

НАЦИОНАЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ НАУК ТАДЖИКИСТАНА
Институт водных проблем, гидроэнергетики и экологии
Научно-исследовательский центр экологии и окружающей среды
Центральной Азии (Душанбе)

На правах рукописи
УДК 913: 556.5(575.3)

ГУЛАЁЗОВ Маджид Шоназарович

**ГЕОГРАФО-ГИДРОЛОГИЧЕСКАЯ И ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ
ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ БАССЕЙНА РЕКИ ВАРЗОБ**

ДИССЕРТАЦИЯ

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

Научный руководитель:

доктор технических наук, доцент
Фазылов Али Рахматджанович

Душанбе – 2022

ОГЛАВЛЕНИЕ

		Стр.
	ПЕРЕЧЕНЬ СОКРАЩЕНИЙ И УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ.....	4
	ВВЕДЕНИЕ.....	5
Глава 1.	ФИЗИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РЕСПУБЛИКИ ТАДЖИКИСТАН.....	18
1.1	Географическое положение Таджикистана	18
1.2	Гидрологические и климатические условия Таджикистана	20
1.3	Физико-географическая характеристика бассейна реки Кафирниган.....	27
	Выводы по первой главе.....	30
Глава 2.	ТЕРРИТОРИАЛЬНО-ПРИРОДНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА БАСЕЙНА РЕКИ ВАРЗОБ	32
2.1.	Анализ и оценка состояния и развития Варзобского района Республики Таджикистан.....	32
2.2.	Природные условия и водно-ресурсный потенциал бассейна реки Варзоб	36
2.3.	Основные причины обострения экологической ситуации в бассейне реки Варзоб	44
	Выводы по второй главе.....	45
Глава 3.	ГЕОГРАФО-ГИДРОЛОГИЧЕСКАЯ ИЗУЧЕННОСТЬ ТЕРРИТОРИИ БАСЕЙНА РЕКИ ВАРЗОБ.....	47
3.1.	Районирование бассейна реки Варзоб.....	47
3.2.	Гидрологический режим и особенности формирования стока в бассейне реки Варзоб	54
3.3.	Анализ и оценка климатических условий бассейна реки Варзоб.....	58
3.3.1.	Анализ и оценка температуры воздуха бассейна реки Варзоб	58
3.3.2.	Особенности испарения в условиях горной местности бассейна реки Варзоб.....	62
3.3.3.	Анализ и оценка осадков по территории и высотным зонам бассейна реки Варзоб.....	70
3.3.4.	Анализ и оценка изменчивости площади оледенения бассейна реки Варзоб.....	74
	Выводы по третьей главе.....	81

Глава 4.	ОСОБЕННОСТИ ЗОНЫ ФОРМИРОВАНИЯ СТОКА РЕКИ ВАРЗОБ В УСЛОВИЯХ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА.....	84
4.1.	Исследования и оценка водного баланса реки Варзоб.....	84
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.....	95
	Выводы по четвертой главе.....	102
Глава 5.	АНАЛИЗ И ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ БАСЕЙНА РЕКИ ВАРЗОБ	105
5.1.	Методология и технические средства оценки качества воды реки Варзоб.....	107
5.2.	Исследования и оценка степени возможного ущерба от загрязнения водных ресурсов на экологическое и социально-экономическое состояние Варзобского района	114
5.3.	Пути решения проблем качества водных ресурсов и водная безопасность	118
5.6.	Выводы по пятой главе.....	124
	ЗАКЛЮЧЕНИЕ	126
	Выводы	126
	Рекомендации по практическому использованию результатов.....	129
	СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	132
	Список использованной литературы.....	132
	Список научных публикаций соискателя ученой степени.....	148
	ПРИЛОЖЕНИЯ.....	151

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 РТ	Министерство энергетики и водных ресурсов РТ
НАНТ	Национальная академия наук Таджикистана
НИЦОВР	Научно-исследовательский центр по охране водных ресурсов
НПК	Научно-практической конференции
НПО	Неправительственные организации
ОВОС	Оценка воздействия на окружающую среду
РКИК	Рамочная Конвенция ООН по изменению климата
ПР РТ	Правительство Республики Таджикистан
РТ	Республика Таджикистан
ЦУР	Цели устойчивого развития
ΔU , 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 , град С	Температура воздуха в градусах Цельсия
X , мм	Осадки
Y , мм	Поверхностный сток воды
Z , мм	Испарение с поверхности водосбора

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы диссертации. Водная безопасность является одним из ключевых вопросов, стоящих перед человечеством в XXI веке, который можно назвать “веком воды”. По данным ООН сегодня в мире от недостатка воды страдают более двух миллиардов человек и такая тенденция год за годом прогрессирует. Вода стремительно становится одним из самых дефицитных природных ресурсов.

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» 2005–2015 гг.» (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].

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

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

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 в качестве объекта нами 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» [5], включают 17 целей. Цель 6 определена в следующей редакции «Обеспечение наличия и рационального использования водных ресурсов и санитарии для всех»[5-7].

