры одних и тех же направлений не в одинаковой степени повторяются в один и тот же сезон в разных пунктах. Так, если в мае месяце в Дехавзе господствующим направлением ветров является ветра восточные и юго-восточные (51 % и 35 %), то в районе Душанбе в это же время, господствующими ветрами, являются ветры северные и северо-восточные (29% и 29%). Как видно из таблицы, направление ветров меняется не только от пункта к пункту, но и от месяца к месяцу в одном и том же пункт. Так, если в районе Гиссарской долины наиболее обычными ветрами следует считать северо-восточные ветры, которые составляют около 30% всех ветров. Здесь же распространены и северные ветры, составляющие около 24% и восточные около 11 %, то в летний период в долине преобладающее значение имеют только северные и северо-восточные. Дуют они со скоростью от 1,5 до 3,0 м/сек. Эти ветры более слабые, чем ветры зимы и весны. Более слабые, чем летом, дуют в долине ветры тех же направлений в осенний период. Преобладающее направление зимних ветров бывает также северное и северо-восточное, т.к. оттуда двигаются на территорию республики холодные воздушные течения, достигая наибольшего постоянства в период с ноября по январь. В весенний период, примерно с февраля месяца уже начинает возрастать роль влажных западных ветров, число которых увеличивается до 10-12 % , вместо 8-9 % в зимние месяцы.

Таблица 1.5.

НАПРАВЛЕНИЕ ВЕТРА
(в процентах)

Направление ветра	МЕСЯЦЫ												год
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
ИСКАНДАРКУЛ													
C (N)	6	3	3	2	5	6	10	14	11	2	4	3	6
CB (NE)	6	3	3	3	11	17	16	23	21	6	2	3	10
B (E)	16	16	19	12	13	18	11	15	17	26	16	10	16
ЮВ (SE)	5	6	6	5	4	6	4	5	2	6	9	5	5
Ю (S)	22	25	25	33	20	14	19	16	14	19	23	26	21
ЮЗ (SW)	33	34	34	38	33	23	26	19	26	30	37	44	31
З (W)	6	7	6	5	9	11	6	5	4	7	7	7	7
СЗ (NW)	6	6	4	2	5	5	8	3	5	4	2	2	4
ДЕХАВЗ													
C (N)	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0
CB (NE)	0	0	2	1	1	1	3	3	4	2	1	1	2
B (E)	65	57	58	55	51	51	52	48	51	53	57	60	55
ЮВ (SE)	27	34	37	35	35	35	35	33	37	38	35	32	34
Ю (S)	1	1	1	1	2	2	3	2	3	2	1	0	1
ЮЗ (SW)	0	0	0	1	2	1	0	2	0	0	0	0	1
З (W)	5	5	1	5	5	6	4	3	3	4	4	4	4
СЗ (NW)	2	3	1	2	4	4	4	4	2	1	2	3	3
ДУШАНБЕ													
C (N)	23	20	17	24	29	24	24	24	26	26	28	26	24
CB (NE)	37	34	30	27	29	31	26	22	25	31	34	33	30
B (E)	15	16	22	15	9	11	7	8	8	5	10	13	11
ЮВ (SE)	4	4	6	6	5	6	7	7	4	3	3	5	5
Ю (S)	3	3	4	5	5	6	9	8	6	6	3	3	5
ЮЗ (SW)	6	7	7	8	10	9	9	10	12	11	7	7	9
З (W)	8	11	12	10	8	8	13	18	15	13	10	9	11
СЗ (NW)	4	5	2	55	5	5	5	8	9	5	5	4	5

В условиях горных и долинных районов Таджикистана, как выше мы уже говорили, в значительной степени сказывается неоднородность подстилающей поверхности и неодинаковая степень открытости с разных сторон места наблюдения за ветром. Вполне естественно, что это создает большое различие скоростей ветра разных рубов и ведет к малой сравнительности между собой данных отдельных станций. От местных условий,

от особенностей местоположения станции, как мы только что говорили, в сильной степени зависит, прежде всего, скорость ветра. Скорость ветра в первую очередь зависит от степени защищенности участка, от окружающего рельефа и от близости обширных водных пространств. На дне глубоких долин и котловин, что особенно характерно для рельефа Таджикистана, скорость ветра может быть вдвое меньше, чем на открытых пространствах, на возвышенностях.

К ветрам чисто местного порядка относятся ветры горно-долинной циркуляции - местные ветры, не редко именуемые горными бризами. Эти горные бризы, дующие в летнее время днем и горам, а вечером и ночью обратно с гор, особенно хорошо выражены в бассейне реки Каратаг, где изобилуют выходы в Гиссарскую равнину более значительных ущелий Гиссарского хребта. К ветрам местного характера особенно, часто наблюдаемым в долине Амударя, следует отнести и так называемый местный ветер «афганец». Этот иссушающий горячий юго-западный ветер, носящий название «афганец» или «гарм-сел» т.е. горячий поток, иногда проникает далеко в пределы Таджикистана к северу и северо-востоку, двигаясь по долинам юго-западного направления, он иногда достигает высоких предгорий Гиссарского хребта. Особенно свирепствует «афганец» на юге республики в нижнем течении рек Кафирниган и Вахш. Очень часто он здесь сопровождается пыльными бурями, давая иногда скорость в 8-9 м/сек, а отдельными порывами до 10-12 м / сек. В районе Гиссарской долины юго-западные ветры достигают наибольшей скорости в Шахринаве, что следует, объяснить влиянием орографии сильным сужением здесь долины. Как выше мы уже говорили в целом по территории Таджикистана юго-западные ветры бывают значительно сильнее северных и северо-восточных ветров. Так, если юго-западные ветры дуют со скоростью в 3-3,5 м/сек, северные ветры имеют скорость в среднем только 2-2,5м/сек. Однако, следует иметь ввиду, что как те, так и другие на территории республики не достигают большой силы максимум 5м/сек.

Испарение. Значение величины суммарного испарения с поверхности речных бассейнов является исключительно важным моментом в вопросе изучения баланса влаги поверхности суши, а также, для оценки возможных дополнительных потерь на испарение с водной поверхности при устройстве искусственных водоемов – водохранилищ. Процесс испарения, как известно, зависит от климатических факторов, термического и гидрометрического режима по преимуществу. Однако, вполне понятно, климатические факторы не являются единственными в смысле воздействия их на процессе испарения. Роль климатических факторов определяется влиянием их на атмосферные осадки – приходную часть водного баланса, в том случае, когда имеется достаточное количество влаги, чтобы обеспечить этот процесс. Однако, следует иметь ввиду, что, если качественная сторона вопроса о влияние клима-

тических факторов на процесс испарения в настоящее время можно считать вполне установленной, количественная сторона этого вопроса пока что еще не решена, ибо она решается значительно сложнее. Поэтому соотношения между стоком и испарением и климатическими факторами, по существу, неизбежно носят локальный характер.

Испарение с поверхности суши не только является фактором, уменьшающим поверхностный сток, но и в свою очередь влияющим на влагосодержание атмосферы.

Испарение с суши включает в себя испарение с водной поверхности прудов, водоемов, рек, а также испарение с водной поверхности почвы и транспирации влаги растениями. Причем, испарение с поверхности почвы и транспирация, по существу, определяются теми же общими климатическими факторами, как и испарение с водной поверхности. Как показывают наблюдения, испарение с водной поверхности. Однако, как показывают наблюдения, испарение падает с увеличением протяженности растительного покрова и создаваемого им затенения, а транспирация возрастает с увеличением числа часов солнечного сияния за вегетационный период. Основными факторами, определяющими величину испарения с водной поверхности, являются климатические факторы-температура поверхности воды, абсолютная влажность воздуха и скорость ветра. Как и следует предполагать, эти факторы в значительной степени зависят от местных условий, размеров и особенностей самих водоемов.

В связи с актуальностью и сложностью проблемы испарения и в тоже время при абсолютно мизерном наличии фактических материалов целый ряд ученых в том числе; Б.Д. Зайков, В.К. Давыдов, Н.Н. Иванов, П.С. Кузин, М.И. Будько и др. [19,20,21,22,23] пытались решить эту проблему путем нахождения определенных формул и зависимости, позволяющих подсчитывать величину испарения, по другим наблюдениям, в первую очередь, климатическим факторам. Так, для расчета испарения с водной поверхности, испарения с озер, рек и других водоемов предложены весьма сходные между собой формулы Н.Н. Ивановым, В.Д. Зайковым, и Б.К. Давыдовым [19,20,21]. Формулы этих трех авторов, как утверждает Н.Н. Иванов, по балансу озер дают результаты вполне приемлемые во всех географических зонах и для всех времен года. Предложенные авторами формулы дают испарение с водной поверхности или, вернее, испаряемость, а как некоторые исследователи говорят - максимальную испаряемость или «идеальную испаряемость». Испаряемость, как известно, является фактором, противостоящим увлажняющему действию атмосферных осадков или поливной влаги. Следует иметь ввиду, что само понятие испаряемости определяется не иначе, как иссушающей способностями воздуха, которая хотя и зависит от много климатических факторов, но больше всего совпадает с недостатком насыщения воздуха водяными парами.

1.3. Климатическая дифференциация Таджикистана.

Климатические особенности Таджикистана сами по себе довольно многообразны и целиком зависят, как от широтного положения Республики, так и от её орографических особенностей. В Таджикистане - стране гор, как и в любой высокогорной стране с большими колебаниями высот, имеет место наличие большое разнообразие климатов и климатических зон, сменяющих друг друга не только в плане, но и в вертикальном направлении. На примере Таджикистана можно проследить все постепенные переходы от степного климата предгорий и низких долин до полярного климата вершин. Существенная разница в климатических условиях, прежде всего, оказывается между периферическими и внутренними областями республики. Это различие особенно резко выступает там, где наружные горные цепи, располагаясь на пути внешних влажных воздушных течений, перехватывают их влагу и конденсируют ее на своих склонах.

Горы Таджикистана не только являются важнейшим источником водных, энергетических и биологических ресурсов страны и региона, но и играют ключевую роль в выживании экосистемы региона. Резкое таяние ледников Таджикистана и участвовавшие стихийные явления в последние десятилетия свидетельствуют о том, что горные районы наиболее остро реагируют на все атмосферно-климатические изменения, и их население наиболее уязвимо к любым глобальным изменениям и вызовам [24].

Сложность рельефа территории Таджикистана, широкая высотная градация, обуславливают, как уже выше отмечено, большое разнообразие климатических зон и районов. Климатические районы, как правило, охватывают пространства более или менее однородные в отношении географического положения, имеют одинаковые абсолютные высоты и устройства поверхности. Два или несколько климатических районов сходных или близких между собой, но разделенные между собой другими климатическими районами, отличающимися от них, могут быть объединены в область господства того или иного типа климата.

Для территории Таджикистана характерны следующие типы климата:

Пустынный климат - очень жаркий и сухой летом, резко континентальный, с большими суточными и годовыми колебаниями температуры. Годовое количество осадков менее 250 мм. Относительная влажность и облачность очень малы. Облачность в среднем за год равна 27-30%. Пустынный тип климата охватывает наиболее низкие части Таджикистана, имеющие высотные отметки в 350-450 м. н.ур.м. свойственен небольшому участку Таджикистана по правому берегу Амударьи и нижнему течению рек Вахш и Кафирниган.

Степной климат предгорий - сравнительно сухой и жаркий летом, но уже с большим количеством осадков, чем пустынный климат, величина их колеблется от 250-500 мм и выше и характерен для более возвы-

шенных мест, чем пустынный и расположены по шлейфам и предгорьям хребтов: Туркестанского, Гиссарского, Петра I, Дарвазского, а также среднему течению реки Зеравшан (Пенджикентский район), и областей красноцветных низкогорий южного Таджикистана. Значительная территория характерная данным климатом лежит в пределах от 500 до 1000 м. н.ур.м., в особенности на среднем течении р. Кафирниган.

Горный климат - более влажный и прохладный со значительным равномерным распределением осадков в течение года, с температурой уменьшающаяся по мере увеличения абсолютной высоты. Область господства данного типа климата охватывает средние зоны гор с высотами от 1500 до 3500 м. н.ур.м. переходя постепенно в верхних горизонтах гор в полярный климат. Горный тип климата свойствен центральному Таджикистану и Западному Памиру (горному Бадахшану), а также верхнему течению р. Кафирниган и ряду его притоков.

Высокогорный-пустынный климат - резко-континентальный с чрезвычайно резкими и большими суточными и годовыми колебаниями температуры свойствен Восточному Памиру. Средние годовые амплитуды температуры более 30°C. Разность между абсолютными крайними температурами доходит до 80°C. Зимы очень суровы с абсолютными минимумами до -50°C и ниже. Морозы случаются во все месяцы года. Количество осадков наименьшее по всей Средней Азии – менее 130 мм (Мургаб 73 мм, Ховаркул 62 мм).

Каждому из вышеуказанных типов климата свойственен определенный ландшафт, являющийся результатом его воздействия.

Подтверждено, что область господства каждого из перечисленных типов климата занимает различные высоты. Так, область пустынного климата охватывает наиболее низкие части территории Таджикистана, представляющие, либо широкие речные террасы, сложенные из аллювиальных отложений, либо шлейфы гор, образованные пролювиальными выносами обломочных продуктов разрушения этих гор.

Области степного климата представляют по преимуществу более высокие части горных шлейфов, предгорных наклонных равнин или невысокие, обычно сильно расчлененные, в виде холмистого ландшафта, предгорья.

Области горного климата могут быть разделены на ряд главных вертикальных поясов:

а) Низкогорный, где температура воздуха близка к температуре прилегающих равнин, но количество осадков больше, чем в них. По высоте он охватывает высоты от 1500 до 1700 м. н.ур.м., представляя переходную зону от степной зоны к горным условиям. Характерной особенностью данного пояса в ландшафтном отношении является то, что он имеет много общего с зоной сухих степей.

б) Средний горный пояс характерен значительным понижением температуры воздуха, со значительным увеличением количества осадков по сравнению с нижележащими районами и распространяется на высоты от 1500 - до 3000-3500 м.н.у.м. и охватывающая большую часть площадей гор.

в) Высокогорный или альпийский пояс, отличается тем, что температура воздуха очень низка, а количество осадков значительно убывает по сравнению с нижележащими зонами. Начальной высотой данного являются высоты 3000-3500 м. н.ур.м. и простирается вверх до самых вершин гор. В пределах этого пояса проходит снеговая линия, служащая важной зональной границей, делящей альпийский пояс на 2 части: нижнюю (собственно альпийскую) и верхнюю (нивальную) зоны.

Таким образом, описанные выше типы климата, а также климатические зоны, само собой разумеется, относятся к обширным областям территории Таджикистана. Однако внутри этих областей, внутри отдельных климатических районов, в условиях Таджикистана исключительно развиты микроклиматические - местные условия, обуславливаемые особенностями местоположения данного района, пункта. Всем перечисленным выше климатическим зонам и поясам свойственны определенный рельеф местности, растительный покров, характер почвы и др. В пределах одной и той же микроклиматической зоны изменение почвенного и растительного покрова не зря считается показателем изменения климатических условий, т.к. достаточно тесная связь их несомненна.

1.4. Физико-географическая характеристика бассейна реки Кафирниган

Река Кафирниган, правый приток реки Амударья, одна из крупных в РТ, с общей водосборной площадью бассейна в 11600 км² кв. и протяженностью 387 км, орошает своими водами одну из наиболее плодородных и наиболее густо заселенную, Гиссарскую долину - тектоническую межгорную впадину (депрессию), протянувшуюся в широтном направлении между Гиссарским хребтом и северными оконечностями невысоких хребтов южного Таджикистана.

Ниже на рисунке 1.10 представлена схема главных речных бассейнов, в том числе бассейн реки Кафирниган (3).



Рисунок 1.10. - Главные речные бассейны

В статье 22. «Бассейновые зоны, Водного кодекса РТ определено:

1. Бассейновые зоны являются основной единицей управления водными ресурсами и состоят из речных бассейнов и связанных с ними подземных водных объектов на территории Республики Таджикистан.

2. В Республике Таджикистан устанавливаются следующие бассейновые зоны: Сырдарьинская бассейновая зона; Зеравшанская бассейновая зона; Пянджская бассейновая зона; Вахшская бассейновая зона; **Кафирниганская бассейновая зона** [25].

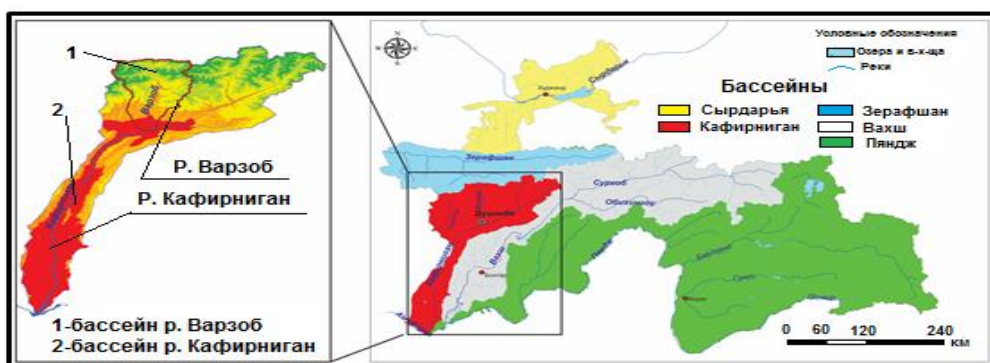


Рисунок 1.11. - Карта бассейна реки Кафирниган

Свое начало река Кафирниган берет начало у села Ромит, на южных склонах Гиссарского хребта, образующий водораздел бассейнов рек Зеравшана и Амударья (рисунок 1.11).

На рисунке 1.12 приведена карта бассейна реки Кафирниган.

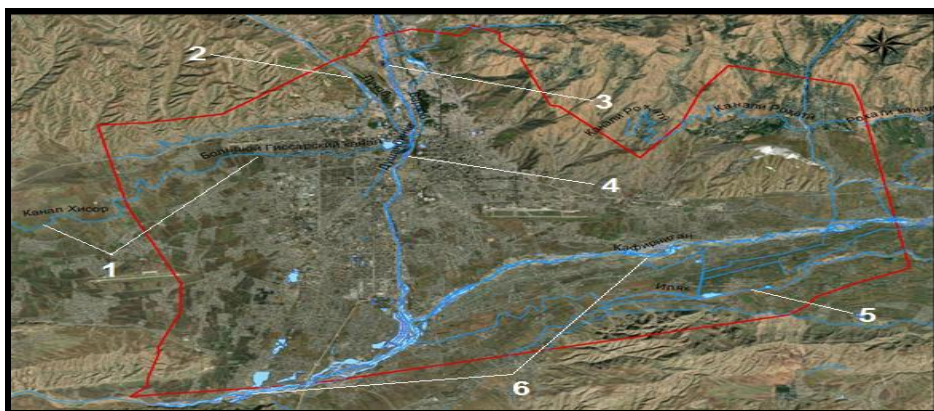


Рисунок 1.12. - Карта-схема бассейна р. Кафирниган. 1-Большой Гиссарский канал; 2-р. Лучоб; 3-р. Варзоб; 4- р. Душанбинка; 5- р. Иляк; 6- р. Кафирниган (Подготовили: Гуляёзов М.Ш., Наврузов Х.Д)

Беря свое начало из ледников и снегов южного склона Гиссарского хребта, река Кафирниган пересекает с северо-востока на юго-запад Гиссарскую долину расположенная между меридианами $68^{\circ} 19'$ и $69^{\circ} 06'$ в.д. и вдоль ее оси проходит параллель приблизительно $38^{\circ} 32'$ с.ш. Гиссарская долина по всей конфигурации напоминает гигантскую плоскодонную лодку до 70 км. длиной. В самой широкой средней своей части, на долготе Душанбе, котловина достигает ширину до 18 км. и имеет высотные отметки до 720м. Эта отметка является наименьшей для всей долины.

Река Кафирниган, как основная водная артерия, питающая Гиссарскую долину, в своем верховье, отчасти и в среднем течении имеет большое количество значительных притоков, которые в свою очередь имеют ряд притоков второго и третьего порядка (рисунок 1.13).

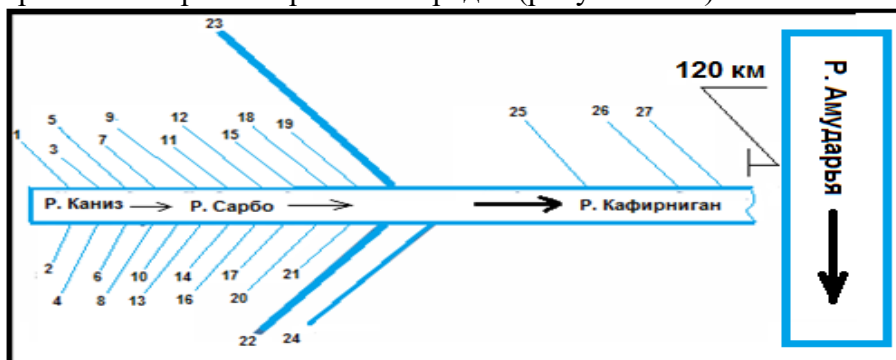


Рисунок 1.13. - Гидрографическая схема бассейна реки Кафирниган.

1-Оби сафед, 2-Оби барзанги, 3-Заркамар, 4-Хонака, 5-Махалкуми, 6-Сорбуг, 7-Севидара, 8-Сурхоб, 9-Магаси, 10-Вали, 11-Товаши, 12-Авдол, 13-Сардаи-миёна, 14-Азрек, 15-Пандема, 16-Оби-ёс, 17-Магов, 18- Без названия, 19-Яккабед, 20-Юмос, 21-Семегани, 22-Варзоб, 23-Иляк, 24-Ханака, 25- Без названия, 26-Куруксовкан, 27-Очли

Следует отметить, что склоны Гиссарского хребта развиты несимметрично. В частности северный склон крутой, а южный - наоборот длинный и сильно расчленен, при этом проекция южного склона в 4-5 раз длиннее северного. Причем если верхняя и часть среднего течения бассейна имеют широко разветвленную сеть притоков, то основная часть среднего и особенно нижнее течение реки Кафирниган, ограниченное горными хребтами, малые притоки и нарастание площади бассейна происходит здесь весьма своеобразно.

Значительная расчленённость южного склона благоприятствует образованию множества рек и речек, являющихся первого, второго, третьего рода притоками реки Кафирниган, а также реки Каратаг, берущая также свое начало на южных склонах Гиссарского хребта и являющаяся притоком р. Сурхандарья. Основные притоки *река Варзоб (справа)* и река Ханака (слева).

«Всего в бассейне р. Кафирниган насчитывается 327 ледников общей площадью 106,0 км², из них 63 ледника размерами менее 0,1 км² занимают площадь 2,9 км². Средняя площадь ледника, таким образом, равна 0,32 км², а без учёта ледников размерами менее 0,1 км² - 0,39 км². Размеры "среднего" ледника без учёта ледников размерами менее 0,1 км² изменяются от 0,37 (бассейн реки Варзоб) до 0,43 км² (бассейн реки Сорво). Крупных ледников в бассейне реки Кафирнигана мало. Наибольшее распространение имеют ледники площадью от 0,1 до 0,9 км². Их доля в общем количестве ледников составляет почти две трети» [26].

Таким образом, исследования основных притоков реки Кафирниган столь важного для Гиссарской долины, позволит в дальнейшем разработать рекомендации по комплексному использованию и охраны её водных ресурсов.

Полученные результаты явились основой для разработки основных положений диссертационной работы, по географо-гидрологической и экологической оценке состояния одного из основных притоков реки Кафирниган - бассейна реки Варзоб.

Глава 2. ТЕРРИТОРИАЛЬНО-ПРИРОДНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА БАССЕЙНА РЕКИ ВАРЗОБ

2.1. Анализ и оценка состояния и развития

2.2. Варзобского района Республики Таджикистан

«Варзобский район ($38^{\circ} 45' 0''$ N / $68^{\circ} 45' 0''$) - район республиканского подчинения (центр - село Варзоб), расположен в Гиссарской долине, прилегаясь к северной части столицы РТ - города Душанбе. На севере района расположен Айнинский район Согдийской области, на западе - Гиссарский район, на юге – район Рудаки, на востоке - Вахдат. Основанный в (1939г) 1991 году, Варзобский район (1700км^2), с севера на юг пересекает река Варзоб (рисунок 2.1).

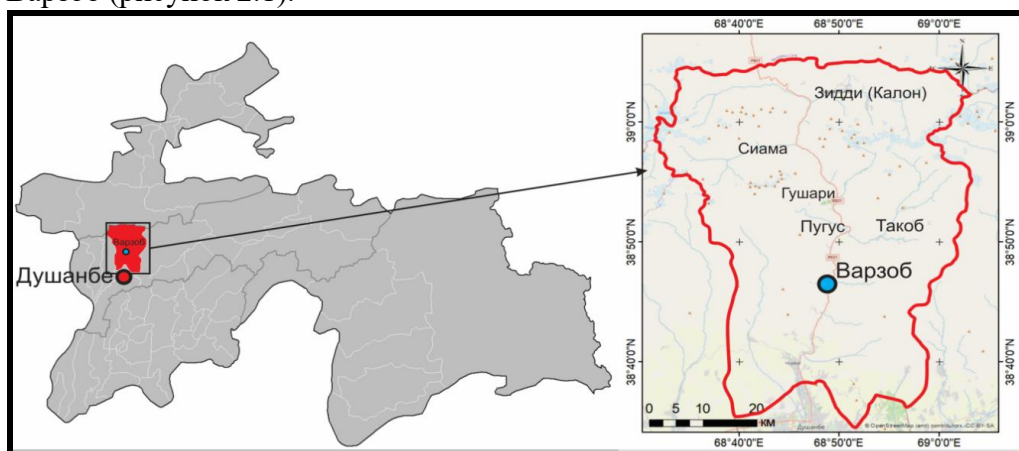


Рисунок 2.1. - Схематическая карта Таджикистана и административная схема-карта территории Варзобского района

Административная структура района, с общей численностью населения более 90 тыс. чел., включает в себя: один поселок городского типа (ПГТ) - Такоб и 6 сельских общин (джамоаты) - Лучоб, Чорбог, Айни, Варзоб-Калъа, Дехмалик и Зидде» [27]. Демографический рост, (прирост населения к 2030 году прогнозируется до 130000 человек) [27-29] предопределяет необходимость в ближайшее десятилетие решения ожидаемых социально-экономических проблем. Варзобская зона (зона формирования бассейна реки Варзоб) Правительством Республики объявлена зоной санаторно-курортного лечения, отдыха и туризма. В настоящее время политика и планы развития Варзобского района направлены в основном на получение экономической прибыли от сектора туризма.

Охрана и бережное отношении к природе, водным ресурсам защита и сохранение ландшафтного и биоразнообразия, при ограниченности природных ресурсов, способствуют дальнейшему социально-экономическому развитию территории и позволить создать достойные

условия жизнедеятельности населения района, а достаточное финансирование в области экологии является важной задачей [30, 31].

В соответствие с целями и задачами работы одним из направлений исследований были определены разработка метода расчета водного баланса и его составляющих, оценка влияния климатических изменений на водный баланс и на состояние экологии в условиях труднодоступной горной местности и недостатка информации с наблюдательной сети, подразумевающие применение современных методов и средств исследований.

Для реализации цели, наряду с существующими, традиционными методами и технологиями, были применены новые методы геоинформационных технологий (ГИС-технологий) и данные дистанционного зондирования земли (ДЗЗ).

«ДЗЗ - технология наблюдения объекта на поверхности земли наземными, авиационными и космическими средствами с использованием инструментальных методов дистанционного (неконтактного) получения информации о состоянии и параметрах объектов, обеспечивающая дополнительной информацией существующие наземные системы мониторинга окружающей среды» [32, 33].

В условиях преимущественно горного рельефа страны (93% всей территории Таджикистана имеет абсолютные отметки выше 600 м) беспилотные летательные аппараты (БПЛА) также значительно расширили возможности мониторинга с воздуха, сделав его более доступным и одним из основных инструментов, обеспечивающих высокую детализацию в процессе аэрофотосъемки. При этом регулярные наблюдения с помощью БПЛА обеспечивают получение оперативной информации о состоянии исследуемой территории. Оперативные аэрофотосъемки с разрешением снимков 5 см с применением БПЛА позволили осуществить мониторинг бассейна реки Варзоб.

В процессе исследований, с использованием геоинформационных систем выполнено картирование климатических и гидрологических характеристик исследуемой территории, дана оценка параметров изменяющегося климата и их влияние на гидрологический режим, на экологическое состояние бассейна реки Варзоб. Полученные результаты были использованные для составления карт высокого разрешения для элементов водного баланса бассейна реки Варзоб.

Нами на примере бассейна р. Варзоб изучено влияние изменения климата на водный баланс малых горных рек. Водный баланс это один из основных физико-географических характеристик исследуемой территории, который имеет существенное значение для расчета водохозяйственного баланса.

«Влияние изменения климата оказывает своё воздействие на основные компоненты водного баланса - температуру и осадки. Оценка и исследования данного процесса, с учетом специфики объекта исследований (горно-предгорная зона, отсутствие достаточного объема мониторинговой информа-

ции) в особенности его влияние на территориальный водный баланс весьма актуальны. Появившиеся новые современные технологии исследований состояния земной поверхности с использованием дистанционного зондирования (применение Геоинформационных систем (ГИС)), явились «инструментами» позволившие, в дальнейшем, реализовать отдельные задачи» [34-41].

«Климат в границах бассейна реки, образованной рельефом местности, формирует водный баланс, а изменение климата (осадки, горное оледенение и температура воздуха) в свою очередь влияют на его изменение» [38-42]. Данный процесс, для условий горно-предгорной зоны вообще и для изучаемой территории в частности, требует современного изучения. К данному типу бассейнов рек относится, также и река Варзоб протекающий по южному склону Гиссарского хребта к северу от г. Душанбе. Водные ресурсы рассматриваемой реки, используется для нужд населения и промышленных предприятий г. Душанбе, а также для нужд орошения земель, посредством оросительной системы расположенного вдоль Гиссарского канала.

Наряду с этим, на реке построен и эксплуатируется каскад Варзобских ГЭС (рисунок 2.2), обеспечивающий электричеством отдельные населенные пункты» [40].

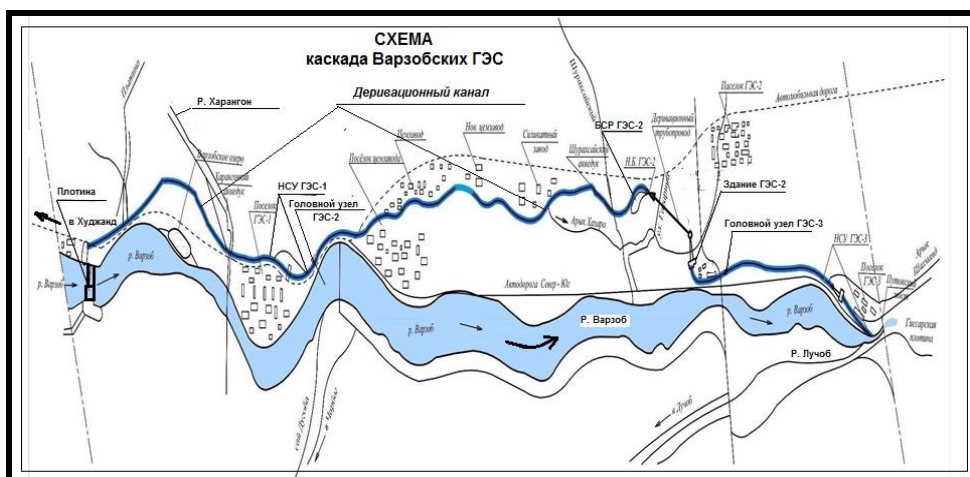


Рисунок. 2.2. - Схема участка реки Варзоб с каскадом ГЭС

Каскад Варзобских ГЭС с общей мощностью 25,36 МВт - комплекс из трёх малых гидроэлектростанций (Верхне-Варзобская ГЭС, Варзобская ГЭС-2, Варзобская ГЭС-3) на реке Варзоб, построенные с безнапорной подводящей деривацией и наряду с выработкой электроэнергии осуществляют водоснабжение Варзобского района и частично территорию города Душанбе.

Таким образом, вышеизложенное позволяет сделать вывод о том, что исследование водного баланса рассматриваемого бассейна реки Варзоб должен включать решение следующих приоритетных проблем: выявление осо-

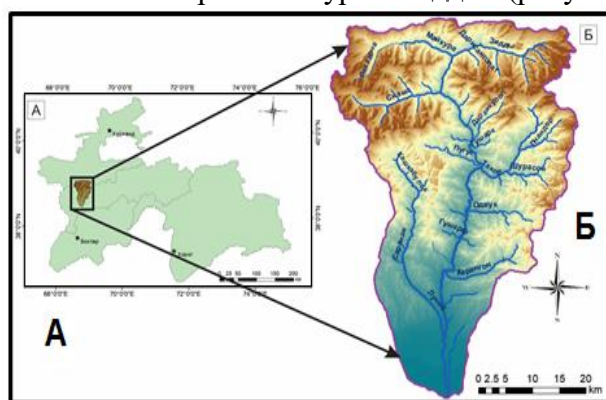
бенностей территориальной изменчивости элементов водного баланса; разработка математического аппарата расчета годового испарения; разработка методики построения карт, составляющих водного баланса.

Разработка методики построения карт составляющих водного баланса, с расчетом значений параметров всех составляющих водного баланса, осуществлен с применением ГИС-технологий повышенного разрешения, с использованием гидрологических, метеорологических и гляциологических данных (30 гидрологических станций и постов и 3 метеостанций) по бассейну р. Варзоб, за период более чем 80 лет.

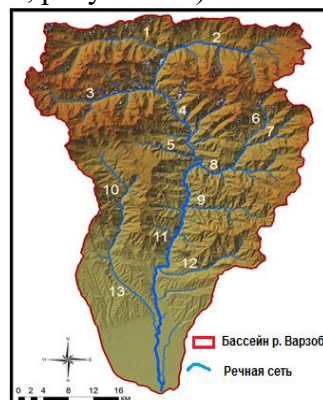
Оценка современного состояния оледенения бассейн реки Варзоб, проводился на окончание периода абляции в различные годы в восьми спектральных диапазонах (программа Landsat), а также использована цифровая карта рельефа (DEM) полученная на основании данных радарного дистанционного зондирования. Сравнительный анализ, с существующими фондовыми материалами позволил проследить изменение площади оледенения исследуемых территорий за многолетний период.

2.2. Природные условия и водно-ресурсный потенциал бассейна реки Варзоб

«Река Варзоб - самый крупный и многоводный приток реки Кафирниган [40] течёт с южного склона Гиссарского хребта, территория бассейна, которого расширяясь в северной, высокогорной части и сужаясь по ширине и уменьшается по высоте в южной части. Северная граница бассейна реки Варзоб проходит по перевальной части Гиссарского хребта и ограничивается бассейнами рек Майхура и Зидды» (рисунок 2.3, рисунок 2.4).



(2.3)



(2.4)

Рисунок 2.3. - Объект исследования - бассейн реки Варзоб, на физической (А) и топографических (Б) картах РТ. Рисунок 2.4. - Бассейн р. Варзоб 1-Майхура, 2-Зидды, 3- Сиама, 4- Дараикюлол, 5- Пугус, 6- Чашмандарок, 7- Лачандор, 8-Такоб, 9- Оджук, 10- Саранан, 11- Доришаршар, 12- Харангон, 13- Лучоб

В верховьях бассейна широтно расположены горные хребты с крутыми склонами, достигающие отметки высоты 4900 м над у.м., и способствующие быстрому стоку осадков с поверхности в речные русла и малому проникновению воды в почву. «Крутые склоны и особенность рельефа, на большей части территории бассейна, не позволяют проводить сельскохозяйственные работы, а населенные пункты располагаются только вблизи рек и притоков на небольших территориях.

Вдоль русла реки Варзоб проходит автотрасса, соединяющая город Душанбе с северными районами Республики Таджикистан. По направлению к югу высота бассейна реки снижается, горные крутые склоны переходят в плоскогорье и далее в низкогорье, которые постепенно переходят в территории покрытые лёссом».

«Расчет, выполненный с использованием данных дистанционного зондирования, позволил установить, что площадь бассейна р. Варзоб, с диапазоном высот от 800 м до 4900 м. над у.м, а площадь водосбора примерно равна 1697 км², в то время, как по данным других исследователей площадь водосбора определена от 1680 км² до 1900 км²» [7,34,40,43-45] (таблица 2.1, рисунок 2.5).

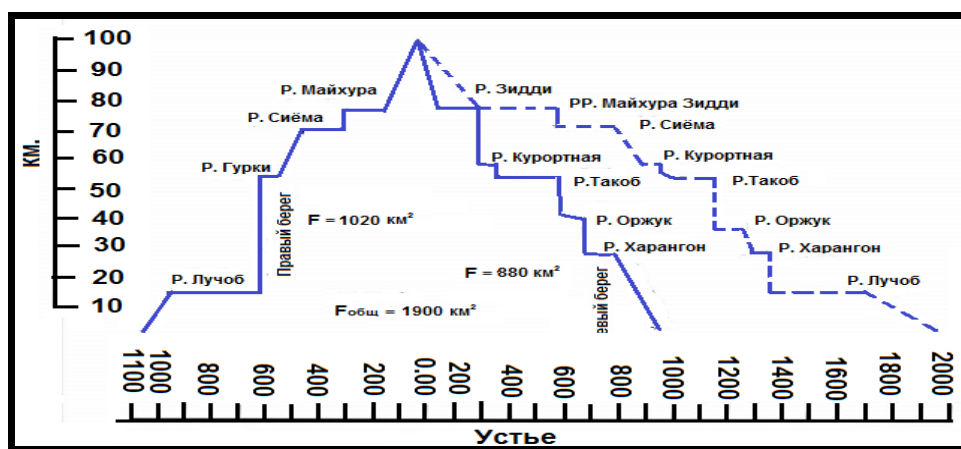


Рисунок 2.5. - Схема увеличения площади бассейна р. Варзоб

Таблица 2.1.

Основные параметры бассейна р. Варзоб

Наименование	Параметры
Площадь	1679 км ² (1680 км ²)
Степень оледенения	2.01%
Диапазон высот	800-4900 м.
Средняя высота	2.76 км.
Уменьшение площади оледенения	23%

Основной водной артерией Варзобского района, как указывалось выше является - *река Варзоб*, с притоками (малые реки) - *Такоб, Оджук, Лучоб, Харангон, Курортная, Гурке, Ходжа-Обигарм*, др. Основное питание рек - снеготаяние и большие количества родников.

Не будет преувеличением сказать, что проблема качества питьевой воды является сегодня одной из наиболее приоритетных экологических проблем человечества и неразрывно связано с общим здоровьем населения, качества продуктов питания и др.

В частности, по данным приведенным в докладе Всемирной Организации Здравоохранения, *около 80% всех существующих заболеваний в мире передается с водой*. Это является причиной ежегодной смерти более 25 млн. человек [46]. Эта цифра является убедительным и реальным фактом требующий особого, повышенного внимания на *качество* потребляемой нами воды.

Качество воды притоков и воздействия природно-климатических факторов (вырубка лесов, интенсивные дожди вызывающие эрозию и деградацию почвы, сброс бытового мусора и производственных отходов в русла, деятельность домохозяйств, строительные работы в зонах санитарной охраны и другие) предопределяют состояние качества воды реки Варзоб.

Свою «лепту» в снижение качества воды реки Варзоб вносят также более 600 водопользователей разной категории (Большие сельскохозяйственные предприятия - более 7ед., малые частные предприятия, фирмы и объединения - более 130 ед., Государственные и общественные предприятия и организации - более 100 ед., Объекты здравоохранения - более 16 ед., курорты и пансионаты - 5 ед., и образования - более 60 ед., и т.д.) [28,47].

Водные ресурсы реки Варзоб играющие важную роль не только для собственно Варзобского района, но также и населенных пунктов, производственных комплексов расположенных в низовьях, том числе и для столицы РТ - города Душанбе требуют постоянного внимания по их охране и рациональному водопотреблению и водопользованию.

В летний период, в реке Варзоб, при снижении уровня воды резко сокращается содержание в нем кислорода и увеличивается бактериальное загрязнение. На сегодня в районе учет сброса сточных вод в созданные поверхностные водоемы не ведется и практически не поддается контролю. Показатели качества воды на водных объектах во многом не отвечает требованиям действующим нормам.

«Интенсивность эрозии и формирование речных наносов находятся под влиянием ряда физико-географических зональных (климатические условия, сток, характер и распространение почв и растительности) и азональных (рельеф местности и распространение коренных пород и четвертичных отложений) факторов, антропогенной нагрузки на природные эрозионно-аккумулятивные системы, влияющие на вариацию характеристик твердого стока, а также от энергии текучих вод и сопротивляемости

размыву поверхности, по которой стекают эти воды. Сокращение лесного покрытия вместе с травяным покровом в зоне формирования стока, в данном случае в горно-предгорной зоне Таджикистана, привело к уменьшению сопротивляемости размыву поверхности» [48,49].

Большие и малые потоки воды в пределах водосборного бассейна смыывают частицы грунта и уносят их в гидрографическую сеть. Наряду с количеством и характером выпадения осадков, определяющая роль в этом процессе принадлежит растительности: в пределах водосборной площади, где потоки ещё не родились или они еще слабы, растительность может управлять твердым стоком. Она гасит энергию капли дождя на подходе к поверхности земли. «К другим факторам, оказывающие особенно сильное влияние на сток взвешенных наносов, составляющих основную по объему часть твердого стока, относят температурный режим (размерзание пород), свойства почвогрунтов, энергетическую характеристику отдельных частей бассейна, уклон и форму склонов, антропогенную деятельность» [49,50].

Для характеристики наносного режима реки Варзоб следует обратить внимание на особенности наносного режима всего водосбора р. Кафирниган.

В частности средний расход взвешенных наносов, при средней мутности 0.376 кг/м^3 , у выхода реки из гор в Гиссарскую долину составляет 39.3 кг/сек , т.е. 1250 тн. , в год. В среднем ежегодно выносятся 410 тн. взвешенных наносов, что при общей площади водосбора 431 км^2 вынос доходить до 17610 тонн . В принципе это небольшая величина, хотя в водосборе р. Кафирниган, выпадает большое количество осадков и наблюдается высокая удельная водоносность [50].

Основной причиной относительно небольшого объема выноса взвешенных наносов, в первую очередь является широкое распространение в водосборе интрузивных пород (полнокристаллические магматические горные породы).

«Анализ данных приложений по точке наблюдений - вход в Деривационный канал, показывает, что качество воды *реки Варзоб* меняется в зависимости от периода года. Мутность изменяется в пределах от $1,25$ до 7300 мг/л магний - $0,2-0,4 \text{ мг/л}$, а по отдельным показателям в сторону увеличения, например, жесткость воды повысилась от $1,2$ до $2,3 \text{ мг/л.}$ ».

В процессе исследований для определения мутности в лабораторных условиях был использован мутномер LH-NTU3M, фото и технические характеристики приведены на рисунке 2.6.

Мутномер LH-NTU3M (V11) оснащен китайским интерфейсом дисплея, полной китайской клавиатурой, встроенной кривой, прямым считыванием измеренных значений и встроенным принтером, который может печатать текущие и исторические данные, что делает весь экспериментальный процесс простой и точный. Прибор имеет широкий диапазон измерения.

Качество воды реки Варзоб меняется в зависимости от периода года. В частности, мутность изменяется в пределах от 1,25 до 7300 мг/л [2А], что подтверждены нашими исследованиями.



Технические характеристики

1. Название прибора: Мутномер
2. **Модель** продукта: LH-NTU3M (V11)
3. Метод определения: метод рассеяния на 90°
4. Диапазон измерения: (0~1000) NTU
5. Измерение: без бланка, полностью автоматическое измерение, прямое считывание концентрации;

Рисунок 2.6. - Мутномер LH-NTU3M

В последние годы возрастания антропогенного воздействия, наблюдается повышение, стандартных значений, в среднем более в 30 раз, содержание наносов. Бесконтрольная вырубка лесов (особенно последние десятилетия прошлого века) усилила процессы эрозии почвы и опустынивания [33,50-53].

Данные, предоставляемые комплексом гидрологических постов и пунктов наблюдения за качеством воды, не позволяют в полной мере выявить источники загрязнения, разработать оперативные и долгосрочные прогнозы по качеству воды, создать банк данных по основным показателям. Специфической особенностью бассейна реки Варзоб является то, что она в принципе стала курортной зоной (зоны и дома отдыха), а промышленные и объекты коммунально-бытового назначения, созданные непосредственно вдоль берегов, стали источниками загрязнения. Существующие два пункта наблюдения за качеством воды не обеспечивают оперативной информацией о состоянии качества воды.

«ИЗВ относится к категории показателей, наиболее часто используемых для оценки качества водных объектов. Этот индекс является типичным аддитивным коэффициентом и представляет собой среднюю долю превышения ПДК по строго лимитированному числу индивидуальных ингредиентов:

$$\text{ИЗВ} = \frac{1}{n} * \sum_{i=1}^n \frac{C_i}{\text{ПДК}_i} \quad (2.1)$$

где: C_i - концентрация компонента (в ряде случаев - значение физико-химического параметра); n - число показателей, используемых для расчета индекса, $n=6$; ПДК_i - установленная величина норматива для соответствующего типа водного объекта.

Для расчета индекса загрязнения вод для всего множества нормируемых компонентов, включая водородный показатель pH, биологическое потребление кислорода БПК₅ и содержание растворенного кислорода, находят отношения $C_i / ПДК_i$ фактических концентраций к ПДК и полученный список сортируют. ИЗВ рассчитывают строго по шести показателям, имеющим наибольшие значения приведенных концентраций, независимо от того превышают они ПДК или нет. В зависимости от величины ИЗВ участки водных объектов подразделяют на классы (таблица 2.2). Устанавливается требование, чтобы индексы загрязнения воды сравнивались для водных объектов одной биогеохимической провинции и сходного типа, для одного и того же водотока (по течению, во времени, и так далее), а также с учетом фактической водности текущего года» [54].

Таблица 2.2.

**Классы качества вод в зависимости от значения индекса
загрязнения воды**

Воды	Значения ИЗВ	Класс качества воды
Очень чистые	Менее или равно 0.2	I
Чистые	Более 0.2-1	II
Умеренно загрязненные	Более 1-2	III
Загрязненные	Более 2-4	IV
Грязные	Более 4-6	V
Очень грязные	Более 6-10	VI
Чрезвычайно грязные	Свыше 10	VII

Особенностью качества воды рек бассейна реки Кафирниган вообще и р. Варзоб в частности, является то, что она классифицируется как очень чистая (I класс) и в некоторых отнесены к II классу (чистая вода) [52,53]. Но вместе с тем, по минерализации - между I и III классами, а по содержанию органических веществ отнесено между I и IV классами и т.д. [54-58]. Вышеизложенное предопределяет необходимость проведения отдельных исследований качества воды данного бассейна. В виду того, что качество воды в реке может претерпевать сезонные изменения, то для достаточно точного отражения качества воды водотока, нельзя ограничиваться только одной случайно взятой пробой.

Следовательно полная, всеобъемлющая оценка качества воды в водоисточнике может быть достигнута при наличии следующих данных:

а) для поверхностных источников не менее четырех анализов проб, взятых: в период весеннего паводка; летом при наиболее низком горизонте воды; осенью во время осенних дождей; в середине зимы (январь - февраль);

б) для безнапорных вод, вскрываемых скважинами или колодцами - не менее четырех анализов: два в весенний и по одному в летний и зимний периоды; для ключей обязателен один анализ пробы воды, взятой после сильного дождя (проверка возможного замутнения воды в источнике).

2.3. Основные причины обострения экологической ситуации в бассейне реки Варзоб

Одним из основных факторов ухудшения экологического, в том числе и гидроэкологического состояния на территории бассейна реки Варзоб является значительное антропогенное воздействие т.е. человеческий фактор и его жизнедеятельность, на водные ресурсы.

Полученные результаты исследований и анализ основных причин обострения экологической ситуации, осуществленный на примере одного из крупных населенных пунктов на территории бассейна рек Варзоб - Варзобский район, позволили сделать следующие выводы:

1. *Экстенсивное использование* гидроресурсов, без учета их возможностей до фактического самоочищения и самовосстановления;
2. *Размещение* на малых площадках большого количества застроек (в основном, индивидуальных хозяйств, частных объектов для проживания и отдыха) и ускоренная реализация при нарушении экологии, масштабных планов вмешательства в гидросферу.
3. Очень слабый уровень развития в районе системы водоотведения и очистки сточных вод, играющая решающую роль в обеспечении нормальной экологической ситуации водных ресурсов в районе.
4. Низкий уровень водного экологического образования населения.
5. Нет реальных экономических стимулов для водосбережения.
6. Отсутствие эффективно действующей с юридической базы по нормативно-правовым документам об охране водных ресурсов.

Влияние на формирование стока горных рек гидрометеорологических факторов различается, от равнинных речных условий [54,55]. Своеобразное распределение осадков в горных районах, особенно твердых осадков и их аккумуляция, что не характерно для равнинных условий, зональное распределение температуры воздуха и ее изменение с высотой, а следовательно, и таяние снежных запасов не одновременно по всему бассейну, создают характерные особенности внутри годового распределения стока [61-64].

Таким образом, возникла необходимость реализации комплекса исследований состояния бассейна реки Варзоб, с учетом всех физико-географических и климатических характеристик бассейна, с представлением обобщенных данных по стоку рек бассейна, для использования их в водохозяйственных расчетах при решении проблем орошения, а также для рационального использования и охраны водных и водно-энергетических ресурсов.

Глава 3. ГЕОГРАФО-ГИДРОЛОГИЧЕСКАЯ ИЗУЧЕННОСТЬ ТЕРРИТОРИИ БАССЕЙНА РЕКИ ВАРЗОБ

3.1. Районирование бассейна реки Варзоб

Изучение физико-географических и климатических условий любого бассейна реки, в том числе и бассейна горной реки, следует начинать с рассмотрения общих условий данного географического района. Только тогда может получиться цельная картина особенностей изменений в пределах бассейна того или иного метеорологического элемента, когда это изменение прослежено далеко за пределами бассейна. Только при таких условиях можно говорить о тех или иных особенностях бассейна.

Установление специфики гидрологического режима рек осуществляется одним из широко применяемых методов каковым является метод районирования бассейна реки. Районирование бассейна реки Варзоб осуществлено, нами, с учетом характера долины и русла реки.

«Река Варзоб - самый крупный и многоводный приток бассейна р. Кафирниган, берущий свое начало на южных склонах Гиссарского хребта, в районе перевалов Шутургардак и Анзоб, на высотах 4200-4500 м над у.м. длиной 97 км, с площадью водосбора в 1697км², составляет 16,4% от всей площади водосбора бассейна р. Кафирниган, с координатами истока - 39°01' с.ш. и 69°02' в.д., и устья - 38°29' с.ш. и 68°47' в.д.. Следует отметить, что исток реки представляет собой небольшой ручей, вытекающий из ледника без названия, расположенного на южном склоне Гиссарского хребта и до впадения правого притока Майхура река носит название Зидди, а ниже по течению называется Варзоб. В последствие, после впадения своего последнего правого притока Лучоб она называется Душанбинка (на протяжении последних 13 км). Река Варзоб (Душанбинка) впадает в р. Кафирниган на 253 км от ее устья».

Река Варзоб, особенно в верхнем её течении, характерна наличием значительного количества основных притоков (таблица 3.1).

В виду того, что в верхнем течение реки Варзоб много незначительных по длине или действующие только в период таяния снегов, либо при прохождении ливневых дождей притоков, то кажется, что здесь отсутствуют притоки.

Таблица 3.1.

Характеристика основных притоков бассейн реки Варзоб [1-А]

Наименование притока	Направление и точка впадения (км) от устья р. Варзоб	Длина, км
Майхура	справа на 74 км	22
Сиёма	справа на 71 км	22
Ходжа-Обигарм	справа на 57 км	8
Курортная	слева на 56 км	15

Нурек	справа на 51 км	12
Такоб	слева на 49 км	19
Оджук	слева на 38 км	17
Харангон	слева на 25 км	20
Лучоб	справа на 13 км	45

Вместе с тем следует отметить, что наличие притоков зависят от сезона или от климатических условий. Расположение притоков по трассе реки, равномерно (рисунок 3.1).

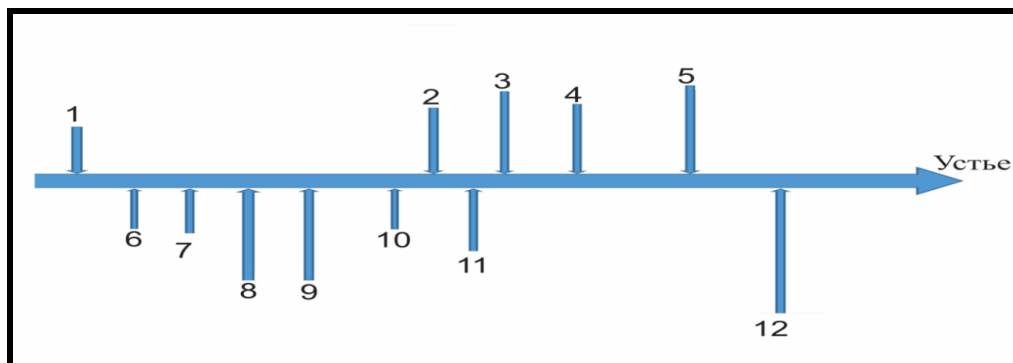


Рисунок 3.1. - Схема всех притоков реки Варзоб: 1- Без названия, 2- р. Курортная, 3- р. Такоб, 4- р. Оджук, 5- р. Харангон, 6- р. Сангалт , 7- р. Дарисангалт , 8- р. Майхура, 9- р. Сиёма, 10- р. Ходжа-Обигарм, 11- р. Гурке 12- р. Лучоб

Из-за наличия в большинстве зон бассейна р. Варзоб неучтенных мелких притоков коэффициент густоты речной сети составляет $0,21 \text{ км/км}^2$, но для отдельных частей бассейна данный коэффициент составляет более $0,30 \text{ км/км}^2$. В связи с относительно равномерным впадением по длине в р. Варзоб ее притоков, нарастание площади её водосбора от истока к устью происходит также сравнительно равномерно. В тоже время распределение площадей водосбора между правым и левым берегами происходит неравномерно - площадь водосбора на правом берегу составляет в 1020 км^2 , то данный показатель для левого берега равен 880 км^2 [27].

Сезонные снега и ледники являются основным источником питания р. Варзоб.

В виду того, что сезонные снега и ледники являются основным источником питания, то р. Варзоб отнесена к типу рек со снегово-ледниковым питанием, подтвержденная полученным стоковым коэффициентом, подсчитанным по методу В.А. Шульца [62-65]. В верховьях р. Зидди, расположены три ледника, один из них имеет длину до 4 км, и 10 небольших ледников, длиной не более 1,5-2 км. Данная зона принята в

качестве главной зоной определения. Следует отметить, что удельный вес ледникового питания не является значительным.

По характеру долины и особенно русла, река Варзоб может быть разделена на 3 участка: верхнее течение - р. Зидди, среднее течение - р. Варзоб от впадения р. Майхура до кишлака Дагана и, наконец, нижнее течение - от кишлака Дагана до устья (рисунок 3.2).