В этом контексте роль реки Варзоб, в частности по водообеспечению основной части населения города Душанбе, численность которого по

состоянию на 1 января 2021 года составляло 880,8 тысяч человек, неоценима. С учетом наблюдаемой деградации ледников бассейна реки Варзоб, рациональное использование и охрана её водных ресурсов становится важной задачей.

Реализация работ осуществлена с использованием современных методов исследований отличающиеся совершенными технологиями картографии, учёта и моделирования с использованием компьютерных технологий, а также всемерным применением методов и средств дистанционного зондирования земли и геоинформационной технологии.

Таким образом, реализация комплекса исследований по географо-гидрологической оценке водных ресурсов и анализ экологического состояния бассейна реки Варзоб является актуальной задачей.

Степень изученности данной тематики. В развитие теории и практики комплексного использования, управления и охраны водных ресурсов весомый вклад внесли 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. Кабанова, 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 ученые. Науке географии, экологии, в том числе гидроэкологии Таджикистана, последние 30 лет, посвящены труды У.М. Мирсаидова, У.И. Муртазаева, Х.М. Мухаббатова, К.И. Пачаджанова Д.Н., Сафиева Х.С., Патиной Д.Л., Джураева А.А., Норматова И.Ш., Наврузова С.Т., Абророва Х., Рахимова А. И., Амирзода О.Х., Абдушукурова Д.А. и др.

Исследования бассейна реки Варзоб осуществляются рядом научно-исследовательских институтов Таджикистана, в том числе Институтом водных проблем, гидроэнергетики и экологии Национальной академии наук Таджикистана (ИВП,ГЭиЭ НАНТ), Таджикским научно-исследовательским институтом гидротехники и мелиорации (ТаджикНИИГиМ) Министерства энергетики и водных ресурсов Республики Таджикистан, Государственным

учреждением «Научно-исследовательский центр по охране водных ресурсов» (НИЦОВР) Комитета охраны окружающей среды при Правительстве Республики Таджикистан, Научно-исследовательский центр Государственного комитета по землеустройству и геодезии при Правительстве Республики Таджикистана и отдельными структурами высших учебных заведений.

Связь темы диссертационной работы с научными программами.

Исследования, послужившие основой диссертационной работы, связаны с научной тематикой Института водных проблем, гидроэнергетики и экологии НАНТ, в разработке которых соискатель принимал также участие: Госбюджетная НИР, ГР 0115ТJ00481 «Динамика водного баланса бассейна реки Кафирниган», (2015-2019 гг.); Госбюджетная НИР, ГР 0115ТJ00480 «Оценка состояния подземных вод города Душанбе с использованием изотопной гидрологии», (2015-2019 гг.); Госбюджетная НИР, ГР 0120ТJ01029 «Проблемы формирования и регулирования твёрдого стока на водных объектах Таджикистана и пути их разрешения», (2020-2024гг).

Диссертационные исследования выполнялась также в рамках следующих программ республиканского и международного уровня: «Национальная стратегия развития Республики Таджикистан на период до 2030 года»; «Программа реформы водного сектора Таджикистана на период 2016-2025 годы; Научно-исследовательские проекты «Исследование и изучение водных ресурсов и их использование в Таджикистане», 2019-2021 гг., «Применение беспилотных летательных аппаратов для мониторинга типичных горных опасностей в Таджикистане» реализующийся Научно-исследовательским центром экологии и окружающей среды Центральной Азии (Душанбе).

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Детальные исследования режима рек бассейна реки Варзоб реализовываются в последние годы, но изучения связей гидрометеорологических элементов бассейна со стоковыми характеристиками рек бассейна практически не проводилось. Анализ и оценка существующих источников, позволяют утверждать, что, влияние гидрометеорологических факторов на формирование стока горных рек отличаются, от условий формирования стока предгорных рек. Своеобразное распределение осадков в горных районах, особенно твердых осадков и их аккумуляция, необычная для равнинных условий зональное распределение температуры воздуха и ее изменение с высотой, неравномерное и не единовременное таяние снежных запасов по всему бассейну, создают характерные особенности внутри годового распределения стока. Следует отметить, в связи с тем, что за последние годы образовался определенный объем банка данных, то выполнения водохозяйственных расчетов при решении проблемы орошения и рационального использования водно-энергетических ресурсов предопределилась необходимость сведения в одно целое все физико-географические и климатические характеристики, а также представление обобщенных данных по стоку рек бассейна.

Реализации комплекса исследований по географо-гидрологической оценке водных ресурсов и анализу экологического состояния бассейна реки Варзоб посвящена данная работа.

Цель исследований - изучение и оценка географо-гидрологических особенностей водных ресурсов и экологического состояния реки Варзоб.

Для достижения поставленной цели требовалось решить следующие **задачи:**

1. Оценить географо-гидрологическое состояние территории бассейна реки Варзоб, водные ресурсы и их качество, исследовать возможные пути рационального использования его стока.

2. Изучить влияние изменения климата на водный баланс малых горных рек, на примере бассейна р. Варзоб.