Выделенные гидрологические участки (районы) отличаются друг от друга водоносностью рек и особенностями водного режима.

Первый участок реки: Длина - река Зидди (верхнее течение р. Варзоб) составляет 23 км, с площадью водосбора в 147 км², с основными притоками: река без названия длиной 9 км - впадает слева на 88 км; р. Сандальт длиной 8 км впадает справа на 83 км; р. Дари-Сандальт длиной 7 км впадает справа на 77 км.

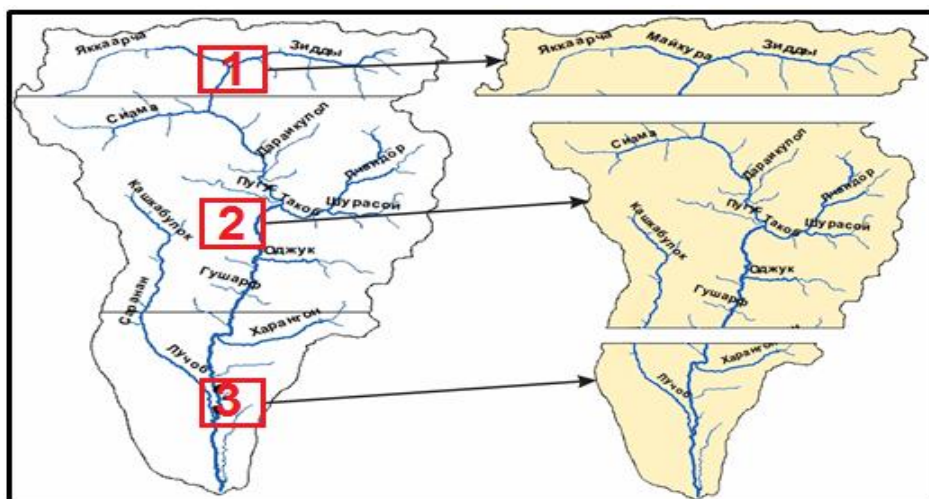


Рисунок 3.2. - Схема разделения на 3 участка (района) бассейна реки Варзоб

В верхней части своего течения р. Варзоб является типичной горной рекой, текущая в каменистом, иногда сжатом отвесными скалами русле, изобилующая множеством каменных глыб и валунов. Средний уклон реки в горной части составляет 0,065 м/км, в то время как в равнинной части он равен лишь 0,007 м/км. Местами на реке встречаются пороги, а в очень редких местах и небольшие водопады. Долина реки на данном участке преимущественно представляет из себя ущелье. Прилегающая к долине реки местность горная - с севера главная цепь Гиссарского хребта, с юга - его отроги. Абсолютные высоты отдельных вершин превышают 4000 метров, что подтверждают другие исследователи [61-63]. Относительные высоты прилегающих к долине гор, в среднем 1000-1500 м, с крутыми склонами (20-25°), а иногда очень крутые (до 50°) и нередко почти отвес-

ные, часто расчлененные глубокими боковыми саями. Преобладающая ширина долины, по ее низу, 50-100 м. В районе кишлака Хушъёри река течет в каньоне, ширина которого не превышает 4 м. Склоны долины преимущественно очень крутые (свыше 45°), часто близки к отвесным (70-80%). Поймы нет. Русло реки на участке извилистое, неразветвленное. Ложе русла валунно-галечное. Имеется много порогов – ширина реки колеблется от 4 до 15 м. Глубины едва достигают 1 м.

Подъем уровня воды начинается в конце марта и продолжается до середины июня, а иногда и до начала июля. Обусловленный таянием снега, а также прохождением весенних ливневых дождей, максимум уровней и расходов наблюдается в конце июня, реже в начале июля, после чего начинается спад уровней. Превышение максимального уровня над средним меженным уровнем равно 0,8-0,9 м. Спад проходит более плавно, чем подъем. Суточная амплитуда колебания уровней в этот период не превышает 20-30 см. Постепенный спад уровня кончается в октябре, после чего наступает период устойчивой межени, которая продолжается до марта. В весенний период частые снежные обвалы преграждают и подпруживают реку и этим вызывают резкие колебания уровней.

Второй участок реки: Длина 45 км. Участок простирается от впадения р. Майхура до кишлака Дагана, где в р. Варзоб впадают почти все ее основные притоки. Прилегающая к долине на данном участке местность представляет из себя продолжение отрогов Гиссарского хребта. Высота окружающих долину гор уменьшается по мере удаления от главного хребта (с севера на юг) от 4000 до 2000 м. Отдельные горы имеют относительную высоту над дном долины от 2000 до 100 м. Долина реки V-образная, местами близка к ущелью. Ширина долины по ее дну колеблется в среднем от 100 до 200 м, а по верху достигает 1 км. Склоны долины круты (50-60°).

В большинстве случаев долины выпуклые, в которые выносятся многочисленные конусы выносов, состоящих из мелкообломочных материалов. Склоны долины сильно расчленены многочисленными саями и ущельями, имеющие в большинстве случаев хорошо разработанное русло. Значительная часть года большинство их заполнено водой. Долина имеет большое падение от начала участка к концу. В соответствии с падением долины, большое падение и большие значения общего уклона имеет и р. Варзоб. Русло реки умеренно извилистое, неразвитое. На участке встречаются ряд небольших островов. Пойму, река на участке не имеет. По всей долине участка, русло имеет большое количество порогов и перекатов. На участке часто встречаются водопады с высотой падения до 1-1,5 м. Скорость течения даже в период межени достигает до 1,5 м/с. Ширина реки на всем участке 20-25 м. Глубина на перекатах 0,3-0,5 м, а на плесах 1-1,3 м..

Третий участок реки: Длина 29 км. Участок простирается от кишлака Дагана до устья р. Варзоб. На участке в р. Варзоб впадает один из

крупных притоков р. Лучоб - площадь водосбора около 262 км^2 , при среднем годовом расходе $6,13 \text{ м}^3$. Рассматриваемый участок характерен резким понижением южных отрогов Гиссарского хребта, а в районе территории г. Душанбе р. Варзоб выходит в Гиссарскую долину.

Преобладающим рельефом местности на данном участке является крупно-холмистость, с относительной высотой понижения до 400-500 м в начале участка, и до 100-150 м в его середине. В своем нижнем течении р. Варзоб выходит из области гор и течет в пределах Гиссарской долины. Долина реки Варзоб здесь сливается с долиной р. Кафирниган. Склоны прилегающей местности по направлению от начала участка к устью реки постепенно выполаживаются. Крутизна их в верхней части участка имеет $30-40^\circ$, ниже - $15-20^\circ$, в устье $1-3^\circ$. Долина реки в начале участка имеет V-образную форму, но на выходе реки в Гиссарскую долину, ширина долины резко увеличивается. Пойма с незначительной шириной, но увеличивающаяся к устью, до 1 км врезана в дно долины на глубину 0,5-1 м. Русло реки, с шириной в среднем от 15 до 20 м, на участке извилистое, разветвленное, особенно ниже устья притока Лучоб. Скорость течения около 1-1,3 м/с. В самом начале участка, в 11 км ниже кишлака Варзоб, влево отходит деривационный канал верхний Варзобский и нижний Варзобский ГЭС. Расход воды в канале $1 \text{ м}^3/\text{с}$. В меженный период почти вся вода реки Варзоб забирается в канал.

Река на данном участке не замерзает. Ледовый режим выражен появлением лишь заберегов, шириной до 5-10 м, толщиной до 0,03-0,05 м, а также прохождением большого количества шуги. В отдельные теплые годы ледовые образования отсутствуют.

Бассейн реки Варзоб, характерен природными условиями, способствующие развитию опасных природных явлений. «Из экзогенных геологических процессов, определяющих морфологический облик территории района, наиболее представительным являются: оползни, осыпи-обвалы, сели, наводнения. Сели являются обычным явлением для исследуемой территории. Практически все водотоки здесь обладают обширной площадью водосбора, а горные склоны достаточным количеством обломочного материала, накапливающегося в связи с развитием разного рода склоновых процессов, и поэтому являются потенциально опасным в селевом отношении, особенно в период интенсивного выпадения атмосферных осадков. Речные наводнения, которые в большей степени проявляются в южных, низменных районах Варзобского ущелья наносят огромный ущерб экономике и населению» [27]. В частности в бассейне р. Майхура повсеместно распространены и наибольшую реальную угрозу представляют лавины. Наиболее благоприятными для лавинообразования являются склоны крутизной $25-45^\circ$. Наибольшее количество снежных лавин приурочено к высотным зонам 2000-3000 м (76%), 3200-3500 м (13%) и 3500-3800 м и выше (11%) [27].

3.2. Гидрологический режим и особенности формирования стока в бассейне реки Варзоб

«В 90-е годы на р. Варзоб действовали 21 гидрологических постов и 8 пунктов наблюдения за качеством воды. В настоящее время значительно сократившаяся сеть гидрологических постов (г/п) и пунктов наблюдений за качеством воды не является достаточной для выявления источников загрязнения, оперативного и долгосрочного прогнозирования качества воды и создания банков данных по гидрохимическим показателям. В бассейне р. Варзоб, характеризующийся значительной плотностью источников загрязнения (промышленные и коммунально-бытовые объекты, расположенные непосредственно у реки), имеются только 3 пункта наблюдения за качеством воды: г/п. р.Варзоб – кишл. Дагана, р.Варзоб – кишл. Хушъёри и р. Зидди – устье. В настоящее время анализы качества воды реки Варзоб в полной мере проводятся только одним пунктом наблюдения - Хушъёри (Гушары)» [27] .

Анализ стока р. Варзоб по ежегодным данным гидрологической станции Дагана позволил установить, что площадь водосбора, составляет 1270 км² [56], а по расчетам с использованием современных средств ДЗЗ определено, что площадь равна 1281 км². Среднегодовой расход воды реки Варзоб (ГП Дагана) составляет 45,5 м³/с (рисунок 3.3).

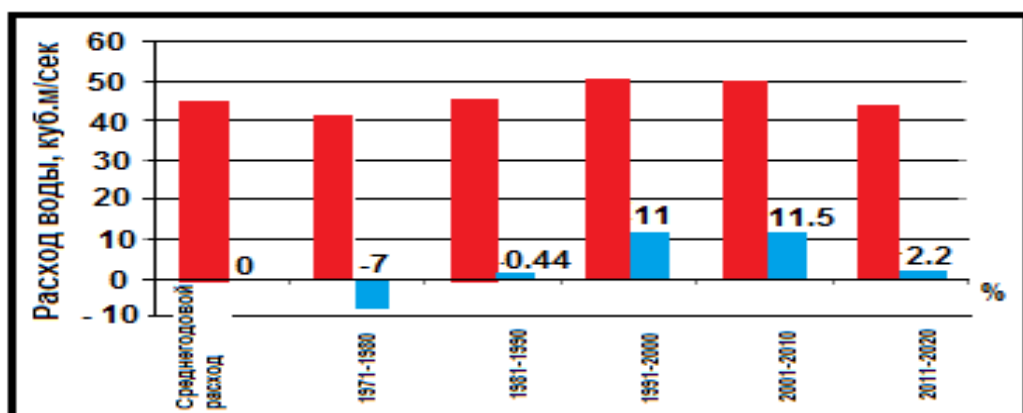


Рисунок 3.3. - Сравнение расходов воды разных периодов

В период с 1971 по 1980 годы - расход воды был ниже среднегодовой величины на 7%, в период с 1981-1990 годы - расход был на 0,44% выше, в период с 1991-2000 годы - на 11% выше, в период с 2000-2010 годы - на 11,5% выше, а в период с 2011-2020 годы - на 2,2% выше. Годовой сток по станции Дагана составляет 1,44 км³ в год. На рисунке 3.4 приведены данные среднемноголетний расход воды за период 1991-2016 гг., (ГП «Дагана»).

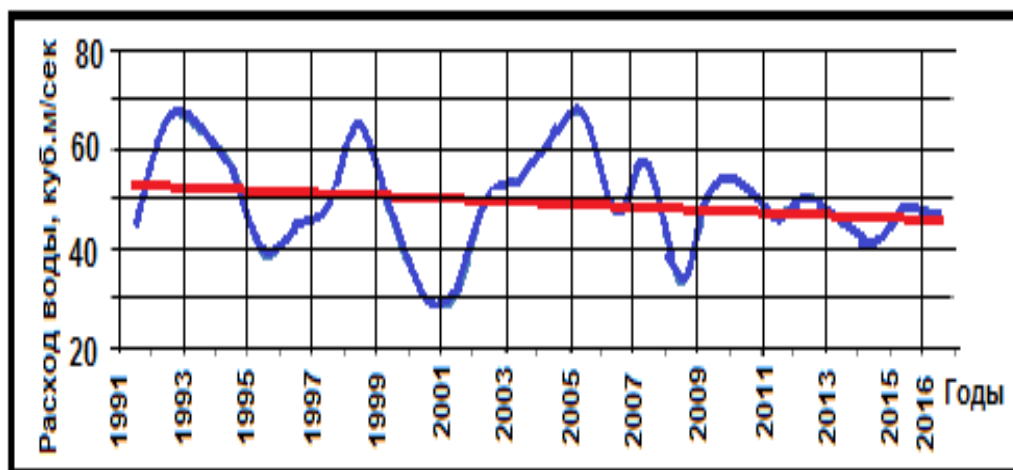


Рисунок 3.4. - Среднеголетний расход воды за период 1991-2016 гг., (ГП «Дагана»)

Установлено также, что расходы по станции Дагана составили: средний годовой расход - $49,7 \text{ м}^3/\text{с}$; средний наибольший расход - $66 \text{ м}^3/\text{с}$ (1991, 1992, 1998, 2006 гг); наименьший расход - $35 \text{ м}^3/\text{с}$ (1989, 1995, 2000, 2008 годы).

На реке Варзоб, как было отмечено выше, расположены три гидростоя: Гушары, Дагана и Душанбе. Нарастание площади водосбора на реке происходит равномерно. Так, площадь водосбора у Гушары равна 620 км^2 . Наиболее полная характеристика колебаний расходов воды получена по створу Дагана, наблюдения на котором ведутся с 1931 года. В частности, среднегодовой расход воды за период с 1931 по 1952 годы составил $45,8 \text{ м}^3/\text{с}$, а за период 1991-2016 гг. - $49,7 \text{ м}^3/\text{с}$, т.е. увеличение расхода воды за период 1991-2016 гг. по отношению к 1931-1952 гг. составил более 8% (таблица 3.2).

Таблица 3.2.

Сравнение периодов наблюдения расхода воды реки Варзоб, ГП Дагана

Периоды наблюдения	Число годов	Средний расход воды, $\text{м}^3/\text{с}$	Разница
1931-1952 годы	22 года	45.8	3.9 $\text{м}^3/\text{с}$ (8.51%)
1991-2016 годы	26 лет	49.7	

Установлено, что наибольший расход был равен $326 \text{ м}^3/\text{с}$. При этом средний расход за вегетационный период составил $73,9 \text{ м}^3/\text{с}$, а за не вегетационный период - $15,8 \text{ м}^3/\text{с}$. Средний годовой наибольший расход за зимний период - $13,3 \text{ м}^3/\text{с}$ (1942 г.), наименьший средний годовой расход - $36,3 \text{ м}^3/\text{с}$ (1938), а наибольший среднегодовой расход в 1952 году составил $61,5 \text{ м}^3/\text{с}$.

В соответствии с существующими данными специалистов, в 2008 году расход воды составлял всего 33 м³/сек. На основе результатов существующих исследований изменения годового стока, под воздействием климатических изменений, осуществленный с применением скользящих данных за тридцать лет, установлено, что среднегодовой расход за последнее десятилетие прошлого века увеличился до 47,5 м³/сек. В 2008 году расход воды напротив расход уменьшился и был равен 33 м³/сек.

По результатам наших дополнительных исследований (2008-2020 гг.) установлено, что в 2019 году расход составил 55 м³/сек, в 2020 году вновь снизился и составил 49 м³/сек, но в тоже время оно выше значения среднегодового расхода воды 47,5 м³/сек (рисунок 3.5).

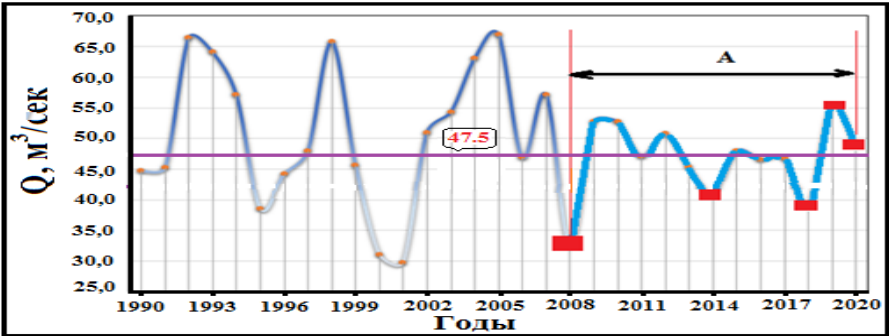


Рисунок 3.5. - Расход воды р. Варзоб в условиях климатических изменений.

А - Область дополнительных исследований

Следует отметить, что в течение года расход воды в реке возрастает весной и достигает максимума в июне, который составляет 115 м³/сек, а в зимой расход воды снижается до 15 м³/сек, что подтверждает преобладание снежного питания в бассейне реки, за счет весеннего летнего (начальный период) интенсивного таяния, и накопившегося за зимний период снега.

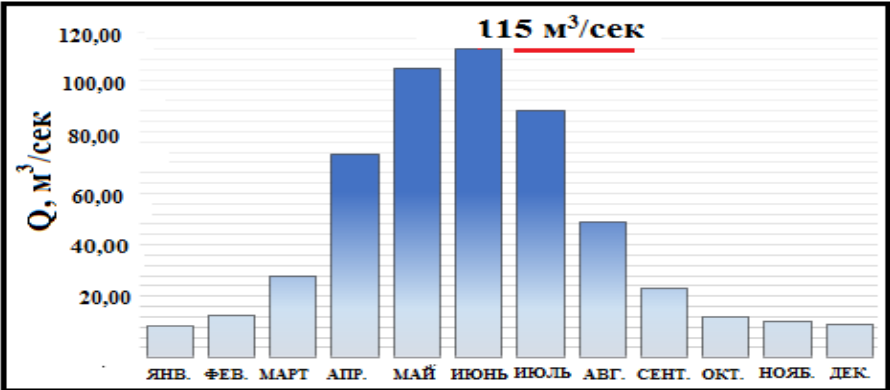


Рисунок 3.6. - Значения среднегодового расхода воды (по месяцам) в реке Варзоб

Необходимо отметить, что наибольшие расходы бассейна реки Варзоб приходятся на май - июнь месяцы, а наименьшие - на октябрь - февраль месяцы, что в условиях отсутствия водохранилищ может удовлетворить потребности ирригационных систем. Установлено, что с 1990 по 2020 годы по всему бассейну наблюдалось увеличение расхода воды в р. Варзоб на 11,0%. В тоже время климатическое изменение расхода воды (средние скользящие за 30 лет) менялось от 45 до 49 м³/с.

3.3. Анализ и оценка климатических условий бассейна реки Варзоб

Бассейн реки Варзоб относится к переднеазиатской (средиземноморской) климатической области с максимумом осадков в холодный период [43]. Рассматривая территорию бассейна р. Варзоб, установлено, что здесь присутствуют четыре климатических пояса: очень теплый пояс с недостаточным увлажнением и мягкой зимой; теплый с недостаточным увлажнением и умеренно мягкой зимой; умеренно теплый пояс с недостаточным увлажнением и умеренно мягкой зимой; умеренно теплый пояс с недостатком увлажнения и умеренно суровой, снежной зимой [6,15,68-74].

Климат, характеризуется средним многолетним метеорологическим параметром за период более 30 лет. За климатическую норму принимают данные из справочника по климату, разработанный в конце 20 века [75,76]. На наш взгляд, наиболее правильной оценкой изменения климата является сравнение с климатической нормой метеорологического параметра за период после 1960 года.

3.3.1. Анализ и оценка температуры воздуха бассейна реки Варзоб

Из-за расположения не большой по площади территории бассейна р. Варзоб в горной местности, распределение температуры по территории естественно зависит от высоты поверхности над уровнем моря. На основе полученных данных метеорологических станций (*Душанбе-809 м н.у.м.; Гушары-1359 м н.у.м.; Анзобский перевал-3373 м н.у.м.*), расположенных на разных высотах был рассчитан вертикальный профиль температуры, (для ежемесячных и годовых данных) для исследуемой территории.

Используя полученные функции и технологию Геоинформационных систем (ГИС) [77-79] была разработана карта распределения среднегодовой температуры по территории бассейна, на которой синим цветом показаны районы с отрицательной среднегодовой температурой. На этих же территориях и расположены ледники.

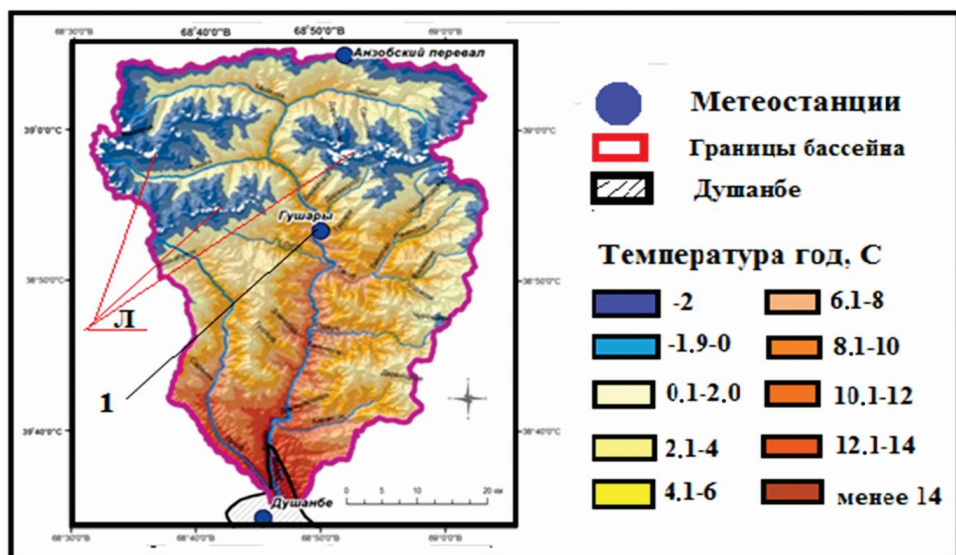


Рисунок 3.7. - Распределение температуры воздуха в бассейне р. Варзоб. Л – ледники; 1- Метеостанция Гушары

На основе результатов анализа и оценки среднегодовых данных, установлено, что за исследуемый период на всех станциях наблюдался положительный тренд температуры воздуха. Вместе с тем, следует отметить, что в периоды с 1936 по 1943 годы и с 1978 по 1986 гг. рост температуры возрастал, а в другие периоды выявлено отрицательная тенденция такого изменения.

Полученные результаты данных (рисунок 3.9) измеренные на станции Гушары, средней температуры воздуха позволили подтвердить о том, что за период с 1964 по 2014гг она превышала климатическую норму на 0,4°C, тенденция повышения температуры происходила со скоростью 0.05°C в год.

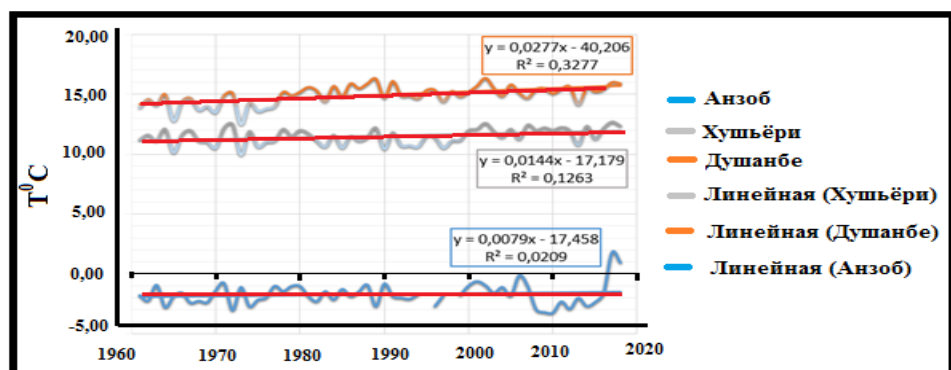


Рисунок 3.8. - Тенденция изменения температуры

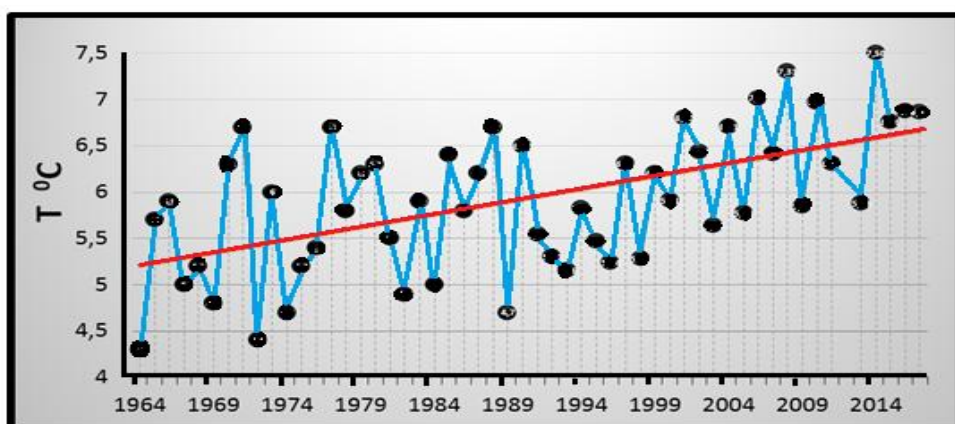


Рисунок 3.9. - Установленный инструментальными наблюдениями величина средней температуры воздуха на станции Гушары с 1964 по 2014гг.

Сравнительный анализ имеющихся климатических периодов между собой позволил получить различные оценки изменения температуры за период инструментальных наблюдений.

«Наблюдения за температурой воздуха на метеорологических станциях производятся в основные метеорологические сроки, каждые 3 часа. Средняя суточная температура воздуха - средняя из 8-ми сроков; средняя месячная - средняя из 30 или 31 средних суточных значений. Климатическая норма температуры представляет собой среднее многолетнее значение, рассчитанное, в соответствии с требованиями ВМО, за 30-ти летний период. Мониторинг погоды принято осуществлять посредством статистических величин т.е. отклонений от нормы. Для оценки теплового состояния суток, месяц, сезон, год - рассчитываются отклонения от соответствующей нормы по следующим зависимостям:

Для тепловой характеристики прошедших суток рассчитывается отклонение средней суточной, месячной, сезонной, годовой температуры от климатической нормы:

$\Delta \bar{T}_{мес} = \frac{\sum_{k=1}^N \Delta \bar{T}_{сут}}{N}$	$\Delta \bar{T}_{мес} = \frac{\sum_{k=1}^N \Delta \bar{T}_{сут}}{N}$	$\Delta \bar{T}_{сез} = \frac{\sum_{k=1}^N \Delta \bar{T}_{сут}}{N}$	$\Delta \bar{T}_{год} = \frac{\sum_{k=1}^N \Delta \bar{T}_{сут}}{N}$	(3.1)
--	--	--	--	---------

В таблице 3.3 (А,Б) приведены климатическая норма температуры рассчитываемые, в соответствии с требованиями ВМО за 30-ти летний период, для отрицательной и положительных температур» [80,81].

Таблица 3.3.

Климатическая норма температуры

(А)

<i>Прошедшие сутки</i>		<i>Прошедший месяц</i>	
<i>Отклонения $T^{\circ}\text{C}$</i>	<i>Сравнение с нормой</i>	<i>Отклонения $T^{\circ}\text{C}$</i>	<i>Сравнение с нормой</i>
Отрицательная температура		Отрицательная температура	
Не выше 3°C	Норма	Не выше 1°C	Норма
От 3°C до 7°C	Холодно	От 1°C до 4°C	Холодно
Более 7°C	Очень холодно	Более 4°C	Очень холодно
Положительная температура		Положительная температура	
Не выше 3°C	Норма	Не выше 1°C	Норма
От 3°C до 7°C	Тепло	От 1°C до 4°C	Тепло
Более 7°C	Очень жарко	Более 4°C	Очень жарко

(Б)

<i>Прошедший сезон</i>		<i>Прошедший год</i>	
<i>Отклонения $T^{\circ}\text{C}$</i>	<i>Сравнение с нормой</i>	<i>Отклонения $T^{\circ}\text{C}$</i>	<i>Сравнение с нормой</i>
Отрицательная температура		Отрицательная температура	
Не выше 0.7°C	Норма	Не выше 0.4°C	Норма
От 0.7°C до 3°C	Холодно	От 0.4°C до 0.7°C	Холодно
Более 3°C	Очень холодно	Более 0.7°C	Очень холодно
Положительная температура		Положительная температура	
Не выше 0.7°C	Норма	Не выше 0.4°C	Норма
От 0.7°C до 3°C	Тепло	От 0.4°C до 0.7°C	Теплый год
Более 3°C	Очень жарко	Более 0.7°C	Очень теплый год

При оценке изменения температуры было выделено два климатических периода (рисунок 3.10):

- Первый охватывает интервал времени от 1957 году до 1987 года, что составляет 30 лет. На наш взгляд данные, полученные за этот период можно считать климатической нормой.

- Второй включает средние данные с 1987 года по 2017 год, что соответствует хронологическому ряду в 30 лет.

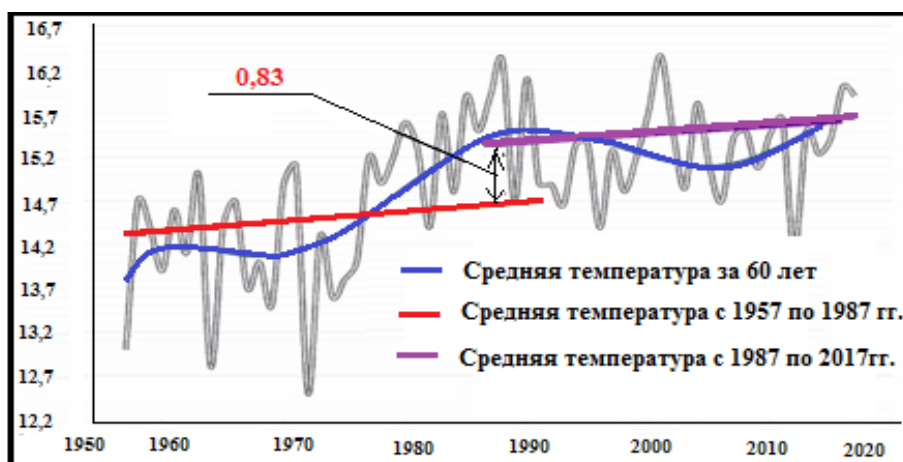


Рисунок 3.10. - Изменение среднегодовой температуры за различные климатические периоды для ст. Душанбе

На рисунке 3.10 приведены результаты исследований, анализ и оценка изменения среднегодовой температуры за 60-летний период. На основе полученных данных за весь период наблюдений на ст. Душанбе изменение данной температуры за принятый климатический период составил $0,83^{\circ}\text{C}$, т.е. наблюдается возрастание температуры воздуха.

3.3.2. Особенности испарения в условиях горной местности бассейна реки Варзоб

Величина испарения, как известно, зависит главным образом от таких климатических факторов, как осадки и дефицит влажности. Установить сравнительно тесную зависимость испарения от высоты местности, подобно зависимости осадков и стока от высоты, достаточно трудная задача связанная со значительным колебанием величины испарения в отдельных пунктах под влиянием местных факторов.

На территории бассейна р. Варзоб непосредственные наблюдения над испарением с поверхности суши не проводились, что предопределило необходимость использования существующих расчетных методов, для количественной характеристики одного из основных элементов водного баланса, каковым является испарение. При этом, в качестве исходных материалов были использованы многолетние данные о влажности и температуре воздуха по четырем метеорологическим станциям, расположенные в на различных высотных зонах бассейна р. Варзоб.

Ранее выполненные исследования и их анализ [82-87] показывают, что для горной местности результаты расчетов испарения могут иметь значительные погрешности и используются для ориентировочной оценки испарения с поверхности суши.

Если климатические факторы, определяющие величину климатического испарения, тесно связаны с высотой, то прочие факторы - рельеф водосборов, почвенно-геологические условия, определяющие инфильтрационную способность подстилающей поверхности, интенсивность и частота осадков и т.д., оказывающие большое влияние на потери влаги, не подчиняются высотной зональности.

Реальная оценка испарения, как в теоретическом, так и в экспериментальном плане сопровождается значительными трудностями. При этом, необходимо иметь ввиду, что интенсивность испарения также зависит от многих факторов.

По закону Дальтона, скорость испарения Q в $\text{кг}/\text{м}^2\text{сек.}$ имеет прямо пропорциональную зависимость от дефицита влажности, определённого по температуре на испаряющей поверхности, и обратно пропорциональная зависимость от атмосферного давления:

$$Q = A \cdot (E - e) / p, \quad (3.2)$$

где E - упругость насыщения, принятая согласно температуры испаряющей поверхности; e - упругость пара в соответствующая окружающему воздуху, p - атмосферное давление; A - коэффициент пропорциональности, зависящий от многих параметров, в том числе и от ветра [88].

Сложность задачи связана с определением коэффициента A . В оценке процессов перехода вода - водяной пар, как известно, существует два понятия: испаряемость и испарение.

Испаряемость характеризует максимально возможное испарение, которое наблюдалось бы в данной местности независимо от фактического запаса влаги и, следовательно, ограничивалось бы только энергетическими ресурсами местности, т.е. ее тепловым балансом.

Испарение с крупных водоемов приближается к испаряемости. В местностях с малым увлажнением почвы разность между испаряемостью и испарением может быть очень большой. Так обстоит дело, например, в пустынях, где энергетические ресурсы сравнительно велики, но вода почти отсутствует, так что испаряемость очень большая, а испарение приближается к нулю.

Ивановым Н.Н. (1941) [21,76] предложена эмпирическая формула (3.3) для расчета испаряемости:

$$Em = 0,0018 (25 + T)^2 (100 - F) \quad (3.3)$$

Температура и относительная влажность воздуха, входящие в эту формулу являются комплексными величинами, указывающие на наличие многих частных составляющих компонентов климата. Температура воздуха всегда зависит от: циркуляции воздушных масс в атмосфере; радиационного баланса; суммарного количества испаряющейся с поверхности почв; транспирации; облачности и т. д.

В формулу испаряемости не включен ветер, так как его влияние уже сказывается в показаниях относительной влажности воздуха. На основе вычислений по формуле испаряемости, Н.Н. Ивановым построена “Мировая карта испаряемости” (1957) [89].

Измерение испарения является весьма сложной задачей, так как это очень трудно выполнить, не нарушая естественного хода самого процесса испарения [90-92]. На двух станциях Душанбе и Гушары измерения испарения проводятся в теплое время года с помощью испарителей ГГИ - 3000. Многолетние данные этих измерений приводятся в таблице 3.4.

Таблица 3.4.

Данные наблюдений за испарением на станциях с помощью испарителя ГГИ-3000 (Сумма за теплый сезон, мм)

Станция	Максимальное	Минимальное	Среднее
Гушары	-	-	1092
Душанбе	1369	1059	1191

На практике расчет испарения производится в основном по эмпирическим формулам. Большую роль в применении таких формул играют условия и ограничения природной среды и временной интервал оценки.

Следует отметить, что для оценки водного баланса такой подход непригоден, т. к. испарение должно быть известной величиной, входящей в водный баланс.

Показатели испаряемости, рассчитанные по формуле Иванова, для пяти станций бассейна реки Варзоб, приведены в таблице 3.5.

Таблица 3.5.

Среднемесячная испаряемость рассчитанная по средне-месячным данным температуры и влажности по методике Н.Н.Иванова (мм/мес., мм/год)

Станция	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
Анзобский перевал	8.1	7.9	10.3	21.6	34.1	62.8	106.2	106.7	85.4	43.2	20.3	11.0	518
Харамкуль	20.6	19.7	29.1	43.5	72.0	119.9	132.3	160.7	116.5	65.8	63.7	28.2	872
Майхура	11.5	14.6	24.1	43.0	89.5	144.5	167.2	184.6	140.4	73.7	41.1	17.3	951
Ходжа-Обигарм	20.7	28.1	37.0	71.4	107.8	189.7	255.6	235.5	199.7	121.8	62.9	31.2	1362
Гушары	34.2	41.2	52.0	91.0	117.4	190.0	261.4	258.2	211.2	124.3	68.7	44.1	1494
Душанбе	29.0	42.1	61.0	100.3	142.8	244.5	297.7	266.2	203.2	125.9	73.2	36.1	1622

При климатических оценках за длительные промежутки времени испарение определяется методом водного баланса по формуле (3.4):

$$Z = X - Y, (3.4)$$

где Z - годовая сумма испарения с бассейна реки; X - годовая сумма осадков; Y - годовой сток.

Расчет испарения по бассейну реки Варзоб проводился по методике А. Р. Константинова (1968, 1971). Для расчета испарения по этой методике необходимы данные по температуре и абсолютной влажности. В исследуемом районе такие данные имеются по станциям: Анзобский перевал; Харамкуль; Майхура; Ходжа-Обигарм; Гушары; Душанбе. Результаты расчетов приведены в таблицах (таблица 3.6 и таблица 3.7).

По результатам расчетов расчетная величина среднего годового испарения, равная 76 мм принята по метеостанции Анзоб, а по остальным величина годового испарения определена как сумма средних месячных величин испарения.

На рисунке 3.11 сведены результаты расчетов годовых величин испарения, полученных различными методами в зависимости от высоты местности.

Имея в виду, что величина испаряемости характеризует максимально возможное испарение, установлено, что при наших исследованиях данный показатель превышает в 1,4 раза величину испарения в испарителях ГГИ-3000, установленных на метеостанциях Душанбе и Гушары. В свою очередь, величина испарения по ГГИ-3000 - испарение с водной поверхности, в 1,9-2,1 раз превышает расчетную величину испарения с поверхности водосбора. Анализ расчетных величин испарения в различных высотных зонах показал, что в пределах высот 2000-4000 м н.у.м. величина испарения, в частности по

А.Р. Константинову [93], удовлетворительно соответствует уравнению водного баланса.

Учитывая достаточно обоснованные многолетними наблюдениями расчетные величины осадков и стока, нам представляется, что расчетная величина испарения в диапазоне высот 1,0-2,0 км н.у.м. является заниженной. Исходя из этого, расчетная зависимость годовой величины испарения с поверхности водосбора от высоты местности в диапазоне высот 1000 - 4000 м н.у.м. проведена с учетом расчетных данных и реального соотношения элементов водного баланса.

Основанием для построения зависимости является тот факт, что и расчетная испаряемость и расчетное испарение имеют четкую связь с высотой.

Таблица 3.6.

Результаты расчетов испарения в бассейне р. Варзоб по методики А.Р. Константинова (мм/мес., мм/год)

Станция	Высота, м	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
Анзобский пер.	3373	16.6	18.5	22.6	30.1	39.1	46.1	54.4	24.1	-	-	12.3	14.4	-
Харамкуль	2826	20	22	27.6	35.6	45.6	63.1	22	15.5	15	13.8	19.3	17.4	316.9
Майхура	1921	20.6	25.9	34.8	47.6	62.8	63	53.4	37.7	24.9	23.6	23.5	20.2	438
Ходжа-Обигарм	1874	30.1	33.4	42	56.2	63.5	54.5	42.3	31.7	30.1	24.4	26.7	25.7	460.6
Гушары	1359	32.7	36.8	45.6	56.7	72.1	53.5	47.4	42.3	37.2	30.4	28.6	28.7	512
Душанбе	803	39.9	47.8	57.1	68.7	87.2	49	56.3	54	48	42	35	36.4	621.4

Таблица 3.7.

Сравнение результатов расчетов испарения различными методами (мм/год)

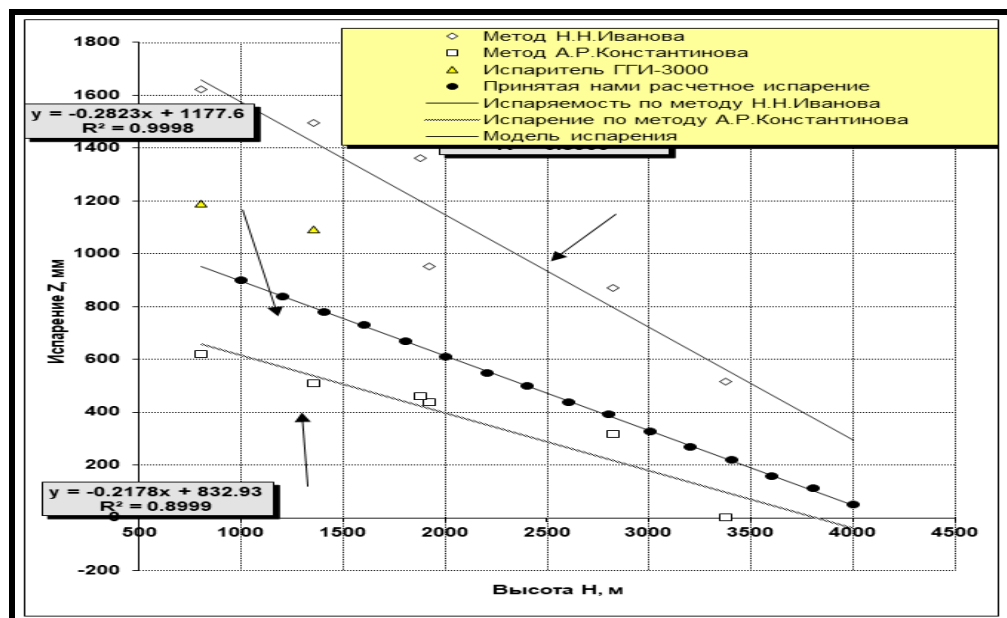


Рисунок 3.11. - Зависимость испарения от высоты

Зависимость испаряемости от высоты описывается уравнением:

$$E_m(\text{мм}) = 2002 - 427H (\text{км}) \quad (3.5)$$

при коэффициенте корреляции $r = -0,89$.

Испарение связано с высотой уравнением регрессии:

$$Z(\text{мм}) = 729 - 147H (\text{км}) \quad (3.6)$$

при коэффициенте корреляции $r = -0,99$

Принятая линейная зависимость годового слоя испарения с поверхности водосбор от высоты местности имеет следующие параметры:

$$Z(\text{мм}) = 1178 - 282H (\text{км}). (3.7).$$

Распределение годовых слоев испарения с поверхности водосбора р. Варзоб по высотным зонам (высота м., н.у.м. - слой испарения Z_0 , мм) составили: 1000-940; 1400-780; 1600-730; 2000-610; 2400-500; 2800-390; 3200-270; 3600-160; 4000-50.

3.3.3. Анализ и оценка осадков по территории и высотным зонам бассейна реки Варзоб

Атмосферные осадки являются основным климатическим фактором, влияющим на режим и, прежде всего, на сток любой реки. Они являются потенциальной возможностью возникновения и развития процессов стока. Анализ качественной и количественной характеристики, этого наиболее важного элемента водного баланса - атмосферным осадкам, следует уделить большее внимание, чем любому другому элементу климата [94-98].

Атмосферные осадки, как наиболее подвижный элемент климата, имеют исключительно большой диапазон колебания, как во времени, так и по территории, что зависит, как от причин возникновения осадков, так и от географического положения пункта и орографических условий местности. Наиболее неоднородное распределение осадков по территории, даже на небольших площадях, имеет место в условиях горного рельефа местности, где выпадение осадков очень часто бывает связано с чисто местными условиями [98,100].

Особенности годового хода осадков в горах, как известно, связаны с причинами их выпадения, или другими словами, с их происхождением. Так, в формировании величины годовой суммы осадков в горной местности принимают непосредственное участие, как осадки влекущего потока общей циркуляции, так и осадки местной циркуляции. Причём, осадки местной циркуляции в свою очередь могут быть подразделены на осадки термической конвенции (внутримассовые) и осадки активизированных размытых фронтов. Решающую роль в появлении осадков местной циркуляции играет горно – долинная циркуляция.

При горно - долинной циркуляции большое количество водяного пара заносится вверх в горы из нижележащих долин и предгорий. Причём, значительные восходящие токи, как правило, дают начало образованию в горах тумана и облаков, нередко сопровождающих осадками с грозой. Благоприятными факторами, для образования местных осадков в данном случае, будет являться неустойчивость воздушных масс, их влагонестойчивость.

Атмосферные осадки на территории бассейна р. Варзоб, также как и для подобных горных территорий, образуются в результате взаимодействия атмосферной циркуляции и рельефа местности. Исследуемая территория, как указывалась выше, находится на наиболее благоприятном для

образования осадков южном склоне Гиссарского хребта. Влажные воздушные массы поступаая с запада и юго-запада, вынуждены подниматься по горным склонам, что приводит к генерированию орографических осадков и как следствие из-за увеличения высоты местности, происходит увеличения количества осадков.

На рисунке 3.12 приведена карта (уточненная) изменения слоя осадков по бассейну реки Варзоб, с учетом выполненных ранее Финаевым А.Ф. исследований.

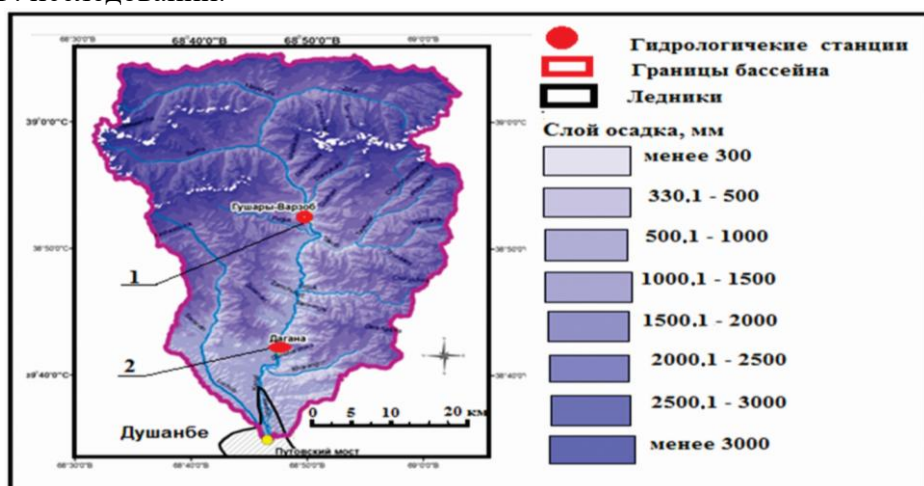


Рисунок 3.12. - Величина слоя осадков на территории бассейна р. Варзоб

Используя модель распределения осадков с высотой, построенную на климатических данных осадкомеров, и ЦМР была построена климатическая карта распределения осадков по территории бассейна.

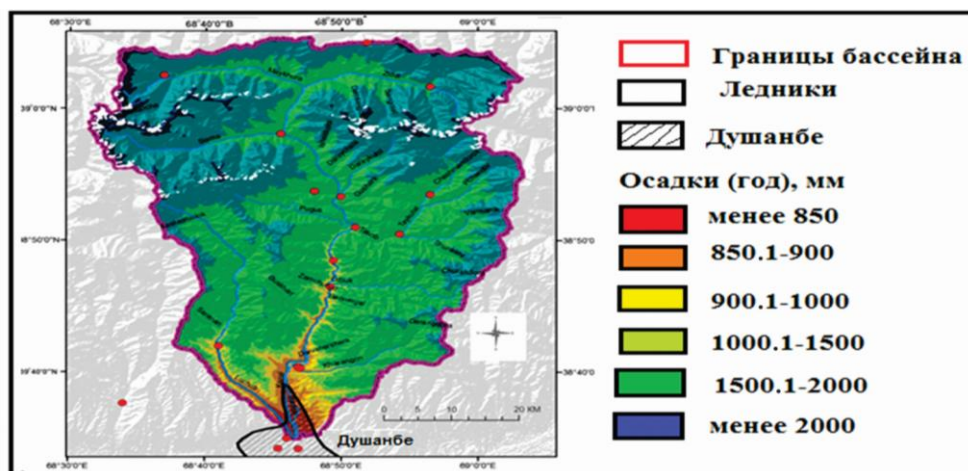


Рисунок 3.13. - Климатическое распределение осадков по бассейну реки Варзоб

В районе Анзобского перевала происходит уменьшение количества осадков, связанное с чисто местными условиями, что, отчасти подтверждается сравнением годовой суммы осадков по данным наблюдения, в районе перевала (3580 м) и районе Майхуринского месторождения (3300 м), которое отстоит от перевала не более 10-15 км, но имеет несколько другие ориентации склона и направление ущелья, чем перевала. Ниже приведен график колебания месячных сумм осадков обоих этих пунктов (рисунок 3.14), который наглядно показывает колоссальную разницу в ходе показаний станций. Как видно из графика, большая разница в месячных суммах осадков приходит на осенний и весенний периоды, в то время как летом это разница фактически равна нулю. Годовая сумма осадков по показаниям этих станций имеет разницу в 1248 мм (Анзобской перевал 250 мм, Майхуринское месторождение 1517 мм).

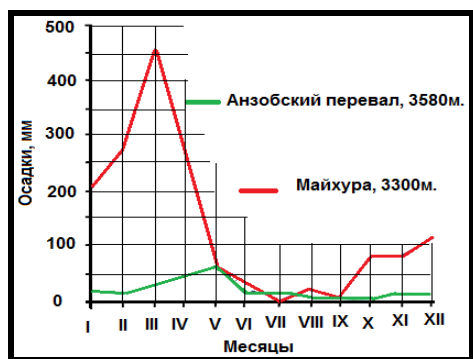


Рисунок 3.14. - График колебания месячного количества осадков. (ГМС «Анзобский перевал» и «Майхура»)

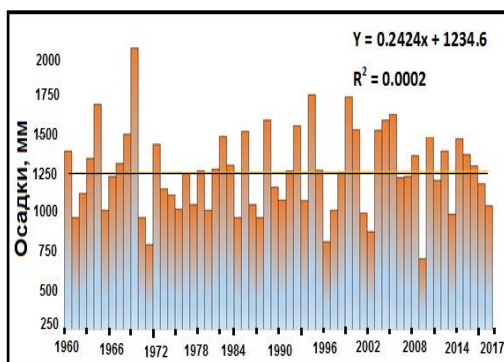


Рисунок 3.15. - Многолетний ход осадков на ГМС Гушары

Установлено, что на станции Гушары (рисунок 3.15) за период с 1988 по 2002 года осадки были выше нормы на 3,4%. За указанный выше период на территории бассейна за год выпадало 1,46 км³ осадков, что указывает на то, что имела место слабая тенденция к их снижению со скоростью 0,2% в год.

Анализ и оценка изменений количества осадков за период с 1963 по 2005 годы были осуществлены по данным станций Душанбе, Харамкуль и Гушары, позволившие выявить положительную тенденцию осадков (рисунок 3.16).

На основе полученных результатов исследований получены данные по уточнению тенденции изменения осадков до 2017 г. по станциям Гушары и Душанбе (рисунок 3.17).

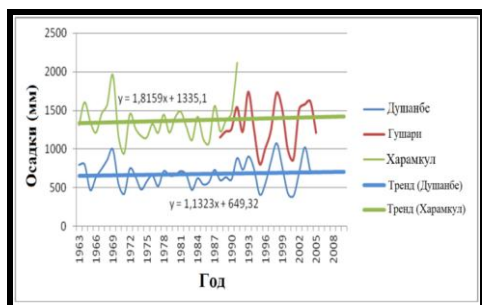


Рисунок 3.16. - Тенденция изменения осадков

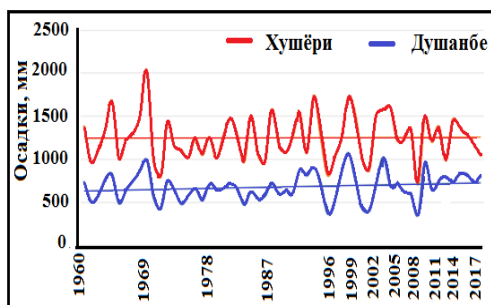


Рисунок 3.17. - Тенденция (уточненная) изменения осадков

На рисунке 3.18. приведены данные по процентному изменению осадков к климатической норме по станциям Душанбе и Харамкул.

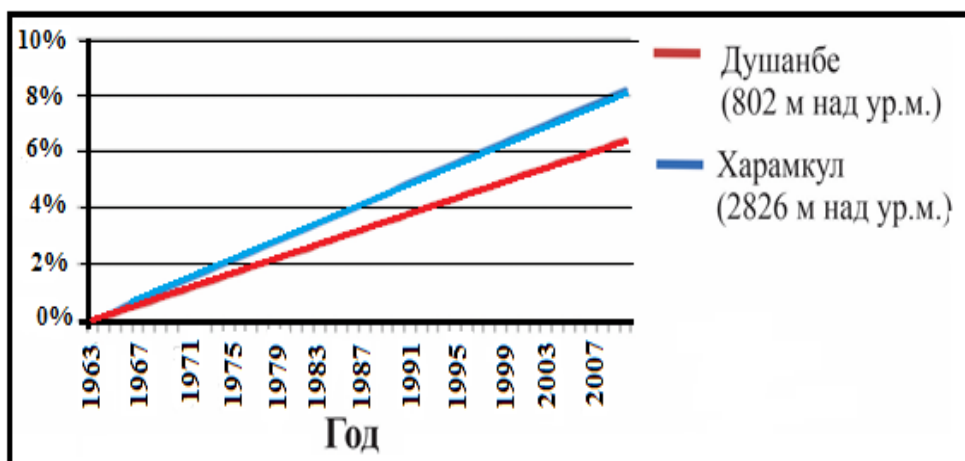


Рисунок 3.18. - Процент изменения осадков к климатической норме

Результаты исследований позволили установить, что скорость увеличения осадков в предгорьях (метеостанция Душанбе) за 10 лет составляла 11 мм или 1,7%. В тоже время в горах Гиссара (метеостанция Харамкул) осадки за 10 лет увеличивались на 18 мм или 1,4 %. Таким образом, несмотря на относительно высокое увеличение осадков в предгорьях, в горах, по абсолютной величине, стало выпадать больше осадков.

3.3.4. Анализ и оценка изменчивости площади оледенения бассейна реки Варзоб

Оценка современного состояния оледенения бассейн реки Варзоб, проводился на окончание периода абляции в различные годы в восьми спектральных диапазонах (программа Landsat), а также использована цифровая карта рельефа (DEM) полученная на основании данных радар-

ного дистанционного зондирования. Сравнительный анализ, с существующими фондовыми материалами позволил проследить изменение площади оледенения исследуемых территорий за многолетний период.

«Одним из крупнейших проектов, выполненных советскими гляциологами в 1960–1980-х гг., было создание Каталога ледников СССР. Он состоит из 69 книг и охватывает 23 ледниковые системы общей площадью (на то время) 78 240,65 км². Площадь ледниковых систем характеризуется в нём по состоянию на 1940–1970-е гг. В 1990-е гг. Каталог ледников СССР стал частью Мирового каталога ледников» [101-104].

«Изменение площади ледников (в большую или меньшую сторону), происходят с различной скоростью и зависят, в основном от изменения как летних температур воздуха, так и от твёрдых атмосферных осадков, связанные с изменениями общей циркуляции атмосферы»[105].

Анализ и оценка данных представленные в Каталоге ледников [34] позволил установить, что общая площадь 95 ледников в бассейне р. Варзоб по состоянию на 1953 г., составляла 35,02 км².

По состоянию на 1980 год [39,106] в бассейне р. Варзоб насчитывалось 147 ледников, размером более 0,1 км², общая площадью которых составляла 26,99 км². В тоже время на основе расчета оледенения по данным спутниковых снимков Landsat (рисунок 3.19 (I)) за 2001 год показывает, установлено, что общая площадь оледенения составляет в 26,97 км².

Следовательно, по состоянию на 1957 год, в 2001 году площадь оледенения уменьшилась на 23%, а относительно 1980 года, площадь оледенения уменьшилась на 0,1%.

Таким образом, проведенный анализ позволил установить, что за 27 лет, (с 1953 г. по 1980 г.) площадь оледенения уменьшилась на 22,9%, а за 21 год с 1980 г. по 2001 г. она уменьшилась на 0,1% (таблица 3.8 и таблица 3.9).

Таблица 3.8.

Изменение характеристик оледенения в бассейне р. Варзоб

Характеристика	Площадь, км ² всего Каталог (1953)	Площадь, км ² всего, каталог Щетинникова (1980)	Площадь, км ² всего по Landsat (07.08.1998)	Площадь, км ² всего по Landsat (2001)
Общая площадь	35.02	26.99	37.71	26.97
Количество ледников	95	95	95	95
Площадь ледников	0.37	0.28	0.40	0.28
Отклонение площади (от 1953 г), %)		22.9%		23.0%

Таблица 3.9

Площадь оледенения бассейна р. Варзоб

Год	Варзоб Fg, км ²	Источник
1957	35.02	Каталог
1980	26.99	Щетинников (1980)
2001	26.97	А. Финаев

Современное оледенение территории бассейна реки Варзоб было получено также посредством космических снимков Sentinel 2A на 2021 год. Контуры ледников проводились вручную в программе QGIS. Снимки скачивались в период конец августа начало сентября так как в это время ледники максимально открыты от снежного покрова. Общая площадь (приблизительная) оледенения бассейна р. Варзоб, по состоянию 2021 г. составляет более 27 км².

Нами при помощи беспилотных летательных аппаратов Научно-исследовательского центра экологии и окружающей среды Центральной Азии (Душанбе) проведены исследования оледенения бассейна реки Варзоб.

Все вышеперечисленные преимущества съемки с БПЛА объясняют, почему именно этот метод был выбран в качестве основного в данном исследовании, целью которого был мониторинг бассейна реки Варзоб. В ходе представленного исследования осуществлялась аэрофото и видеосъемка с использованием БПЛА самолетного типа QC-2 Micro (Таблица 3.10).

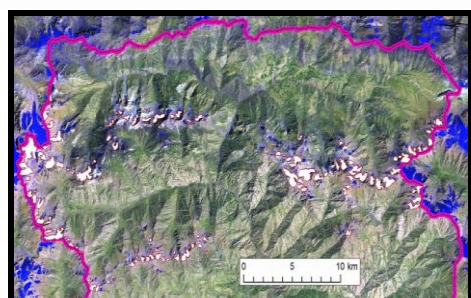
Таблица 3.10.

Основные технические характеристики БПЛА QC-2 Micro UAV

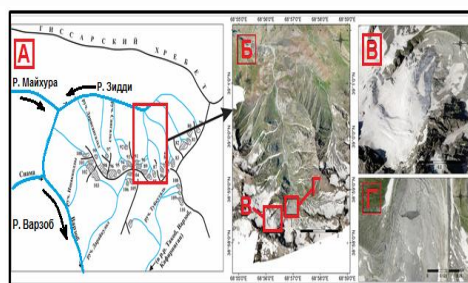
БПЛА QC-2 Micro UAV	Основные технические характеристики	
	Длина	1.1 м
	Ширина	1.8 м
	Макс. Загрузка	0.5 кг
	Взлётный вес	3.5 кг
	Крейсерская скорость	60 км/ч
	Макс. высота н.у.м.	5000 м
	Длительность полёта	около 1 час

При содействии специалистов данного центра, с использованием БПЛА самолетного типа QC-2 микро (таблица 3.10) с 14 по 16 июля 2022

года произведены аэрофотоснимки ледников в бассейнах рек Зидди (левый приток). Полученные аэрофотоснимки с разрешением снимков 22 см позволили подтвердить уменьшения площади оледенения на данной территории исследований. Результаты обработки данных аэрофотосъемки, приведены на рисунке 3.19 (II).



I)



II)

Рисунок 3.19. - (I) - Оледенение бассейна р. Варзоб. (II) - А- Схема расположения ледников в бассейнах рек Зидди и Варзоб; Б,Б', и Г – Результаты аэрофотосъемки ледников бассейна р. Зидди с использованием беспилотных летательным аппаратов. (Аэрофотосъемки осуществлены Сафаровым М.С и Гулаёзовым М.Ш.)

Анализ аэрофотоснимков (1957г.) позволил выявить одну из причин уменьшения площади оледенения, связанное с учетом, в конце зимы, территорий заснеженных склонов верхних зон ледников, подтверждающие тезис о том, что уменьшение общей площади происходило за счет учета верхних частей ледников [107,108], что ведет к завышению величины уменьшения площади оледенения. К такому выводу пришли также Г.Б. Осипова и Д.Г. Цветков [109]. Второй, более реальной причиной может быть увеличение климатической температуры воздуха.

На наш взгляд, в условиях бассейна реки Варзоб, преобладают оба эти факторов.

Ниже рассмотрим ряд существующих рекомендаций по расчету оценки объема горного оледенения.

Оценка объема льда [110] осуществляется несколькими способами. В основу формул (3.8) положена корреляционная связь между объемом (Q) и площадью (S) ледника в виде степенной функции [111]

$$Q = kS^p \quad (3.8)$$

где коэффициенты k и p зависят от типа ледника и расположения горно-ледниковой системы и могут изменяться в широких пределах.

Ерасов Н. В. предложил следующую формулу (3.9) [110]:

$$Q = 0.027S^{1.5} \quad (3.9)$$

На основе анализа и оценки методов расчета, для условий Центрально- Азиатского региона, установлено, что при расчете объема оледенения наиболее точные результаты, с наименьшими ошибками, можно получить применив формулу (3.10) В.А. Кузьмиченка. Нами для сравнительного анализа получаемых расчетных величин объема оледенения бассейна использованы две рекомендации:

- по формуле Кузьмиченка В.А. ($Q=0.03782 \cdot S^{1.23}$). (3.10)
- по формуле (3.9) Ерасова Н.В. ($Q=0.027 \cdot S^{1.5}$),

Результаты расчетов представлены в таблице 3.11.

Таблица 3.11.

Расчет объема льда в ледниках бассейна р. Варзоб

Индикатор	1953	1980	2001
Общая площадь оледенения (км ²)	35.02	26.99	26.97
Средняя площадь ледника	0.37	0.28	0.28
Средний объем ледника (по Ерасову)	0.00604	0.00409	0.00408
Общий объем оледенения (по Ерасову)	0.57408	0.38842	0.38799
Средний объем ледника (по Кузьмиченку)	0.01108	0.00804	0.00804
Общий объем оледенения (по Кузьмиченку)	1.05282	0.76423	0.76353
Общий объем оледенения (по Ерасову), %	100%	68%	68%
Общий объем оледенения (по Кузьмиченку), %	100%	73%	73%
Общая площадь оледенения, %	100%	77%	77%
Изменение			
Изменение общего объема (по Ерасову), %	0%	-32%	-32%
Изменение общего объема (по Кузьмиченку), %	0%	-27%	-27%
Изменение общей площади, %	0%	-23%	-23%

В частности нами в результате анализа существующих данных изменения площади оледенения и его объема установлено, (1953-1980гг.) приведенные характеристики изменились в сторону уменьшения на 23-32%

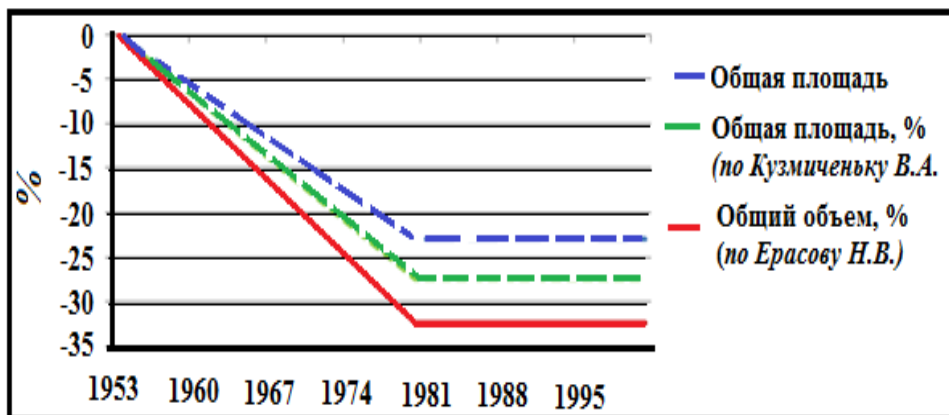


Рисунок 3.20. - Относительное изменение площади оледенения и объема льда по сравнению с исходным периодом

«В настоящее время (самая теплая фаза позднего голоцена) усиленная деградация оледенения объясняется сочетанием естественного температурного тренда с парниковым эффектом. При повышении температуры увеличивается количество талой воды под ледниками, лед становится более "текучим", возрастает скорость движения ледника. А так как приход меньше расхода, то деградация идет быстрее. Это второй фактор, кроме таяния, способствующий сокращению оледенения.

Ледник Якарча и другие ледники бассейна Варзоба, а также Ханаки, Каратага и Кафирнигана исчезнут, так как их площадь и толщина незначительны. В результате уменьшится летний, ледниковый сток этих рек, на смену снегово-ледниковому питанию придет снежно-дождевое и снеговое, когда половодье по рекам прокатывается весной, а летом расход падает. В период июль - сентябрь реки будут питаться только родниками и редкими дождями. Для снабжения города Душанбе воды хватит, а для наполнения Большого Гиссарского и других каналов, для работы Варзобского каскада ГЭС воды, скорее всего, не будет хватать» [112].

Глава 4. ОСОБЕННОСТИ ЗОНЫ ФОРМИРОВАНИЯ СТОКА РЕКИ ВАРЗОБ В УСЛОВИЯХ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА

4.1. Исследования и оценка водного баланса реки Варзоб

Водный баланс (корреляция прихода и расхода воды на исследуемой территории за выбранный интервал времени), отражающий состояние водной обеспеченности бассейна, является одним из значимых показателей состояния исследуемой экосистемы. В случае присутствия хозяйственной деятельности человека, следует иметь в виду, что это водохозяйственный баланс и при минусовом показателе данного критерия, необходимо разработать меры способствующие достижения данного соотношения к равновесию. К сожалению, в настоящее время, из-за антропогенного воздействия на окружающую среду, практически во всех речных бассейнах наблюдается отрицательный водный баланс.

«Произошедшие за последние 150 лет изменения водного баланса в глобальном масштабе связаны, главным образом, с хозяйственной деятельностью человека и значительно превышают изменения, произошедшие за предшествующее тысячелетие» [113–115]. «С начала XX в. происходит рост глобальной приземной температуры воздуха, причем темпы потепления неоднородны, выделяются три периода: потепление 1910–1945 гг., относительное постоянство 1946–1975 гг. и наиболее интенсивное потепление после 1976 г.» [116].

«Рост температуры воздуха ведет к росту влажности воздуха и, как следствие, осадков. При том, что в отдельных регионах может наблюдаться как рост, так и сокращение количества осадков в зависимости от изменения атмосферной циркуляции, в среднем для мира при росте глобальной температуры воздуха на 1° С происходит рост количества осадков (P) на 1,65 %» [117].

«Воздействие изменения климата на величину испарения (E) неоднозначно, хотя в целом положительно. Главными факторами, обуславливающими рост испарения, являются рост осадков, дефицита влажности воздуха, суммарной радиации и увеличение продолжительности вегетационного периода» [118].

«В то же время рост концентрации CO_2 , являющийся основным фактором изменения климата, приводит к тому, что процесс фотосинтеза у растений становится более эффективным, а величина транспирации меньше» [119,120].

«Рост выбросов аэрозолей в 1950–1985 гг. привел к снижению величин прямой и суммарной солнечной радиации, что стало главной причиной снижения величины потенциального испарения (PET) за этот период» [120,121].

"Глобальное изменение климата, несомненно, существенным образом затронуло территорию Таджикистана и нашло своё отрицательное воздействие на отдельные составляющие водного баланса - температура и осадки» [28-30]. Основной причиной отсутствия решения данной задачи по выявлению закономерности влияния данных факторов, является наличие горного рельефа территории, а также недостаточное объём информации с сети мониторинга. Одним из причин также является то, что в зимний период в горах аккумулируется большое количество воды в виде снега и льда, а летом для потребностей ирригации используются талые воды. Климатические изменения, несомненно, влияют на годовой цикл этих процессов, результаты исследований которых изложены специалистами показано в более ранних трудах [39,123-127]. Естественно, изменение временных режимов этих процессов под воздействием изменения климата существенно влияет на отдельные сектора экономики и продовольственную безопасность страны.

В настоящее время современные методы, способы и новые технологии с использованием данных дистанционного зондирования (ДДЗ), моделирования с применением геоинформационных систем (ГИС) позволяет реально оценить изменение гидрометеорологических параметров на всей территории бассейна, что способствует реальной оценке воздействия климатических изменений на водный баланс бассейна. Необходимость реализации исследований в данном направлении стало одним из задач настоящей работы.

Одной из задач диссертационных исследований определено - развитие методики использования данных дистанционного зондирования и геоинформационных технологий для оценки изменения климата и водного баланса реки в условиях горной местности при недостатке информации наземных наблюдений.

Как известно, основными метеорологическими параметрами, характеризующие изменение климата и водного баланса бассейна реки, являются температура и осадки. Осадки формируют водный баланс речного бассейна, а температура влияет на физическое состояние воды, формирование аккумуляции и абляции снега и ледников.

Одним из направлений исследований было развитие методики использования данных дистанционного зондирования и геоинформационных технологий для оценки изменения климата и водного баланса реки в условиях горной местности при недостатке информации наземных наблюдений.

Объектом исследования, как было отмечено выше, с учетом наибольшей плотности гидрометеорологических станций и, наибольшего количества наземной информации, был выбран бассейн реки Варзоб, с его водными ресурсами и водными объектами. Наличие значительной информационной базы, за исключением горных районов, где недостаточно данных наземных наблюдений, позволила достоверно

провести калибровку и интерпретацию данных дистанционного зондирования. Следует также отметить, что практически вся территория бассейна р. Варзоб доступна для исследований, позволяющая минимизировать затраты на выполнение экспедиционных работ, с учетом необходимости анализа и оценки влияния изменения климата на состояние водных ресурсов бассейна р. Варзоб с использованием данных дистанционного зондирования и геоинформационных систем.

С целью оценки величины составляющих водного баланса различных регионов Таджикистана были использованы карты Таджикской ССР [6]. Результаты приведены в таблице 4.1.

Таблица 4.1.

Водный баланс отдельных районов Таджикистана

Район	Осадки, Р мм	Сток, У мм	Испарение, Z мм	Невязка ба- ланса, мм/%
Долины Восточного Памира	50-100	30-60	50-60	-20-30/ 20-60
Куляб	400-500	30	500-600	-130 /25-35
Гиссарская долина	700-800	700-1000	200-400	-300-400/40-50
В среднем по Таджикистану	500	365	265	-130/26

Как видно из таблицы 4.1, из-за недостаточной гидрометеорологической освещенности, отсутствия для горных условий корректного способа расчета испарения и единого стандарта в построении карт элементов баланса, по территории РТ, выявлены значительные изменения компонентов водного баланса, причем величины элементов баланса рассчитаны с погрешностями.

Основные причины:

- недостаточная гидрометеорологическая обеспеченность;
- необходимость разработки методики расчета испарения для горно-предгорной зоны;
- потребность в создании стандарта для получения карт составляющих компонентов водного баланса.

4.2. Исследования климатических переменных зоны формирования стока реки Варзоб

«Основным климатическим фактором, влияющим на величину среднего многолетнего стока рек, как известно, являются атмосферные осадки, которые обуславливают формирование и развитие стока» [128-130]. Однако, на данный показатель влияют не только атмосферные осадки, но также и температура воздуха и его гигрометрическое состояние,

определяющие потери на испарение [131,132]. Если осадки определяют приходную часть водного баланса, то температура и гигрометрическое состояние воздуха определяют расходную часть водного баланса. Поскольку осадки и температура воздуха так или иначе играют определенную роль в формировании речного стока, то здесь будет вполне уместно дать обзор распределения осадка и температурного режима зоны формирования стока реки Варзоб, в период 1960-2018 годы, реализуемый по данным метеорологической станции «Анзобский перевал».

Климатические характеристики МС Анзобский перевал (верховье)

Метеорологическая станция, координаты:

Анзобский перевал	Anzob pass	Метеорологический код 38719	39 °05`	68 °52`
-------------------	------------	-----------------------------	---------	---------

По рекомендации Всемирной метеорологической организации (ВМО) принят период осреднения в 30 лет, причем климат тридцатилетия 1961–90 гг. считается базовым [81], с которым сравниваются климатические условия других периодов.

В настоящей работе исследовались ряды данных с периодом наблюдений 58 года. Для оценки изменений среднемесячных осадков весь временной интервал был разделен на 2 климатических периода (КП): с 1960 по 1990 (Рисунок 4.1 и 4.2), и с 1990 по 2018 (Рисунок 4.3. и 4.4).

На основе мониторинга осадков за период 1960-1990 годы в верховьях реки Варзоб по данным метеорологической станции «Анзобский перевал» (зона зарождения) установлено, что самым интенсивным месяцем по осадкам является апрель и самым маловодным - сентябрь.

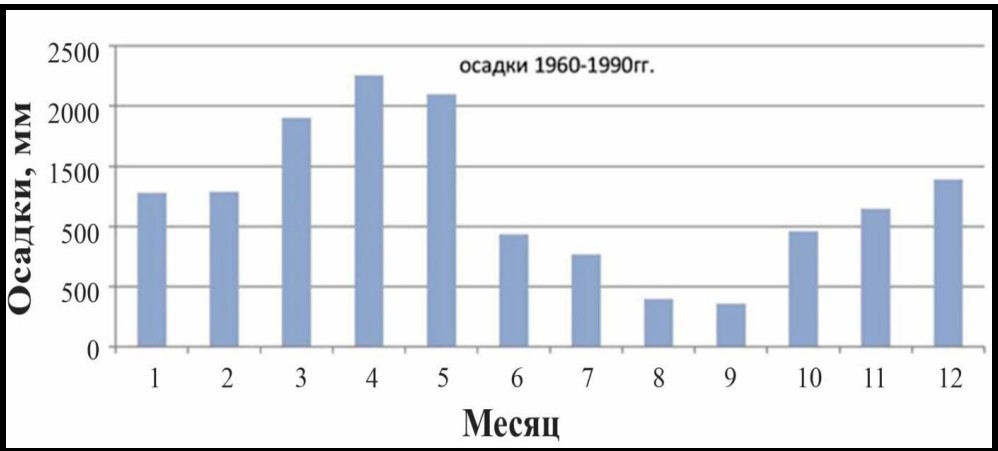


Рисунок 4.1. - Среднемесячные осадки в период 1960-1990 годы по данным метеорологической станции «Анзобский перевал»

На основе анализа и оценки показателей периода 1960-1990 годов установлены годы с максимальным количеством выпадения осадков - 1963, 1969 годы, и с минимальным их количеством осадков - 1971 год. Полученный график позволяет выявить цикличность повторения годов с неустойчивым выпадением осадков.

Анализ линии тренда (Рисунок 4.2) за исследуемый промежуток времени позволил установить, что в целом наблюдается период относительно стабильного многолетнего выпадения осадков.

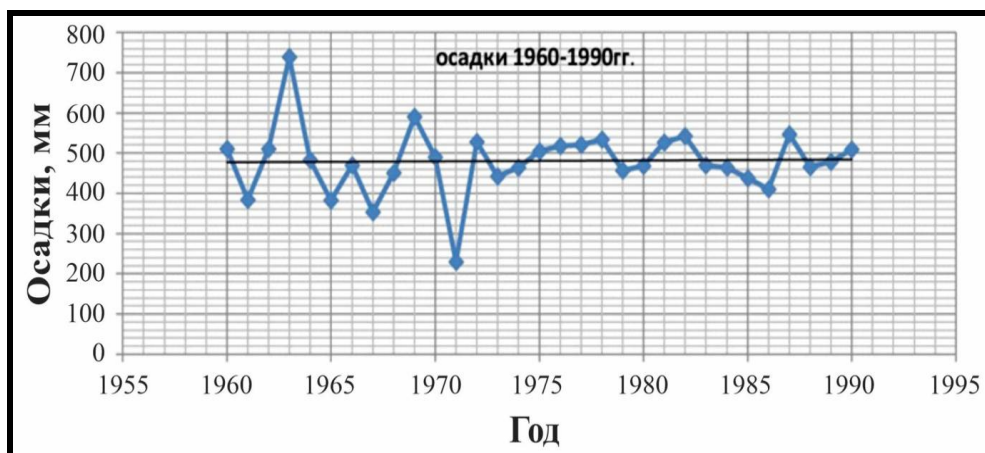


Рисунок 4.2. - Тенденция изменения осадков по данным метеорологической станции «Анзобский перевал»

Период 1991-2018 годы по осадкам:

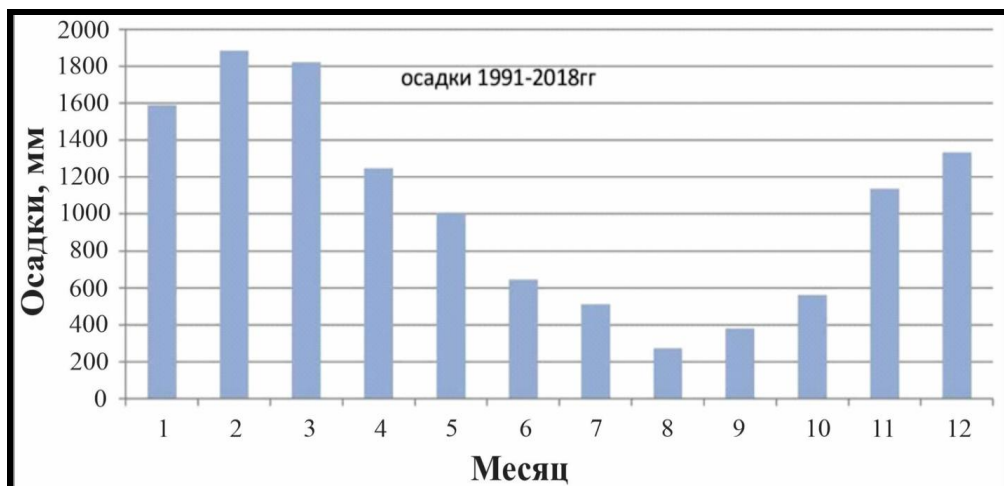


Рисунок 4.3. - Среднемесячные осадки в период 1991-2018 годы по данным метеорологической станции «Анзобский перевал»

В таблице 4.2. приведены результаты сравнительного анализа многолетних осадков бассейна реки Варзоб.

Таблица 4.2.
Сравнительный анализ среднемноголетних осадков бассейна реки Варзоб

Метеостанции	Высота над уровнем моря, м	Годовая осадка, мм	Холодный период (XI-III), мм	Тёплый период (IV-X), мм
Душанбе (арго) (1946-2017 гг.)	800	670.183	421.54	248.6
Гушари (1946-2017 гг.)	1361	1251.897	757.4	494.47
Майхура (1964-2016 гг.)	1922	1111.96	713.3	398.65
Анзоб	3373	494		

Анализ и оценка полученных результатов (Рисунок 4.3) за период 1991-2018 годы позволил выявить, что период выпадения осадков частично изменился во временном выпадении, т.е. наблюдается увеличение осадков в феврале и марте и уменьшение их в апреле месяце. Подтверждено, что наиболее сухим периодом является август месяц.

Результаты исследований (Рисунок 4.4) за период 1991-2018 годы позволили определить годы:

- с максимальным количеством выпадения осадков: 1991, 1993, 2004, 2006, 2009, 2011;
- с минимальным количеством 1996, 2000, 2001, 2002, 2003, 2008, 2010, 2012-2016.

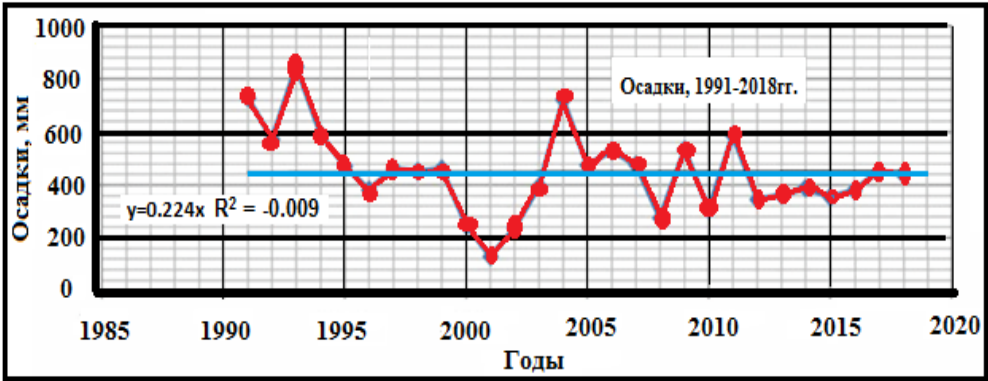


Рисунок 4.4. - Многолетний ход осадков на станции Анзобский перевал

Анализ и оценка полученного графика позволил установить выделить цикличность повторения годов с неустойчивым выпадением осадков, т.е. резкие скачки по выпадению осадков, а также сильные всплески для годов как с большим количеством осадков, так и с наименьшим количеством осадков.

Установлено, что за исследуемый период общий тренд зафиксировал частичное небольшое увеличение осадков.

Таким образом, проведенные исследования позволили:

- выявить характер распределения атмосферных осадков, как жидких, так и твердых, для горных и предгорных условий Таджикистана (на примере бассейна р. Варзоб), представляющий из себя сложную, вместе с тем вполне обоснованную картину;
- подтвердить, что величина атмосферных осадков зависит не только от общей циркуляции воздушных масс, но и от особенностей орографии местности и главным образом от экспозиции и направления главных хребтов и их отрогов.

Температура воздуха. Анализ результатов исследований метеорологических данных за период 1960-1990 годы (рисунок 4.5 и рисунок 4.6) позволил установить, что июль - самый теплый месяц, а январь является самым холодным месяцем в году.

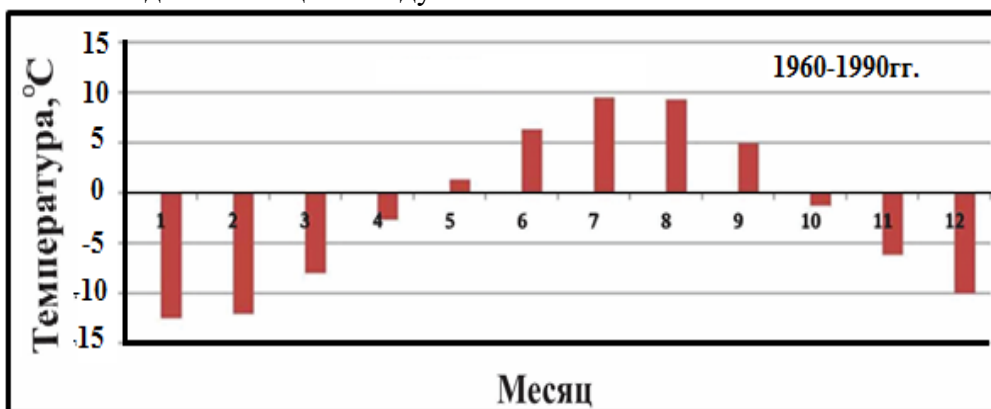


Рисунок 4.5. - Многолетний ход температуры воздуха на станции Анзобский перевал (период 1960-1990гг.)

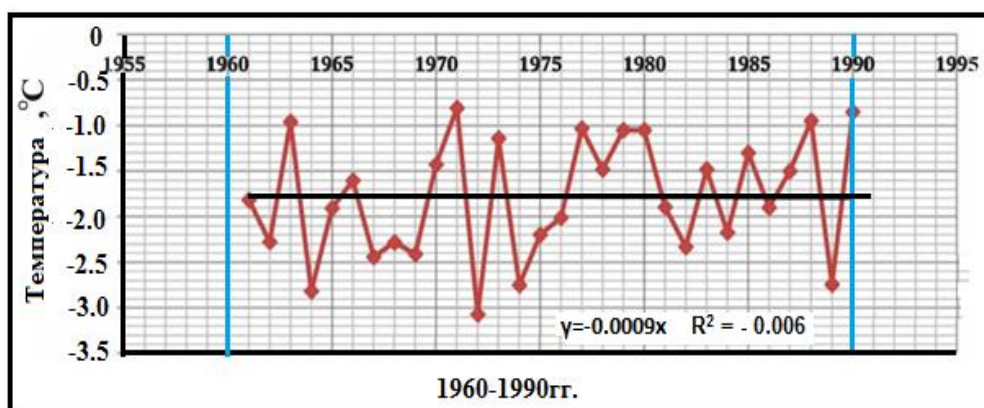


Рисунок 4.6. - Изменение среднегодовой температуры за различные климатические периоды для станции Анзобский перевал (период 1960-1990гг.)

На основе результатов исследований значения температур по годам (1960-1990гг.) выявлено явное преобладание минусовой температуры а за промежутки времени в тридцать лет, не наблюдается понижение температуры, что свидетельствует о стабильности данного периода.

Результаты мониторинга метеорологических данных второго периода (1991-2018гг.) позволили установить, что самыми теплыми месяцами в году считается - июль и август, а самым холодным - январь (рисунок 4.7 и рисунок 4.8).



Рисунок 4.7. - Многолетний ход температуры воздуха на станции Анзобский перевал (период 1991-2018гг.)

Обобщая полученные результаты исследований мониторинга по температуре за период 1990-2018 годы можно сделать вывод о том, что линия тренда отображает режим стабильной минусовой температуры. Но следует отметить, что небольшой всплеск температуры 2017 года, за пределы нулевой отметки, можно считать относительно аномальным годом.



Рисунок 4.8. - Изменение среднегодовой температуры за различные климатические периоды для станции Анзобский перевал (период 1991-2018гг.)

Итоговая оценка мониторинга температуры, за рассматриваемый полный промежуток времени исследований, с 1960-2018 годы, подтвердила факт того, что линия тренда (рисунок 4.9) отображает не значительное падение температуры, равная относительно значению -0.1°C мороза.

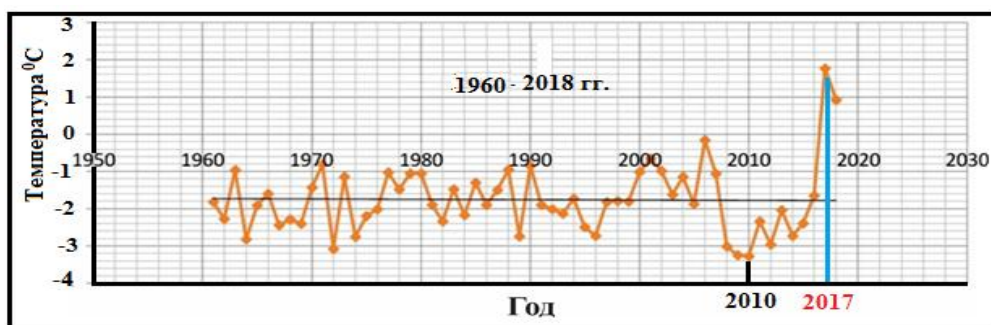


Рисунок 4.9. - Изменение среднегодовой температуры за вес климатические периоды наблюдения для станции Анзобский перевал

Следует отметить, что зимний период в верхнем течении реки Варзоб очень суровый, а температурный фон данного периода практически не соответствует времени года, с относительно минусовыми значениями для календарных месяцев зимы - декабрь, январь и февраль. Наступление плюсовой погоды, с мая месяца, является признаком наступления весны, а с начала октября месяца температурный фон снова начинает показывать минусовую погоду, что является предвестником начала арктической высокогорной зимы. При этом, установлено, что общее количество зимних месяцев составляет 7 холодных месяцев, а остальные 5 месяцев отнесены к тёплым месяцам в году.

4.3. Исследования влияния залегания снежного покрова бассейна реки Варзоб на сток в условиях климатических изменений

«Климатический фон и горный рельеф, на территории Таджикистана, создают природные условия для формирования водных ресурсов, образующиеся в результате выпадения твердых и жидких осадков. При этом, поддержание ледников и образование водных запасов, формирующие речной сток в летний период обеспечивается за счет накопления снега в зимний» [133-135].

«Формирование стока, представляющий собой сложный процесс, зависит не только от комплекса физико-географических условий, но также и от деятельности людей. Основным фактором формирования стока является климат влияющий на данный процесс, как непосредственно (посредством осадков и испаряемости) так и, и опосредованно - через почву, рельеф, растительность и т.д.» [136-140].

Твердые атмосферные осадки выпадая, главным образом, в виде снега в холодный период года представляют собой мощный фактор аккумуляции влаги. Длительность залегания снежного покрова, его максимальная высота сильно зависят от количества выпавших осадков, в данном случае – снега.

Причем из всех климатических факторов главенствующую роль в формировании речного стока, в его распределении внутри года и в многолетнем аспекте, принадлежит атмосферным осадкам, вообще, и твердым осадкам, в частности [141-143].

Одними из первых работ по исследованию снежного покрова являются труды А.И. Воейкова [144], П.П. Кузьмина [145] и Г.Д. Рихтера [146]. В них рассмотрены районирование территории стран бывшего СССР по характеру снежного покрова а также особенности формирования снега.

«Реки - продукт климата», - хорошо известное высказывание А.И. Воейкова особенно очевидно при анализе стока рек, расположенных в разных климатических (природных, ландшафтных) поясах или зонах. На малых водосборах не только горных, но и равнинных, возрастает роль рельефа (высоты, пространственной ориентации склонов, их уклона), увеличивающего разнообразие ландшафтных условий формирования склонового и руслового стока воды [147].

Влияние рельефа, в особенности гор, на формирование стока значительно. При этом, с высотой существенно изменяются физико-географические условия (высотная поясность), [148] а количество осадков до определенного предела также возрастает, что ведет к изменению то есть увеличению стока, что особенно заметно на наветренных склонах. Во внутренних частях же горных областей сток меньше, чем в периферических. Следует отметить, что «важное значение приобретает рельеф для формирования стока в связи с распределением снежного покрова» [149-154].

В отличие от низменностей, в горах Таджикистана снежный покров не представляет собой явление эпизодическое и сохраняется более или менее длительное время в зависимости от высоты местности, а в условиях больших высот склонов, он лежит иногда непрерывно на протяжении многих месяцев.

По продолжительности залегания устойчивого снежного покрова территория Таджикистана подразделяется на пять районов: Бассейн реки Зеравшан; Центральный Таджикистан; Западный Памир; Восточный Памир; Южный Таджикистан.

На территории Южного Таджикистана устойчивый снежный покров не образуется [155].

На основе анализа и оценки существующих данных приведены в таблице 4.3, среднесноголетние даты установления и схода снежного покрова на территории Таджикистана по: бассейну реки Зеравшан (1); Центральному Таджикистану (2); Западному Памиру (3); Восточному Памиру (4).

Таблица 4.3.

Среднемноголетние даты установления и схода снежного покрова на территории Таджикистана

Высота над ур. море	Дата первого снега				Дата разрушения			
	1	2	3	4	1	2	3	4
1500		21.12	10.01			11.03	24.02	
2000	4.01	5.12	25.12		27.02	3.04	18.03	
2500	17.12	21.11	9.12		18.03	27.04	9.04	
3000	30.11	5.11	23.11	18.12	5.04	20.05	1.05	19.03
3500		20.10	7.11	30.11		12.06	24.05	14.04
4000		4.10				5.07		

Результаты исследований продолжительности стояния снежного покрова полученные на основе данных отдельных станций (Айвадж, Анзобский перевал, Рашт, Обигарм, Сангвор, Шаартуз, Шахринав) приведены на рисунке 4.10. Как видно из графика на территории Айвадж (юг Таджикистана, где наблюдался абсолютный максимум температуры воздуха $+47^{\circ}\text{C}$) практически отсутствуют данные по максимальному стоянию снежного покрова, тогда как на Анзобском перевале данный показатель составляет до 260 дней.

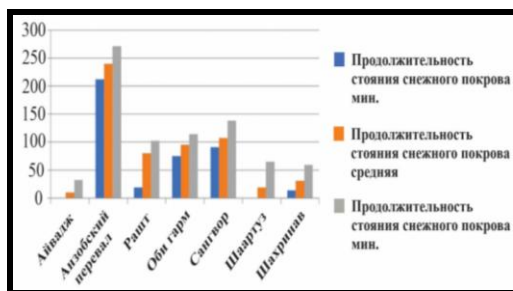


Рисунок 4.10. - Продолжительность стояния снежного покрова

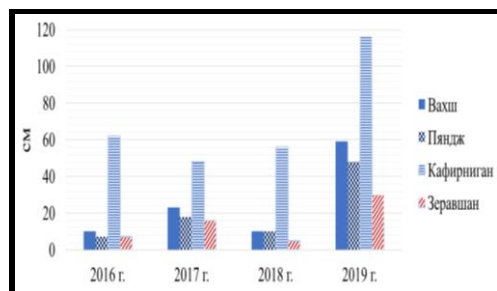


Рисунок 4.11. - Средние значения залегания снежной толщи в январь-феврале месяцах

На рисунке 4.11 для сравнения представлены результаты анализа среднего значения залегания снежной толщи в январь-февраль месяцы по бассейнам рек Вахш, Пяндж, Кафирниган, Зеравшан.

Исследования и мониторинг запаса снега в бассейне реки Варзоб были осуществлены с использованием данных Анзобской метеостанции, Майхуринской снеголавинной станции и Селевой станции Агентства по гидрометеорологии Комитета охраны окружающей среды при Правительстве Республики Таджикистан. На рисунке 4.12 приведен график среднегодового залегания снежной толщи в период 2015-2020 годов, в бассейне реки Варзоб.

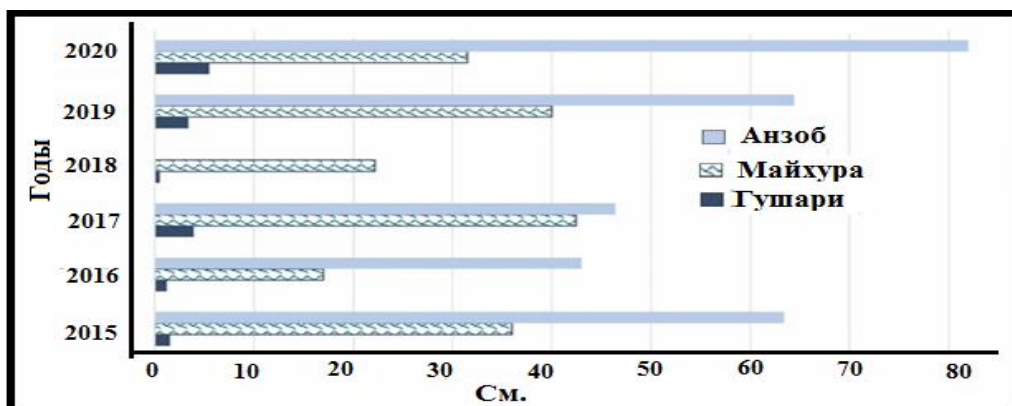


Рисунок 4.12. - Среднегодовое залегание снежной толщи в период 2015-2020 годов

На основе анализа и оценки среднегодового залегания снежной толщи в период 2015-2020 годов (рисунок 4.12), установлено, что за период 2016 – 2017 годы наблюдается уменьшение снежной толщи (42-46 см.), а в 2020 данный показатель составил 81 см., т.е. толщина снежного покрова увеличилась. На наш взгляд, одной из причин может быть прекращение интенсивного движения транспорта по старой трассе через перевал Анзоб (проезд осуществляется через тоннель «Истиклол»), резкое уменьшение загазованности окружающей среды от выбросов выхлопных газов транспортных средств.

Одной из основных задач наших исследований было установление зависимости стока р. Варзоб от снежных запасов, с определением максимального стока и периода межени. Для реализации данных исследований использованы данные 2015 года, полученные единственной, расположенной в бассейне реки Варзоб (на высоте более 3000 метров над уровнем моря) метеорологической станции «Анзобский перевал» (рисунок 4.13).

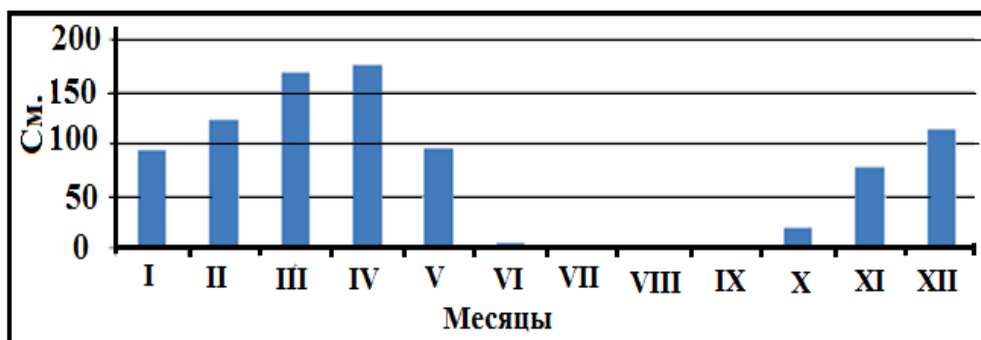


Рисунок 4.13. - Средняя высота снега по данным метеорологической станции «Анзобский перевал»

Анализ результатов приведенные на рисунке 4.13 позволил установить, что максимальный прирост снежного покрова наблюдается в апреле месяце - максимальная высота снега достигает почти 2-х метров (188 см). Следует отметить, что полученные данные — это средние значения - оптимальные для многолетних, полученные по трём рейкам, установленные на данной метеорологической площадке. *Установлено, что существуют отдельные периоды с максимальным приростом снега выше двух метров (240 см по одной из реек установленной на метеорологической площадке).* Но видимо сыграл свою роль горизонтальный перенос снежного покрова, на которую необходимо сделать соответствующую скидку.

Анализом и оценкой результатов исследований (рисунок 4.13) установлено, что снежный покров в течение года наблюдается практически девять месяцев (*январь - июнь, октябрь - декабрь*) и только три месяца (*июль, август, сентябрь*) - период межени считается практически нулевым (при возможном выпадении небольших осадков в виде дождя). При этом снежный покров образовываясь в первой декаде октября, практически больше не тает. Следует отметить, что влажно-сухой снег начинает накапливаться в высокогорной части реки Варзоб и его выпадение не влияет на общий сток реки. Минусовая температура прочно удерживает снежный наст до наступления календарной весны, когда тёплые лучи света начинают насыщать снежный покров теплом в дневное время суток и «выжимать» образовавшуюся воду в ночное время суток. Сток реки в этот период времени считается наиболее полноценным и полноводным.

Следующим этапом исследований был анализ и оценка температурного фона, наблюдавшийся в 2015 году на метеорологической станции «Анзобский перевал» (рисунок 4.14). Установлено, что минусовая температура в высокогорной зоне характерна для семи месяцев - *январь - апрель, октябрь - декабрь*. При этом, самыми холодными месяцами оказались *февраль и декабрь* со средней суточной температурой -15°C мороза, а самым тёплым месяцем с температурой $+10.1^{\circ}\text{C}$ зафиксирован *июль* месяц.

Выявлено, что снежный покров пролежал до июня месяца, что указывает на то, что последняя естественная подпитка речного стока реки Варзоб заканчивается в июне месяце, при этом отмеченные осадки в виде дождя постепенно смывают остатки снежного покрова.

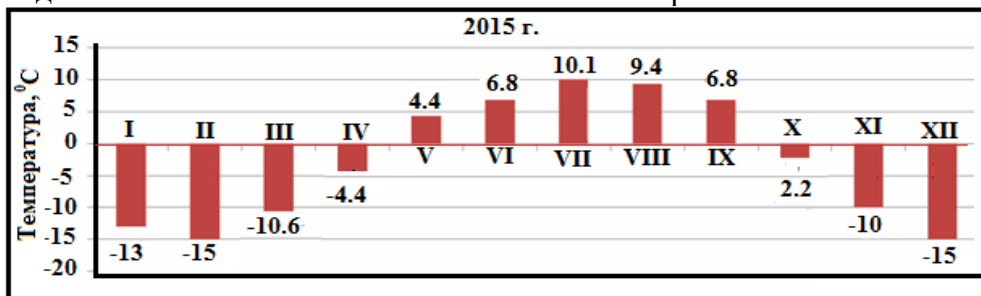


Рисунок 4.14. - Температура по данным метеорологической станции «Анзобский перевал»

На основе полученных данных (рисунок 4.15) определено, что реальное накопление снежного покрова происходит с октября и продолжается до начала апреля, затем осадки в виде дождя начинают смывать накопленный снежный покров, что благотворно влияет на сток реки Варзоб. Осадки, выпадающие в период межени (июль, август, сентябрь) особо не влияют на повышение стока реки.

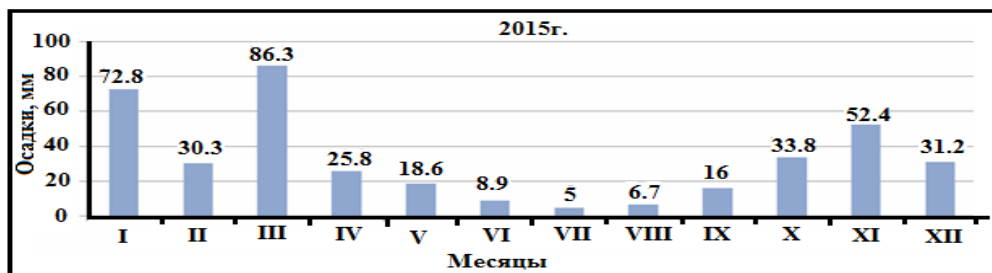


Рисунок 4.15. - Осадки по данным метеорологической станции «Анзобский перевал» за 2015 г.

Водные ресурсы р. Варзоб, имеющие прямую связь с запасами снега и выпадением осадков, являются основным источником в водоснабжении столицы Таджикистана г. Душанбе. Уменьшение запасов снега и рост межгодовых колебаний, наблюдавшиеся за последние 20 лет, установленные в процессе исследований водности и климатических изменений, являются основными факторами сокращения речного стока р. Варзоб.

Проведённый мониторинг по накоплению снежного покрова на высоте более 3000 метров позволили:

- установить факт разницы, как по высоте залегания снежного покрова, так и во временном промежутке времени его накопления и таяния;
- утверждать, о том, что снежный покров на исследуемых территориях зависит от орографических особенностей местности, а также и от высотного положения, изрезанности и неровности склонов с учётом их ориентации и др.

Таким образом, научные исследования состояния снежного покрова в горных районах Республики Таджикистан, характерные контрастностью залегания снега и влияющие на гидрологический режим р. Варзоб, являются одной из актуальных задач в области изучения возможности рационального использования и охраны её водных ресурсов.

Глава 5. АНАЛИЗ И ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ БАССЕЙНА РЕКИ ВАРЗОБ

Переход к рыночным отношениям, характеризующихся свободой деятельности субъектов экономики, по-новому ставит вопрос об институциональном преобразовании и регулировании процессов социально-экономического развития, включающий в себя, прежде всего вопросы экономико-экологических отношений. В новом столетии для всех стран мира, вопросы необходимости экологической модернизации социально-экономической сферы общества и поддержание качества окружающей среды становятся все более проблематичными.

В докладе Генерального секретаря ООН, сделанный в 2000 г., отмечено, что «В результате нарушения экологических структур и варварского отношения к природным ресурсам утеряно 1/3 почвенного слоя, леса на 2/3 вырублены, степи как тип ландшафта утратили почти половину своего генетического разнообразия. Усугубляются проблемы в области обеспечения населения водными ресурсами. Уже сейчас 1/3 мирового населения проживает в странах, испытывающих «водный стресс»: объём потребления воды здесь на 10% превышает объём имеющихся запасов. Уровень грунтовых вод, обеспечивающих водой 1/3 населения планеты, падает в некоторых районах на 1-3 м в год. При сохранении нынешних тенденций в условиях дефицита воды будут выживать каждые 2 из 3-х жителей Земли. Произошло почти повсеместное загрязнение биосферы Земли токсичными и радиоактивными отходами» [156].

В связи с этим требуется создание нового мирового порядка и необходим переход всех стран мира к реализации концепции устойчивого развития и экологической модернизации национальных хозяйств.

Лидер нации, Президент Республики Таджикистан уважаемый Эмомали Рахмон на конференции «Рио+20» ООН в Рио-де-Жанейро подчеркнул, что «Эффективное и бережное использование природных ресурсов, которые представляют собой основной компонент «зелёной» экономики, развитие социальной сферы и сохранение экосистем, создание адекватных механизмов управления и поддержки рыночной среды являются частью курса проводимых в Таджикистане реформ, которые ориентированы на достижение целей устойчивого развития в соответствии с Декларацией Тысячелетия Организации Объединённых Наций» [157].

«Зелёная» экономика является одним из эффективных инструментов обеспечения конкурентоспособности национальных хозяйств и его устойчивого долгосрочного развития. Основным организационно-экономическим механизмом реализации параметров зеленой экономики и, следовательно, экологизации экономических отношений является развитие экологического предпринимательства.

В настоящее время широкое развитие предпринимательства, поддерживаемого институциональными основами и финансово-экономическим обеспечением, формировало в Республике Таджикистан условия для становления и развития большого количества предприятий мелкого и среднего бизнеса во всех сферах, отраслях и производствах. В республике сформирована система стимулов в направлении развития экологических отношений и обеспечения экологической безопасности. В данном процессе социально-экономических отношений, критерий и оценка экономического развития в условиях перехода к экологической модернизации экономической системы страны постепенно меняется.

5.1. Методология и технические средства оценки качества воды реки Варзоб

«Сегодня трудно представить себе регион мира, где не было бы трудностей в области водных ресурсов и не придавали бы особое значение роли этого бесценного достояния в устойчивом развитии. Ибо все направления и сферы человеческой деятельности тесно связаны с водными ресурсами. С этой точки зрения можно сказать, что водные ресурсы являются не только незаменимым компонентом, но и центральным связующим элементом устойчивого развития, что требует комплексного и серьёзного подхода к их использованию и сохранению в интересах будущих поколений» [158].

Основным источником формирования водных ресурсов и природным резервуаром чистой воды считаются горные территории Таджикистана [10,159-161].

Нами выше были представлены результаты гидрологических исследований рек и притоков ледниково-снегового или снегово-ледникового типа питания бассейна р. Варзоба а также особенности формирования их стока.

«В 90-е годы на р. Варзоб действовали 21 гидрологических постов и 8 пунктов наблюдения за качеством вод. В настоящее время значительно сократившаяся сеть гидрологических постов (г/п) и пунктов наблюдений за качеством воды не является достаточной для выявления источников загрязнения, оперативного и долгосрочного прогнозирования качества воды и создания банков данных по гидрохимическим показателям. В бассейне р. Варзоб, имеются 3 пункта наблюдения за качеством воды: г/п.п. р. Варзоб - кишл. Дагана, р. Варзоб – кишл. Гушары и р. Зидди - устье. В настоящее время анализы качества воды реки Варзоб в полной мере проводятся только одним пунктом наблюдения - Гушары» [56].

«Гидрологический режим рек является отражением природных процессов и антропогенного воздействия. Современная пространственная и временная изменчивость стокоформирующих факторов определяет основные черты и особенности режима рек» [70- 72].

Исследования качества воды реализованы с учетом существующих информационных данных Агентства по гидрометеорологии и собственных данных, полученные в процессе отбора проб, относящиеся к периоду рекреационной нагрузки (период единовременного количества отдыхающих в зоне Варзобского ущелья, пользующихся единицей площади рекреационной территории) на реку Варзоб, характерный бурным течением, на участках с большими перепадами высот, значительным периодом половодья реки, несущая большое количество наносов, включая обломочный материал и иногда крупные валуны.

Определение качества сопровождалось анализом и оценкой температуры (Рисунок 5.1), величины расходов и скоростей течения, а также кинетики изменения уровня воды (Рисунок 5.2) в реке. Исследованиями установлено, что характерной особенностью воды реки Варзоб является то, что её температура низкая, с не значительными изменениями (Рисунок 5.1).

Полученные результаты позволили сделать вывод о том, что температура воды в течение суток (1-2 июня 2019 г.) колеблется от 8.3⁰С до 12.2⁰С (рисунок 5.1), а уровень потока также не изменяясь находится в пределах 422см – 427см (рисунок 5.2).

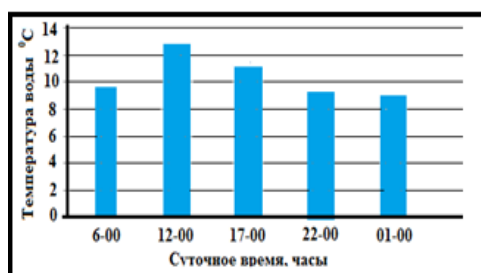


Рисунок 5.1.- Суточное изменение значения величины температуры воды реки Варзоб

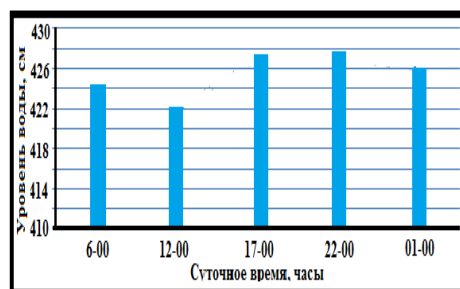


Рисунок 5.2. - Кинетика изменения суточного уровня воды в реке Варзоб

На основе анализа результатов мониторинга установлено, что средние значения величины скорости потока, изменяющаяся от 1,5 до 2,6 м/с, при средней скорости 2,1 м/с - период межени, а также на перекатах - 2,1 - 2,6 м/с. Средняя при этом составляет 2,4 м/с. Изменения скоростного режима воды реки Варзоб связаны с ледниковым ее характером питания, значением величины перепадов температур (в ночное и в дневное время), суточным изменением влияния солнечной активности. Исследованиями динамики изменения скорости воды подтверждено, что в утренние часы значение величины скорости воды реки относительно минимальные, а в ночному периоду наблюдается тенденция её снижения.

Исследования образцов по определению величины показателей качества воды были проведены непосредственно, после отбора проб (в полевых условиях), а также в лаборатории Научно-исследовательского центра экологии и окружающей среды Центральной Азии (Душанбе), с использованием современных приборов и оборудования.

Лабораторные исследования проведены с применением следующих современных оборудования:

1. Атомно-абсорбционный спектрометр Hitachi ZA3000 (рисунок 5.3);
2. Ионный хроматограф Dionex ICS-900 (рисунок 5.4).



Рисунок 5.3. - Атомно-абсорбционный спектрометр (ААС) ZA 3000

«Атомно-абсорбционный спектрометр (ААС) ZA3000 - это аналитический прибор для количественного элементного анализа (содержание почти 70 элементов Периодической системы по атомным спектрам поглощения (абсорбции)), для определения содержания металлов в растворах их солей: в природных и сточных водах, в растворах-минерализатах, технологических и прочих растворах. Основными элементами ААС ZA3000 являются источник света, атомизатор, спектральный прибор и электронная система. Определение содержания элемента в пробе проводится с использованием экспериментально установленной функциональной зависимости между аналитическим сигналом и концентрацией элемента в градуированном растворе» [71,72].

Атомно-абсорбционный метод анализа основан на поглощении излучения оптического диапазона свободными атомами. В связи с тем, что в оптическом диапазоне, соответствующем энергиям- валентных электронов, свободные атомы и многоатомные частицы дают различные спектры. Поэтому важнейшей предпосылкой АА определений является перевод определяемого вещества в атомный пар. Для этого используется источник высокой температуры - атомизатор.



Технические характеристики

Размеры (ВхШхГ) 33 x 24 x 40 см

Вес 10 кг

Сеть 240 V ac, 50-60 Hz

Потоковые части - Все в инертном исполнении (PEEK), анионная или катионная конфигурация

Рисунок 5.4. - Ионный хроматограф Dionex ICS-900

Ионный хроматограф Dionex ICS-900 - новая интегрированная, одноканальная, изократическая ионохроматографическая система для рутинного разделения катионов или анионов. Данная система запущена в производство в апреле 2008 взамен системы ICS-90. Разработанная для удобного, быстрого запуска и надежной, стабильной работы, ICS 900 облегчит использование в своих интересах высоких технологий от Dionex.

Экономичная модель ICS900 использует проточное химическое давление и термостатированную кондуктометрическую ячейку для быстрого (только 10-15 мин), простого и точного определения стандартных анионов или катионов в широком диапазоне концентраций. Быстро уравнивается, легко управляется, полностью автоматизирована с помощью Chromeleon® SE, компактная, она поможет получить максимум продуктивности.

Полученные данные (таблица 5.1) значений величины показателей качества воды, подтверждают результаты, полученные ранее другими исследователями.

Как видно полученные данные не превышают нормативные значения ПДК_{х-п} (предельно-допустимых концентраций воды хозяйственно-питьевого типа) [162-163]. Единственным исключением является превышение значения показателя мутности, наиболее явно проявляющийся в период паводка. Следовательно, во время паводковых расходов воды в р. Варзоб, необходимо повысить дозу применяемого коагулянта.

Таблица 5.1.

Значения величины показателей качества воды

Наименование показателей,	Единица измерения	Значение ПДК _{х-п} (по ГОСТ 2874-82)	Среднее значение измеряемого Показателя
Прозрачность	См	не менее 30	свыше 30
Мутность	мг/л	не более 2.0	7.2
Цветность	град	не более 20.0	0.2
Запах	балл	не более 2.0	1
Привкус	балл	не более 2.0	1
рН		6.0-9.0	8.1
Аммиак	мг/л		0.11
Нитриты	мг/л		0.01
Нитраты	мг/л	не более 45.0	2.62
Жесткость	мг-экв/л	не более 7.0	1.7
Кальций	мг-экв/л		1.5
Магний	мг-экв/л		0.3
Сумма (К + Na)	мг-экв/л		0.18
Сульфаты	мг/л	не более 500	24
Щелочность	мг-экв/л		1.5
Хлориды	мг/л	не более 350	12
Сухой остаток	мг/л	не более 1000	75
Взвешенные вещества	мг/л		-
Коли индекс		не более 3	менее 3
Коли титр		не менее 333	более 333
Железо	мг/л	не более 0.3	0.01
Медь	мг/л	не более 1.0	0.04
Фтор	мг/л	не более 1.2	0.25
Марганец	мг/л	не более 0.1	менее 0.1

На основе полученных результатов исследований образцов воды реки Варзоб установлено, что они являются нейтральной, с показателем рН=6.9.

В процессе исследований для высокоточного измерения рН жидкостей в лабораторных условиях был использован **рН метр PHS-3C**



Технические характеристики
 Диапазон измерений рН: от 0 до 14, цена деления 0.1/0.01 рН, погрешность измерений: ± 0.02 полной шкалы ± 1 цифра
 Температура: от 0 до $+100^{\circ}\text{C}$, цена деления 0.1°C ,
 Автоматическая калибровка, память на 25 измерений, фиксация максимального и минимального значения
 Электрод рН: тип E201, пластиковый, комбинированный рН/АТС

Рисунок 5.5. - рН метр PHS-3C

Результаты исследований по измерению электропроводности образцов воды, позволили установить, что они идентифицируются как слабо-минерализованные.

На основе анализа и оценки исследований суммарного показателя концентрации ионов магния и кальция, исследуемые образцы воды по жесткости отнесены к «мягким». Вывод о том, что необходимо обогащение рациона ее питания, путем увеличения содержания необходимых минералов и микроэлементов при употреблении образцов воды в качестве питьевой и пищевой воды подтверждают ранее проведенные исследования [55,164-168].

В целом экологическую ситуацию с загрязнением водных объектов Варзобского района следует характеризовать как достаточно сложную, требующую дальнейшей разработки и применения комплекса мер по улучшению экологического состояния водотоков района.

На основе анализа и оценки результатов ранее реализованных исследований по оценке обеспеченности населенных пунктов водой в Варзобском районе, подтверждено, что доступность к постоянной воде по поселкам составляет: Айни - 20%, Чорбог - 28%, Лучоб - 37% и Варзоб-Калъа - 43%. Необходимо отдельно констатировать факт 100%-ной не обеспеченности доступа населения Зидди к постоянной воде.

Таким образом решение проблем водной безопасности в целом по Варзобскому району является важной задачей.

5.2. Исследования и оценка степени возможного ущерба от загрязнения водных ресурсов на экологическое и социально-экономическое состояние Варзобского района

В настоящее время на территории бассейна реки Варзоб и на её притоках построены большое количество различных гидротехнических сооружений (плотины, берегоукрепительные, русло выправляющие, защитные, ограждающие и другие) предназначенные для обеспечения водной гидроэкологической и экологической безопасности.

Установлено, что необходимо осуществление непрерывного мониторинга технического состояния этих сооружений, осуществления прогноза и предотвращения чрезвычайных ситуаций, а также безопасности сооружений и населенных пунктов. Реализация вышеизложенного можно осуществить посредством устройства пьезометров (пьезометрических скважин).

«Предназначение пьезометров (пьезометрические скважины) в структуре мониторинга сооружений является установление основных параметров: фильтрационное давление на основания гидротехнических сооружений (струенаправляющие и берегозащитные дамбы, плотины хвостохранилищ и карьеров нерудных строительных материалов), фильтрационные деформации конструкции и оснований; пьезометрические напоры и гидравлический режим ГТС, их оснований и береговых примыканий; уровень и температурные параметры грунтовых вод, позволяющие оценивать изменения плотности и водопроницаемости грунтов ГТС в процессе длительной эксплуатации и влияния этих процессов на надежность их оснований; вертикальные и горизонтальные смещения ГТС, осадки, взаимные смещения их элементов и оснований и т.д» [169].

Нами разработан прибор «Устройство для измерения уровня жидкости в пьезометрической скважине» (Малый патент Республики Таджикистан № TJ 1303), а также предложен «Способ измерения уровня жидкости в пьезометрической скважине» (Малый патент Республики Таджикистан № TJ 1304), способствующие решению вышеизложенных задач (Бюл. 188, 2022).

Изобретение относится к инженерной гидрологии и гидротехническому строительству и может быть использована для измерения уровня жидкости в пьезометрических скважинах. Данное устройство позволяет выявить взаимосвязь изменения уровня подземных вод в пьезометрических скважинах от колебания уровня воды в реках бассейна реки Кафирниган вообще и реки Варзоб в частности. Востребованность подобного мониторинга с применением разработанного устройства на территории и прилегающей агломераций к городу Душанбе, также в условиях Гиссарской долины однозначна.

Проведенные мониторинговые исследования позволили выявить основные элементы загрязняющие воду р. Варзоб к которым отнесены:

- поверхностные частицы почвы смываемые дождём и снегом, а также талыми водами и селями;
- взвеси от размыва русла реки;
- промышленно-бытовые отходы;
- строительный мусор, последствия (отходы) освоения склонов;
- сбросы из индивидуальных домов и дач, зон отдыха, торговые точки различного назначения, не подключенные в общую систему водоотведения;
- неочищенные сточные воды и т.д.

Эти факторы становятся основными причинами ухудшения качества воды поверхностных и подземных источников района, а также являются загрязнителями почвы. Особое беспокойство вызывает тот факт, что загрязненная вода может стать фактором возникновения социальных проблем т.е. снижения жизненного уровня и работоспособности людей, возникновения генетических изменений, ведущие у увеличения экономических потерь.

В связи с вышеизложенным нами, в соответствие с целями и задачами диссертационной работы проведены исследования по анализу и оценке возможного ущерба от загрязнения водных ресурсов и его влияния на социально-экономическое развитие Варзобского района

В таблице 5.2 представлены оценки причин и данные по ожидаемому ущербу от загрязнения воды, социально-экономическому развитию Варзоба.

Таблица 5.2.

Причины и ожидаемый ущерб от загрязнения воды, социально-экономическому развитию Варзобского района

Причины	Оценка ущерба
Слабый уровень развития систем водоснабжения и водоотведения. Отсутствие сооружений для обработки и кондиционирования воды.	Рост заболеваемости людей, особенно детей, генетические изменения, износ оборудования, экономические потери
Антисанитарное состояние водоохраных зон	Загрязнение окружающей среды, заболеваемость людей и потери трудоспособности, экономические потери
Отсутствие анализа и контроля качества водоисточников	Опасность заболевания людей и потери трудоспособности, генетические изменения
Снабжение водой по открытой сети (арыки)	Опасность заболевания людей и потери трудоспособности, генетические изменения

Безграмотный подбор и установка необходимого насосного оборудования	Завышенное потребление энергии, экономические потери
Отсутствие средств защиты и автоматики насосных электродвигателей	Завышенное потребление энергии, экономические потери
Отсутствие учета и установка контроля подачи, потребления воды и ее оплаты	Вода потери более 30% и излишний расход электроэнергии, экономические потери
Отсутствие контроля утечек в существующих водопроводных сетях	Увеличение потерь питьевой воды, которые могут достигнуть до 50%
Отсутствие системы водоотведения и установок для очистки сточных вод.	Загрязнение реки Варзоб.

Таким образом, слабый уровень развития систем водоснабжения и водоотведения, генетические изменения естественным образом ведут к возрастанию экономических потерь и предопределяют необходимость решения многих дополнительных социально-экономических проблем.

5.3. Пути решения проблем качества водных ресурсов и водная безопасность

По результатам проведенных исследований нами разработана Программа действий (Дорожная карта) позволяющая, на наш взгляд, решить проблемы, связанные с водной безопасностью в Варзобском районе (таблица 5. 3).

На основе полученных данных определены основные экологические проблемы района:

- отсутствие систем водоснабжения и водоотведения в населенных пунктах;
- востребованность создания банка данных о качестве воды источников;
- необходимость создания зон санитарной охраны водоисточников;
- дефицит воды в течение года

Таблица 5.3.

Пути решения проблем качества водных ресурсов и обеспечения доступа населения к питьевым водным источникам

Экологические проблемы	Цели	Задачи
Отсутствие систем водоснабжения в населенных пунктах района: – отсутствие данных по качеству воды используемых источников водоснабжения (по сезонам года); – отсутствие зон санитарной охраны используемых источников водоснабжения; - дефицит воды в течение года	–обеспечение населения района питьевой водой; - решение вопроса водоснабжения населения района; - создание охранных зон; – водная безопасность в любое время года;	- создание систем водоснабжения; - анализ и оценка источников водоснабжения населенных пунктов района; - установление зон санитарной охраны и обеспечение санитарной безопасности водоснабжения; – создание бассейнов для суточного регулирования; – применение различных источников водоснабжения; – обработка и кондиционирование воды; – устройство водопроводной сети; – организация учета расхода воды; – тренинги для населения; – создание и повышение кадрового потенциала в секторе водоснабжения и водоотведения
Не созданные системы водоотведения в населенных пунктах района.	– создание надежной системы защиты источников водоснабжения и обеспечение нормальной экологической обстановки в районе.	– выявление особо опасных объектов водоотведения; – определение количества сточных вод этих объектов; – устройство водоотводящей сети; – применение установок очистки сточных вод и обработки осадков.

Основная задача заключается в разработке стратегии развития системы в частности водоснабжения, с учетом всех главных факторов - движущих сил для успешного роста, а также с рассмотрением возможностей системы компании и внешние факторы.

Основываясь на вышеизложенных принципах нами реализован **SWOT** водоснабжения и водоотведения Варзобского района (таблица 5.4).

Таблица 5.4.

Комплекс исследований (Swot Анализ) и дорожная карта по управлению водохозяйственным сектором в Варзобском районе

Вопросы	Сильные стороны	Слабые стороны	Возможности улучшения	Препятствия и угрозы
Основополагающие факторы	- инициативы Правительства Таджикистана на международном уровне: «Международный год пресной воды, 2003» (20.12.2000г. Резолюция Ген. Ассамблеи ООН A/RE/55/196, 55-ая сессия); «Международное десятилетие действий «Вода для жизни» 2005–2015гг». (23.12.2003 г. Резолюция ГА ООН (58-ая сессия) A/RES/58/217) ; «Международный год водного сотрудничества» (2013г.). (Резолюция Ген. Ассамблеи ООН A/RES/65/154 20.12.2010г.); «Международное десяти-	- отсутствие в структуре местный орган исполнительной власти (МИОВ) отдельного звена (предприятия и т.п.) по вопросам водоснабжения и водоотведения.	- разработка программы Управления водохозяйственными проблемами Варзобского района; - усиление информационного обмена и образовательных программ; - усиление партнерских отношений с НПО и местными сообществами.	-проблемы использования водных ресурсов в странах ЦА

	тилете дей- ствий «Вода для устойчи- вого разви- тия», 2018- 2028 годы». (Резолюция A/RES/71/222 ГА ООН. 21.12. 2016г.)			
Персонал, обучение, информация, координация	- наличие в республике достаточного количества квалифицированных специалистов и инженеров в области водоснабжения и водоотведения; - наличие проектных, специализированных строительных управлений по проектированию и строительству водохозяйственных объектов; - осуществляется подготовка кадров научно-исследовательскими и учебными заведениями.	- недостаточное вовлечение квалифицированных специалистов в решение проблем водоснабжения и водоотведения района; -отсутствие кадров, низкая зарплата; -не достаточное сотрудничество с общественностью и НПО.	- повышение доступа работников и специалистов к новым информационным технологиям; - организация курсов по переподготовке кадров и специалистов, курирующих водохозяйственные вопросы; - создание условий для привлечения кадрового потенциала в процесс подготовки молодых специалистов; - создание Ассоциации водопользователей; - партнерские проекты с НПО.	- миграция кадров; - слабая кадровая политика; - отсутствие гласности в работе и реализации международных проектов по водоснабжению и водоотведению Варзобского района; - слабая система управления водохозяйственными проблемами; - низкая экологическая образованность и сознательность населения района; - стихийные бедствия.
Природо- охранные сооружения, оборудова- ние	- финансирование международными донорами	малые объемы государственного финансирования: -проводимая	- упорядочение ценообразования и тарифов за воду; - улучшение	венный долг; - коррупция; - отсутствие гласности и подотчетно-

	проектов по реабилитации водоснабжения Варзобского района. - действующие водопроводные сети, насосные станции, оборудование.	приватизация водохозяйственных объектов не улучшает состояние отрасли; - многолетнее финансирование проблемы водоснабжения района не дает нужных результатов. - износ действующих сетей, насосных установок и оборудования.	координации работ по реабилитации водоснабжения Варзобского района; - эффективный мониторинг осуществляемых проектов; - создание специализированного предприятия по эксплуатации водопроводных и водоотводящих сетей, очистных станций и оборудования.	сти лиц, принимающих решения; - отсутствие общественного независимого мониторинга. - природные стихийные бедствия (наводнения, селевые потоки, оползни и т.д.).
Правовые рамки	- Водный Кодекс, экологическое законодательство, нормативно-правовые акты.	- отсутствие механизма реализации принятых законов; - отсутствие эффективных подзаконных актов, регулирующих вопросы водопользования и водоотведения.	- принятие Закона «О питьевой воде», Закона «О питьевом водоснабжении», Закона «О мониторинге водных ресурсов», «Об оплате за воду»; - разработка нормативно-технических документов для проектирования, строительства и эксплуатации водопроводных и водоотводящих сетей с учетом местных условий.	- несвоевременное принятие нормативных актов по проблемам водоснабжения и водоотведения.

К сильным сторонам управления водохозяйственным сектором в Варзобском районе, отнесены: инициирование правительством РТ «Международный год пресной воды, 2003» (20.12.2000 г. Резолюция ГА ООН A/RE/55/196, 55-ая сессия); «Международное десятилетие действий «Вода для жизни» 2005–2015 гг». (23.12.2003 г. Резолюция ГА ООН (58-ая сессия) A/RES/58/217); «Международный год водного сотрудничества» (2013г.). (Резолюция Ген. Ассамблеи ООН A/ RES/65/154 20.12.2010 г.); «Международное десятилетие действий «Вода для устойчивого развития», 2018-2028 годы». (Резолюция A/RES/71/222ГА ООН. 21.12. 2016г.) наличие в республике высших учебных заведений по подготовке кадров; функционирование проектно-изыскательских организаций, академических и научно-исследовательских институтов, государственных, частных и частно-государственных строительных организаций, высококвалифицированных специалистов соответствующего профиля; финансирование водохозяйственных проблем из госбюджета и международных фондов; наличие нормативно-правовых актов; использование религиозных мероприятий и национальный менталитет.

К слабыми сторонам отнесены: не работающие программы и инициативы; нехватка кадров и невысокая оплата труда; недостаточное вовлечение специалистов; недостаточность государственного финансирования; отсутствие программы реализации нормативно-правовых актов; недостаточное освещение вопроса экологии СМИ.

Таким образом, основными задачами при решении водохозяйственных проблем Варзобского района определены: решение институциональных компонентов; повышение потенциала; решение финансовых проблем; создание системы водоснабжения и водоотведения; реализация нормативно-правовых проблем; стимулирование населения в участие мероприятий связанные с водной безопасностью.

Заключение

Проведённые исследования бассейна реки Варзоб в пределах южного склона Гиссарского хребта позволили выявить ключевые географо-гидрологические особенности территории, особенности формирования водных ресурсов, динамику климатических факторов, морфометрические характеристики и современные экологические вызовы.

Установлено, что высокоразвитая расчленённость рельефа способствует формированию плотной речной сети, крупнейшей из которых является река Варзоб — важнейший правобережный приток Кафирнигана, играющий стратегическую роль в водоснабжении столицы республики и прилегающих территорий. Бассейн Варзоба характеризуется выраженным вертикальным расчленением, охватывающим высотный диапазон от 800 до 4900 м н.у.м., и делится на три гидрологических участка.

Результаты многолетних гидрометеорологических наблюдений показывают устойчивую тенденцию к изменению стока под влиянием климатических факторов. В частности, в последние десятилетия наблюдаются изменения в распределении сезонного стока, колебания межгодовых показателей, а также наметилась тенденция снижения снежных запасов и деградации ледников. С 1980-х годов зарегистрировано общее увеличение среднегодового стока, однако периодически наблюдаются отклонения, связанные с внутриклиматической вариабельностью.

Климатические тренды, выявленные в ходе анализа, свидетельствуют о поступательном росте температуры воздуха на горных и предгорных станциях бассейна. Анализ осадков также указывает на увеличение количества атмосферной влаги, особенно в горной части, что связано с орographicкими особенностями региона.

Большое значение в формировании стока имеют ледники и снежный покров, однако их устойчивость подвержена воздействию глобальных климатических изменений. Подтверждено сокращение площади оледенения, особенно в бассейне реки Зидди, что требует дальнейшего постоянного мониторинга.

Геоинформационные технологии и дистанционное зондирование, включая данные с беспилотных летательных аппаратов, доказали свою высокую эффективность в мониторинге состояния снежного и ледникового покрова, а также в оценке экологических условий бассейна.

Наряду с природными факторами, значительное влияние на водные ресурсы оказывает антропогенное воздействие — загрязнение стока, несанкционированное освоение склонов, сброс отходов в русловую сеть. Существующая сеть гидрологических наблюдений недостаточна для полноценного контроля и прогнозирования качества воды.

Рекомендации по практическому использованию результатов Для научных и прикладных целей:

- Продолжить мониторинг гидрологических характеристик с акцентом на многолетние изменения снежных и ледниковых ресурсов.

- Включить выявленные изменения температуры и осадков в модельные расчёты будущего водного баланса реки Варзоб.

- Применять методы дистанционного зондирования и геоинформационного анализа для высокоточной оценки состояния бассейна.

2. Для гидротехнического и водохозяйственного планирования:

- Учесть, что максимальные расходы воды наблюдаются в летний период (до 115 м³/сек в июне), а минимальные — зимой (до 15 м³/сек).

- Учитывать тенденцию снижения снежных запасов в высокогорьях при проектировании водозаборов и плотин.

3. Для экологической безопасности:

- Разработать программу по контролю за качеством воды и очистке сточных вод, включая рекомендации по дозировке коагулянтов при увеличении мутности.

- Реализовать мероприятия по предотвращению загрязнения реки отходами, включая меры по подключению хозяйств к централизованной канализации.

4. Для мониторинга и наблюдательной сети:

- Расширить сеть гидрологических постов в бассейне Варзоб для получения более детальной картины изменений.

- Использовать малые патенты Республики Таджикистан (№ TJ1303 и № TJ1304) для оценки взаимосвязи между уровнем подземных и поверхностных вод.

5. Для регионального управления природными ресурсами:

- Включить полученные результаты в стратегию адаптации к изменению климата на уровне Варзобского района и г. Душанбе.

- Повысить уровень межведомственного взаимодействия между учёными, экологами и государственными структурами при планировании природопользования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Резолюция Генеральной Ассамблеей ООН от 20 декабря 2000 года, 55/196. «Международный год пресной воды, 2003 год». Режим доступа: <https://www.un.org/ru/ga/55/docs/55res4.shtml>
2. Резолюция Генеральной Ассамблеей ООН от 23 декабря 2003 года, 58/217, 58-ая сессия. «Вода для жизни». Режим доступа: https://www.un.org/ru/ga/second/58/second_res.shtml
3. Майтдинова Г.М. Водные инициативы Таджикистана в глобальной и региональной геополитике, 2018 г. - 11с.
4. Резолюция Генеральной Ассамблеей ООН от 21 декабря 2016 года, A/RES/71/222 , «Международное десятилетие действий «Вода для устойчивого развития», 2018-2028 годы». Режим доступа: <https://www.un.org/ru/ga/71/docs/71res3.shtml>
5. Цели устойчивого развития. Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org>
6. Атлас Таджикской ССР, 1968. М.: ГУГК. - 200 с.
7. Саидмуродов Х.М., Станкович К.В.. ТАДЖИКИСТАН, природа и природные ресурсы.// Изд-во «Дониш» , Душанбе, 1982г. - 600с..
8. Open Working Group proposal for Sustainable Development Goals (англ.) Sustainable Development Knowledge Platform. United Nations. 20 октября 2015. Режим доступа: <https://sdgs.un.org/partnerships>.
9. Consensus Reached on New Sustainable Development Agenda to be adopted by World Leaders in September (англ.). United Nations. 20 октября 2015. Режим доступа: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/blog/2015/08/transforming-our-world-document-adoption/>.
10. Ледники – водные ресурсы Таджикистана в условиях изменения климата, Государственное Учреждение по гидрометеорологии, Комитета охраны окружающей среды при Правительстве Республики Таджикистана, 2005г., - С. 19.
11. United Nations Economic Commission for Europe Environmental performance reviews. Режим доступа: <http://unece.org>
12. Третье национальное сообщение Республики Таджикистан по Рамочной конвенции ООН об изменении климата. Душанбе, 2014г. – 167 с., С.45, Режим доступа: <http://unfccc.int/resource/docs/natc/tjknc3.pdf>
13. Молотковский, Ю.И., диссертация// Биоэкологические особенности и водный режим растений лесных флороцено типов Таджикистана, Душанбе, 1984, Режим доступа: <http://dlib.rsl.ru>
14. Савельев Л.А. Учебник английского языка для студентов гидрометеорологических специальностей. Санкт- Петербург, 1996г. - 273с.
15. Реки и озёра Таджикистана. Главное Управление по гидрометеорологии и наблюдениями за природной средой. Душанбе, 2003г.-23с.
16. Первое Национальное Сообщение Республики Таджикистан по Рамочной Конвенции ООН об Изменении Климата. Министерство охра-

ны природы. Главное Управление по гидрометеорологии и наблюдениям за природной средой/Душанбе – 2002г. – 136 с.

17. Дроздов, О. А. Многолетние циклические колебания атмосферных осадков на территории СССР [Текст] / О.А. Дроздов, А.С. Григорьева ; Гл. упр. гидрометеослужбы при Совете Министров СССР. Глав. геофиз. обсерватория им. А.И. Воейкова. - Л. : Гидрометеиздат, 1971. - 158 с.

18. Гилярова М.А.- Гиссарская долина Сб. «Таджикистан» Тр. Тадж. Памирской экспедиции Лен. 1936 г.- 399с.

19. Зайков Б.Д. Испарение с водной поверхности прудов и малых водохранилищ на территории СССР. Труды ГГИ вып.21/75 гидрометиздат Л.М.1949.

20. Давыдов В.К. Испарение с водной поверхности в Увропейской части СССР. Тр. НИУ ГМС. Свердловск-Москва.1942.

21. Иванов Н. Н. Об определении величины испаряемости // *Известия Всесоюзного географического общества*. — 1954. — Т. 86, вып. 2. — Л.: Изд-во АН СССР.

22. Кузин П. С. Испарение с поверхности суши на территории СССР //Труды Государственного гидрологического института. — 1950. — Вып. 26. — Л.

23. БудькоМ.И. Испарение в естественных условиях // Гидромеиздат Леню 1948 куг.

24. Выступление Президента Республики Таджикистан Эмомали Рахмона на конференции «Рио+20» ООН в Рио-де-Жанейро, 20 июня соли 2012// Чумхурият, 22 июня, 2012 г <http://avesta.tj/2012/06/21/e-rahmon-na-konferentsii-rio-20-zatronul-vodnyj-vopros/>

25. Водный кодекс Республики Таджикистан. Закон Республики Таджикистан «О принятии Водного кодекса Республики Таджикистан», г. Душанбе 02 апреля 2020 года, №1688.

26. Каталог Ледников СССР. Том 14. Средняя Азия, Выпуск 3, Амударья, часть 5. Бассейн реки Кофарнигана. Гидрометеиздат, 1980. - 44 с.

27. Программа «Достижение устойчивого развития Варзобского района РТ через разработку программы экологического управления» - Душанбе, 2010г.- 164с.

28. Агентство по статистике при Президенте Республики Таджикистан, Таджикистан в цифрах 2015 г.- 160с.

29. Агентство по статистике при Правительстве Республики Таджикистан, Регионы Республики Таджикистан, 2021г. - 331с.

30. Национальная стратегия развития Республики Таджикистан на период до 2030 года. Душанбе, 2016 г. - 104с.

31. Программа социально-экономического развития Варзобского района на 2016-2020 гг., Варзоб, 2015 г. - 142с.

32. Тенденции технологического развития методов дистанционного зондирования Земли, 2005. Пространственные данные, № 1, URL: <http://www.gisa.ru/21948.html> (дата обращения: 12.05.2020г.).

33. Сафаров М.С. «Применение современных технологий дистанционного зондирования для мониторинга селопасных районов горных территорий» / М.С. Сафаров, А.Р. Фазылов // 2020 г., ГеоРиск, Том XIV, №2, - С. 32-41, <https://doi.org/10.25296/1997-8669-2020-14-2-32-41>
34. Finaev A.F., 1999. Climatic Changes in the Mountain Glacier Area of Pamir. In NATO ASI Series I, Vol. 56. Ice Physics in the Natural Environment. (Eds. Wettlaufer/Dash/Untersteiner). Springer-Verlag. Berlin, Heidelberg.- С.289-294.
35. Глазырин Г.Е., Финаев А.Ф. Прогноз изменения оледенения гор Западного Таджикистана. Будущее гляциосферы в условиях меняющегося климата. Симпозиум гляциологической ассоциации. Пущино, Московской обл., 17-21 мая 2002 г. МГИ Москва. 2003г. Выпуск 95. – С. 102-106.
36. Финаев А.Ф., Анализ гидрометеорологических наблюдений в Таджикистане за период 1990-2005 гг. В кн. Снежно-ледовые ресурсы высоких гор Азии. Материалы Международного Семинара «Оценка снежно-ледовых и водных ресурсов Азии». Алматы, Казахстан 28-30 ноября 2006г. Алматы. –С- 129-138.
37. Water Balance of River Basins. 31. Электронный ресурс. Режим доступа: <https://www.researchgate.net/publication/308011180>
38. Долгов С.В., Коронкевич Н.И. Высотно-пространственный и пространственно- временной анализ водного баланса европейской части России // Водные ресурсы. 2010. Т. 37. № 2. – С 134–149.
39. Иофин З.К. Мировой водный баланс, водные ресурсы земли, водный кадастр и мониторинг. Волгоград, 2009г., - 211с.
40. Курбонализода С.Ш., и др. Водноэнергетический потенциал и гидроэнергетические характеристики реки Варзоб/политехнический вестник № 1 (45) 2019г. – С. 61-68.
41. Каталог ледников СССР. Л.: Гидрометеиздат. Т. 14, вып. 1 – 3. 1969 – 1980г.
42. Рахими Ф., Мухаббатов Х. Ниязов А. С., Абборов Х// Вода, наука и устойчивое развитие (на тадж.). Дониш, Душанбе-2019г.- 430с.
43. Шульц В.Л. – Реки Средней Азии. Гидрометиздат, Ленинград. 1965г. - 691с.
44. Глазырин Г.Е., Состояние оледенения Гиссаро-Алая и возможная его динамика в связи с будущими изменениями климата / Г.Е. Глазырин., А.С. Щетинников. -Материалы гляциологических исследований. Вып. 90, М., 2001г.- С.126-129.
45. Крюков В.И. Схема территориального деления таджикской сср для целей экологического мониторинга окружающей среды республики. Душанбе. 1989г.- 64с
46. Доклад о состоянии здравоохранения в мире. ВОЗ. - 124с.

47. Охрана окружающей среды в Республики Таджикистан. Статистический сборник, 2021г. - 56с.
48. Фазылов А.Р., Особенности формирования твердого стока рек горно – предгорной зоны/ А.Р. Фазылов, Н.П. Лавров // Сборн. научн. трудов "Современные энерго-и ресурсосберегающие, экологически устойчивые технологии и системы сельскохозяйственного производства" / под ред. Н. В. Бышова. – Вып. 12.-Рязань: 2016.- С. 391-395.
49. Современные энерго и ресурсосберегающие, экологически устойчивые технологии и системы сельскохозяйственного производства: сборник науч. тр. / под ред. Н. В. Бышова. – Вып. 12. Рязань : ФГБОУ ВО РГТУ, 2016. – 486 с.
50. Фазылов А.Р. Технологические процессы и технические средства защиты водных объектов от наносов в горно - предгорной зоне / Под ред. Маматканова Д.М. и Лаврова Н.П. -Душанбе-Бишкек: «ПРОМЭКСПО», 2014.(2015) -323 с., - С-15.
51. Данные Агентства по гидрометеорологии Комитета охраны окружающей среды при Правительстве Республики Таджикистан.
52. Пачаджанов, Д.Н. Гидрохимия поверхностных вод Таджикистана. Часть 1. Реки и водохранилища / Д.Н. Почоджанов, Д.Л. Патина. – Душанбе, 1999г. - 102с.
53. Абдушукуров Д., Кобулиев З.В., Салибаева З.Н. Гидрогеохимия основных рек Таджикистана // Матер. межд. научно-практ. конф. посвящен. подведению итогов объявленного ООН десятилетия «Вода для жизни». - Алматы, 2016. - Книга 1. - С.200-205.
54. Шитиков В.К., Розенберг Г.С., Зинченко Т.Д. Количественная гидроэкология: методы системной идентификации.- Тольятти: ИЭВБРАН, 2003г.- 463с.
55. Интернет ресурс; Режим доступа: <http://mkurca.org>
56. Каталог водопользования реки Кафирниган, Душанбе, 1987г. - 48с
57. Государственный Водный Кадастр. Многолетние Данные о Режиме и Ресурсах Поверхностных Вод Суши. Том XII. Таджикская ССР. Ленинград. Гидрометеиздат. 1987г. - 350 с.
58. ГОСТ 2874-82. Вода питьевая. Гигиенические требования и контроль качества - М.: Стандартинформ, 1982г.- 62с.
59. Салимов Т.О. Таджикистан - страна истоков вод. - Душанбе, 2013г. 62 с.
60. Нуралиев К., Абдусаматов М., Латипов Р.Б. Водные ресурсы Таджикистан: инициатив, состояние и перспектива. Душанбе. 2012г. - 225 с.
61. Мухаббатов Х. Водные ресурсы Таджикистана и проблемы водопользования в Центральной Азии // Проблемы постсоветского пространства, 2016. - №3. - С.29-45.
62. Шульц В.Л. – Реки - Средняя Азия. / Глав. упр. гидрометеорол. службы при Совете Министров СССР. Ленинград : Гидрометеиздат, 1963. - 302 с.

63. Котляров В.М. Снежный покров земли и ледники / В.М. Котляров. -Л.: Гидрометеиздат, 1968. - 479с
64. Водные ресурсы Таджикистана, Душанбе, 2003. –С.109
65. Давыдов Л.К.-Водность рек СССР (ее колебания и влияние на нее физико –географических факторов), Гидрометиздат, Ленинград. 1947 г. - С 162.
66. Алисов Б. П., Дроздов О. А., Рубинштейн Е. С. Общая климатология. Ч. 1-2. Методы климатологической обработки наблюдений,1952г.- 488с.
67. Большаков М.А. Некоторые особенности многолетних колебаний горного стока рек Средней Азии, Институт водного хозяйства и энергетики АН Киргизской ССР.вып 2(V) 1955г. - С 3-18.
68. Маматканов Д.М. Роль малых и средних водохранилищ в защите от селевых потоков (на примере Таджикистана) /Д.М. Маматканов, У.И. Муртазаев, И.И. Саидов. Известия национальной Академии наук Республики Кыргызстан. - Бишкек: «Илим», 2011. -№2. - С. 11-14.
69. Изменение климата и водные проблемы в Центральной Азии. Колл. авторы. Москва – Бишкек. 2006г. - 190с.
70. Дмитриева В.А.. Гидрологический режим рек Донского бассейна. Вестник ВГУ, серия: География. Геоэкология, 2018, № 4.2018г. - С.77-84.
71. Руководство по гидрологической практике. Том II. Управление водными ресурсами и практика применения гидрологических методов. Женева, ВМО. 2012г. – 322с.
72. Мельникова Т.Н. Практикум по гидрологии. Учебно-методическое пособие. Майкоп – 2012г. - 159с.
73. Второе национальное сообщение РТ по рамочной конвенции ООН об изменении климата / Б.У. Махмадалиев, А.К. Каюмов, А.В. Новиков. – Душанбе, 2003г. - 114 с.
74. Вторая оценка трансграничных рек, озер и подземных вод. ООН. Нью-Йорк и Женева.2011г. - 448с.
75. Справочник по климату СССР. Температура воздуха и почвы. Вып. 31. Ч. II. Ленинград. Гидрометеиздат. 1966. - 226 с.
76. Справочник по климату СССР. Влажность воздуха, атмосферные осадки, снежный покров. Вып. 31. Ч. IV. Ленинград. Гидрометеиздат. 1969 г. - 212с.
77. Global Climat-WorldClim Version2. <worldclim.org/version2>
78. Электронный ресурс. <http://landsat.org/ortho/index.php>
79. Электронный ресурс. <http://landsat.org/ortho/index.php>
80. Средняя температура воздуха, климатическая норма и отклонения от нее. Электронный ресурс. Режим доступа: <http://www.hmn.ru/index.php?index=14&value=6>
81. Руководящие указания ВМО по расчету климатических норм. ВМО-№ 1203,2017г.- 32с

82. Зубенок Л.И. Испарение на территории Советского Союза // Влагооборот в природе и его роль в формировании ресурсов пресных вод. М.: Стройиздат, 1973г. - 231 с.

83. Фролов А.В. Оценка статистических характеристик многолетних колебаний испарения с крупных речных водосборов // Доклады академии наук. 2014. Т. 458. № 3. - С. 345–348.

84. Финаев А.Ф. Гидроклиматические изменения на малых реках Таджикистана (на примере р. Варзоб). Сопровождение по гидрологии Северной Евразии. 7-8 февраля 2012. Государственный Гидрологический Институт, Санкт Петербург, Россия. Организаторы Университет Нью Хемпшир, США и Росгидромет, Россия. Семинар: Гидрологические последствия изменений подстилающей поверхности и климата на территории Северной Евразии.

85. Багров Н.А.- О среднем многолетнем испарении с поверхности суши. Журнал Метеор. И Гидрол. № 10 Гидрометизд. Ленинград. 1953 г.- С.20-25.

86. Давыдов Л.К.- Испарение с водной поверхности в Европейской части СССР. Тр. НИУ ГМС Свердловск - Москва 1942 г.

87. Ресурсы поверхностных вод СССР, т. 14, вып. 3. Ленинград. Гидрометеиздат. 1971г.- 472 с.

88. Водяной пар в атмосфере. Испарение. Конденсация и сублимация водного пара. Облачность. Осадки» вода в атмосфере. Электронный ресурс. Режим доступа: <http://kursak.net/>

89. Иванов Н.Н. Мировая карта испаряемости. Л.: Гидрометеиздат. 1957 г. - 39 с.

90. Многолетние данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши. Государственный водный кадастр. Т. XII. Л.: Гидрометеиздат. 1987г.- 106с.

91. Муртазаев У.И. Испарение с акваторий водохранилищ Таджикистана и его интенсивность // Известия АН РТ. Отд. наук о Земле. – Душанбе, 1992.№1. - С.63-67.

92. Дроздов О.А. Влияние термического режима на увлажнение суши./ Дроздов О.А. //Труды ГГИ. 1983г. Вып.280. - С. 3-14.

93. Константинов А.Р. Испарение в природе. Л.: Гидрометеиздат. 1987г.-532с.

94. Дроздов О.А., Григорьева А.С. Многолетние циклические колебания атмосферных осадков на территории СССР. -Ленинград.: Гидрометеиздат, 1971г. - 158 с.

95. Сидоренков, Н. С. Атмосферные процессы и вращение Земли / Н. С. Сидоренков. Санкт-Петербург : Гидрометеиздат, 2002г. - 365с.

96. Смирнов, Н. П. Циклонические центры действия атмосферы Южного полушария и изменения климата. Санкт-Петербург : РГГМУ, 2004г. - 217с.

97. Современные проблемы экологической метеорологии и климатологии. сб., посвящ. 85-летию акад. Михаила Ивановича Будыко (1920-2001) / СанктПетербург : Наука, 2005г. - 244с.
98. Хромов, С. П. Метеорология и климатология : учеб. для студентов вузов / Изд-во МГУ им. М.В. Ломоносова, Москва, 2006г. - 585 с.
99. Дроздов О.А. Исследование колебаний увлажнения / О.А. Дроздов // Метеорология и гидрология. 1978. -№ 4. - С.109-115.
100. Дроздов О.А. Исследование связи между глобальными температурой и увлажнением / О.А. Дроздов // Труды ГГИ. 1985. Вып. 317. - С.3-22
101. Виноградов О.Н. Завершение работ по созданию Каталога ледников СССР // Материалы гляциол. исследований. 1984. Вып. 51. - С. 10–16.
102. Кренке А.Н. Массообмен в ледниковых системах на территории СССР. Л.: Гидрометеиздат, 1982г. - 288 с.
103. Электронный ресурс. Режим доступа:
<http://www.webgeo.ru/index.php?r=47>
104. Котляков В.М., Чернова Л.П., Муравьев А.Я., Хромова Т.Е., Зверкова Н.М. Изменения горных ледников в Северном и Южном полушариях за последние 160 лет // Лед и снег. 2017. Т. 57. № 4. - С. 453–467.
105. Котляков В. М., Чернова Л. П., Муравьев А. Я., Хромова Т. Е. Динамика пульсирующих ледников бассейна реки Сугран на Памире. Доклады академии наук, 2019г., том 489, № 3. –С. 307–312.
106. Catalogue of Pamir and Hissaro-Alay glaciation for 1980 (database of A.S. Schetinnikov)
107. Щетинников А.С. Морфология и режим ледников Памиро-Алая. САНИГМИ, Ташкент. 1998г. – С.184-185.
108. Оледенение Северной и Центральной Евразии в современную эпоху. Под ред. В.М. Котлякова. Институт географии РАН. – Москва, Наука. 2006. – С. 168-169.
109. Fu Q., Lin L., Huang J., Feng S., Gettelman A. Changes in terrestrial aridity for the period 850–2080 from the Community Earth System Model // J. Geophys. Res. Atmos. 2016. Vol. 121. P. 2857–2873. Doi: 10.1002/2015JD024075.
110. Ерасов Н.В. Метод определения объема горных ледников // МГИ. 1968. № 14. - С. 307–308.
111. Мачерет Ю. Я., Кутузов С. С., Мацковский В. В., Лаврентьев И. И. Об оценке объема льда горных ледников // Лед и снег. — 2013. — № 1. — С. 5–15.
112. Ледники Таджикистана 98. Электронный ресурс. Режим доступа: http://www.cawater-info.net/library/rus/glaciers_tj.pdf
113. Географо-гидрологические исследования. Русское географическое общество, Москва Издательский дом «Кодекс» 2012г. - 496с.
114. Федоров В.Н., Терентьев И.И. Ландшафтно-гидрологический подход к исследованию структуры водного баланса и стока и оценки его

характеристик с угодий малых водосборов и речных бассейнов. Сборник 133., Москва, Издательский дом «Кодекс» 2012г. - С. 95-116.

115.Ранькова Э.Я., Груза Г.В., Рочева Э. В., Самохина О. Ф. Температура приземного воздуха // Второй оценочный доклад Росгидромета об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. Москва, 2014. - С. 37–72.

116.Fu Q., Feng S. Responses of terrestrial aridity to global warming // J. Geophys. Res. Atmos. 2014. Vol. 119. P. 7863–7875. Doi:10.1002/2014JD021608.

117.Huntington T.G. Evidence for intensification of the global water cycle: Review and synthesis // Journal of Hydrology. 2006. Vol. 319. P. 83–95. DOI:10.1016/j.jhydrol.2005.07.003

118.Potvin C. Interactive effects of temperature and atmospheric CO₂ on physiology and growth. In: Alscher R.G., Wellburn A.R. (eds) Plant Responses to the Gaseous Environment. Springer, Dordrecht, 1994.

119.Milly P. C.D., Dunne K.A. Potential evapotranspiration and continental drying //Nature Climate Change. 2016. Vol. 6. P. 946–949. Doi:10.1038/nclimate3046.

120.Wild M. Enlightening global dimming and brightening // Bulletin of the American Meteorological Society. Vol. 93. No 1. P. 27–37.

121.Джамалов Р.Г., Григорьев В.Ю., Фролова Н.Л.. Изменение водного баланса крупных речных бассейнов европейской части России. Водное хозяйство России № 4, 2018. - С.36-47.

122.Кобулиев З. В. Мониторинг состояния ледников Таджикистана с учётом изменения климата. Электронный ресурс. Режим доступа: [URL:https://www.unece.org/fileadmin/DAM/hlm/projects/UNDA-9th_tranche/Documents/Tajikistan/2017_May/03_Kobuliyev.pdf](https://www.unece.org/fileadmin/DAM/hlm/projects/UNDA-9th_tranche/Documents/Tajikistan/2017_May/03_Kobuliyev.pdf).

123.Finaev A. Dynamics of Pamir glaciations change. International Symposium on Changing Cryosphere, Water Availability and Sustainable Development in Central Asia. Conference Abstracts. Sanya, China. November 10 –12, 2012. (Динамика изменения оледенения Памира. Международный симпозиум по изменению криосферы, наличию воды и устойчивого развития в Центральной Азии. Тезисы доклада. Санья, Китай. . – С. 53. (англ.))

124.Finaev A. Glaciation dynamics in some areas of the Pamir and Pamir-Alay. The International Conference on Eurasian Mountain's Cryosphere 13-15 December, 2012. Almaty, Kazakhstan. – С.13-14.

125.Финаев А.Ф. Динамика оледенения некоторых районов Памир-Алая. Вопросы географии и геоэкологии. ТОО «Институт географии». Алматы. № 3. 2013. - С. 32-42.

126.Методы изучения и расчета водного баланса, Ленинград. Гидрометеиздат. 1971, 1981.- С.47.

127.Дроздов О.А.- Атмосферные осадки климат СССР часть V Гидрометиздат Л. 1948 г.- С. 304.

128. Дроздов О.А. О фазах векового цикла количества осадков на территории Евразии / О.А. Дроздов // Труды ГГО. 1973. Вып. 299. – С.91-99.

129. Дроздов О.А. Формирование увлажнения суши при колебаниях потепления климата / О.А. Дроздов // Труды ГГИ. 1981. Вып. 271. - С. 3-10.

130. Груза Г.В. Об изменении температуры воздуха и осадков на территории СССР за период инструментальных наблюдений / Г.В. Груза, Л.К. Клещенко, Э.Я. Ранькова // Метеорология и гидрология, 1977. - № 1. - С. 13-25.

131. Гройсман П.Я. Оценки изменчивости средней годовой зональной температуры воздуха / П.Я. Гройсман // Метеорология и гидрология. 1987. - № 3. - С. 103-105.

132. Дроздов О.А. О причинах и проявлениях естественных колебаний климата // Вестник ЛГУ. 1981. Вып. 2. - № 12. - С. 63-71.

133. Бучинский И.Е. – Рельеф и осадки. Извест. Всесоюз. Геогр. Обществ: том 86 вып.2. Изд. Ак Наук СССР М-Л 1954 г.

134. Попова В.В. Пространственная и временная структура колебаний атмосферных осадков на территории восточной и Центральной Европы. / Попова В.В. // Водные ресурсы. 1992. № 4. - С. 124-130.

135. Бабушкин И.Н.- К оценке «Субтропичности» климата республик Средней Азии. Труд. Ташкент. Геофиз. Обсер. Вып 1 (2) Гидрометизд. Ленинград. 1949 г.

136. Шульц В.Л. – Определение площади одновременного снеготаяния в водосборах рек Средней Азии, 1948г. - 116с.

137. Давыдов Л.К.- Водность рек СССР (ее колебания и влияние на нее физико – географических факторов), Гидрометиздат, Ленинград. 1947 г. С-162.

138. Давыдов Л.К.- Классификация рек средней Азии по типу их питания. Записки ГГИ т. X Гидрометиздат Л. 1933 г.

139. Шульц В. Л. Таяние снежников в горах Средней Азии. Ташкент, 1956г. - 366 с.

140. Факторы формирования речного стока. Электронный ресурс. Режим доступа: <http://ekologyprom.ru/uchebnoe-posobie-po-teme-lnauki-o-zemler/416-factory-formirovaniya-rechnogo-stoka.html>

141. Ибатуллин С. Р., Ясинский В. А., Мироненков А. П. Влияние изменения климата на водные ресурсы в Центральной Азии. Отраслевой обзор. Алмата, 2009г. - 44с.

142. Всероссийская конференция «Изменения климата: причины, риски, последствия, проблемы адаптации и регулирования», 26–28 ноября 2019 года. Москва. Сборник тезисов докладов. Физматкнига, 2019 г. - 80 с.

143. Большаков М.А. Некоторые особенности многолетних колебаний горного стока рек Средней Азии, Институт водного хозяйства и энергетики АН Киргизской ССР. вып 2(В) 1955г. – С. 3-18.

144. Воейков А.И. – Снежный покров, его влияние на почву, климат и погоду, и способы исследования. Издат. Соч. т.П. М.Л. 1949 г. - 213с.
145. Кузьмин, П.П. Формирование снежного покрова и методы определения снегозапасов / П.П. Кузьмин. – Л.: Гидрометеиздат, 1960. - 169 с.
146. Рихтер, Г.Д. Снежный покров, его формирование и свойства / Г.Д. Рихтер. – М.: Изд-во АН СССР, 1945г.- 120 с.
147. Эдельштейн К.К.. Географическая типизация структуры материковых гидрологических циклов и тенденции их антропогенного преобразования. Вопросы географии. Сборник 133., Москва, Издательский дом «Кодекс» 2012г. - 168с.
148. Макаров В.С., Зезюлин Д.В., Беляков В.В.. Обзор исследований по влиянию местности на характеристики снежного покрова. Труды Нижегородского государственного технического университета им. Р.Е. Алексеева № 3(105).2004. –С.154-162.
149. Кудрявцев Н.А.- Геологическое строение южного хребта в районе г. Каратаг. Труд. Геол. раз. Инст. Сред. Азии выпуск 22 1932 г. – 48 с.
150. Исаченко А.Г. Ландшафтоведение и физико-географическое районирование / Высшая Школа, Москва, 1991 г.- С.366 .
151. Шукин И.С. – Природные элементы ландшафтов Таджикистана и их значение как производительной силы. Сб. «Таджикистан» Труды Таджик-Памирской экспедиции Академии наук СССР, Ленинград, 1936 г. – С. 3-87.
152. Щербакова Е.Я. – Снежный покров в горах Средней Азии. Труды Ташкентской Геофизической Обсерватории 1950 г. - 340с.
153. Шукин И.С., Гилярова М.А. – Кухистан. Сб. «Таджикистан» Труды Таджико-Памирской экспедиции Академии наук СССР, Ленинград. 1936 г. – С. 165-281.
154. Мильков Ф.Н. Основные проблемы физической географии / Ф.Н. Мильков - М., Высшая школа, Москва, 1967г. - С-251.
155. Мухаббатов Х.М. Снежный покров Таджикистана / Х.М. Мухаббатов, А.А. Яблоков. –Душанбе: «Ирфон». - 118с.
156. Генеральная Ассамблея ООН 27 марта 2000. Доклад Генерального секретаря «Доклад Генерального секретаря «Мы, народы: роль Организации Объединенных Наций в XXI веке» (А/54/2000) - Нью-Йорк, 2000. <https://www.un.org/ru/ga/documents/gakey.shtml>
157. Выступление Президента Республики Таджикистан Эмомали Рахмона на конференции «Рио+20» ООН в Рио-де-Жанейро, 20 июня соли 2012// Чумхурият, 22 июня, 2012 г. .<http://avesta.tj/2012/06/21/e-rahmona-konferentsii-rio-20-zatronul-vodnyj-vopros/>
158. Выступление Основателя мира и национального единства — Лидера нации, Президента Республики Таджикистан Эмомали Рахмона на заседании высокого уровня по проблемам воды и климата. Душанбе.

02.11.2021г. Электронный ресурс. Режим доступа: - <https://www.mfa.tj/ru/main/view/9017/vystuplenieprezidenta-respubliki-tadzhikistan-na-zasedanii-vysokogo-urovnya-po-problemam-vody-i-klimata>

159.Исаченко А.Г. Ландшафты, Геодезия и картография, 1989.- 503с.

160.Берг Л.С. Географические зоны Советского Союза / Л.С. Берг. – Москва, -Т. 1, 1947; -Т. 2, 1952.

161.Атлас - Природные Ресурсы Таджикской ССР. I, IV. Современное Оледенение. Душанбе-Москва. 1983 г.

162.ГОСТ 2761-84. Источники централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения. Гигиенические, технические требования и правила выбора.

163.ГОСТ 2874-82. Вода питьевая. Гигиенические требования и контроль за качеством.

164.Интегральная оценка качества воды реки Варзоб. /Амиров О.Х. Шарипов Ш.К. Муродов П.,Бокиев Б.Р.,Кобулиев З.В./Политехнический вестник. – Душанбе, ТТУ, №3(43). - 2018. - С.90-92.

165.Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования согласно Гигиеническим нормативам РФ (ГН 2.1.5.1315-03) Режим доступа: http://www.ohranatruda.ru/ot_biblio/normativ/data_normativ/41/41363/index.php

166.Электронный ресурс. <http://en.wikipedia.org/wiki>

167.Исследование критериев интегрированного управления водными ресурсами в бассейне Аральского моря. Ташкент: НИЦ МКВК, 2008г.

168.Абдушукуров, Д.А. Гидрогеохимические параметры качества воды в реках Таджикистана [Текст] / Д.А.Абдушукуров, З.Н.Салибаева // ISBN: 978-3-659-62661-6, изд. Ламберт, ФРГ, 2014. С. 1-13. <https://www.researchgate.net/publication/268814764>

169..[Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://smis-expert.com/blog/pezometry-v-sisteme-monitoringa-gidrotekhnicheskikh-sooruzheniy/>

170.Гусева, Т.В. Гидрохимические показатели состояния окружающей среды: справочные материалы / Гусева Т.В., Я.П. Молчанова, Е.А. Заика, В.Н. Виниченко, Е.М. Аверочкин; Под ред. Т.В. Гусевой. – М.: Социально-экологический Союз, 2000. – 148 с.

171.Стратегия развития водного сектора Таджикистана, -Душанбе, 2006. –94 с.

172.Саидов И.И., Гулов А.Б., Проблема рационального использования водных ресурсов в целях ирригации для условий Таджикистана, сборник научных статей, ТаджикНИИГиМ, Душанбе, 2016.-С. 63- 70

173.Руководство по технической инвентаризации объектов питьевого водоснабжения и водоотведения, Швейцарской Управление по развитию и сотрудничеству SDC, Душанбе – 2011г. - 81с.

174.Безопасность окружающей среды и здоровье населения./Почекаева Е.И., Попова Т.В./ Ростов-на-Дону,Феникс, 2013.- С.448.

175.Программа развития водного сектора Таджикистана на 2010-2015 годы / Проект отчета. -Душанбе, декабрь 2009г. - 96 с.

176.Руководство по специализированному климатологическому обслуживанию экономики / Под ред. Н.В. Кобышевой. // Главная геофизическая обсерватория им. А.И. Воейкова. СПб. 2008. - 336 с.

177.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, посв. Междунар. десятилетию действий «Вода для жизни» (2005-2015). – Душанбе, 2015. – С. 90-94.

178.Чембарисов Э. И., Проблемы интегрированного управления водными ресурсами, Водопользование и управление водными ресурсами, <http://www.cawater-info.net/pdf/chembarisov2010.pdf>

179.Концепция по рациональному использованию и охране водных ресурсов. –Душанбе, 2002. - 65с.

180.Охрана окружающей среды в Республики Таджикистан. Статистический сборник, 2021г. 56с.

М.Ш. ГУЛАЁЗОВ, А.Р. ФАЗЫЛОВ

**ГЕОГРАФО-ГИДРОЛОГИЧЕСКИЙ
И ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ
(Бассейн реки Варзоб, Таджикистан)**

Разрешено к печати 8.05.2026.
Подписано в печать 11.05.2026. Формат 70х100 1/16.
Бумага офсетная. Печать офсетная.
Гарнитура Times New Roman Tj.
Усл. печ. л. 8,2. Тираж 100 экз.

ООО “Садои Калб”, г. Душанбе, ул. Айни 267