3. Исследовать по климатическим зонам пространственное распределение атмосферных осадков и температурный фон бассейна реки Варзоб.

4. Осуществить мониторинг влияния залегания снежного покрова и оледенения территории бассейна реки Варзоб, в условиях климатических изменений, на его сток.

5. Исследовать особенности экологической ситуации водных ресурсов в Варзобском районе.

6. Развить методику использования данных дистанционного зондирования и геоинформационных технологий для оценки изменения климата и водного баланса реки в условиях горной местности при недостатке информации наземных наблюдений.

7. Разработать рекомендации, с учётом экологических требований, рационального использования водных ресурсов бассейна реки Варзоб.

Объект исследования - водные ресурсы и водные объекты бассейна реки Варзоб.

Предмет исследования - географо-гидрологические и экологические особенности и водные ресурсы бассейна реки Варзоб; пути рационального использования водных ресурсов.

Теоретической основой исследований является выявление причинной связи вод района исследований, с географическим ландшафтом в целом, включая наряду с климатом, геологией, геоморфологией, почвы, растительность и на основе этой связи установление характеристики свойств

самых вод, в зависимости от тех природных условий, в которых эти воды находятся, осознавая, важнейшую роль физико-географических факторов.

Методы исследования. В исследованиях использованы разные методы - от традиционных методов математической статистики и географо-гидрологических обобщений до геоинформационных методов, а также программные комплексы- Exel, Statistika, ArcGis. Анализ и оценка гидрометеорологических данных осуществлены построением графиков и карт, применением методов гидрологической аналогии и географо-гидрологической оценки. Исследование закономерностей формирования годового стока и выявление его основных факторов выполнено путем построения эмпирических графиков связи, надежность которых оценивалась корреляционным анализом. Оценка климата осуществлена методами расчетов и моделирования цифровых карт климатических параметров в программе ArcGIS, что позволило получить параметры водного баланса исследуемой территории. Для расчета полей осадков была использована информация из Всемирной климатической базы данных (WCD), а вычисление полей и объема твердых осадков (снега) выполнено при температуре воздуха $T \leq 0$. Испарения и испаряемость осуществлены с использованием эмпирических формул. Для оценки изменения гляциологических параметров были использованы архивные данные и снимки спутника Ландсат за 2021 г, а объем льда подсчитан по эмпирическим формулам. Реализация исследований осуществлена также использованием данных гидрометеорологических станций, справочников, архива ГМС и др. Расчеты реализованы с использованием современных компьютерных технологий.

Основная информационная и экспериментальная база.

Информационной базой настоящей диссертационной работы являются научные труды: учебники, статьи периодических научных журналов, материалы научных конференций, диссертации и монографии, посвященные

географо-гидрологическим и экологическим исследованиям бассейнов рек горно-предгорной зоны

При выполнении диссертационной работы были использованы экспериментальная (лабораторная) база Научно-исследовательского центра экологии и окружающей среды Центральной Азии (Душанбе) Национальной академии наук Таджикистана.

Научная новизна диссертации: внесен вклад в исследования географо-гидрологических и экологических особенностей и водных ресурсов бассейна реки Варзоб с учетом влияния климатических изменений.

В частности:

- Впервые осуществлены комплексные исследования по географо-гидрологической и экологической оценке состояния бассейна и водных ресурсов реки Варзоб, с учетом влияния климатических изменений;

- Исследовано пространственное распределение осадков и температуры по климатическим зонам и их влияние на водные ресурсы бассейна реки Варзоб;

- Проведены мониторинговые исследования влияния залегания снежного покрова и оледенения бассейна реки Варзоб на формирование её водных ресурсов;- Оценено современное состояние и разработаны рекомендации по применению результатов исследований в водохозяйственных расчетах при решении проблем водной безопасности в Варзобском районе.

Основные положения, выносимые на защиту:

1. Результаты исследования водных ресурсов бассейна реки Варзоб и оценки его географо-гидрологических и экологических особенностей.

2. Выявленные тенденции пространственного распределения осадков и температуры по климатическим зонам бассейна реки Варзоб.

3. Результаты мониторинговых исследований залегания снежного покрова и оледенения бассейна реки Варзоб с учетом влияния климатических изменений.

4. Прикладные аспекты рационального использования водных ресурсов бассейна реки Варзоб при решении проблем водной безопасности.

Теоретическая значимость диссертационной работы заключается в решении задач, связанные с мониторингом, использованием и сохранением водных ресурсов бассейна реки Варзоб; в разработке прогнозов состояния водных ресурсов данного бассейна и создания возможной системы управления водными объектами, с учетом экологических требований и обеспечения водной безопасности.

Практическая значимость работы заключается в:

- проведении мониторинговых исследований климатических переменных, а также залегания снежного покрова и оледенения в условиях влияния изменения климата, используемые при прогнозе водности рек бассейна реки Варзоб;

- выявлении особенностей формирования водных ресурсов реки Варзоб, используемые при гидрологических, водохозяйственных и экологических расчетах по бассейну реки Варзоб;

- разработке конкретных планов мероприятий для улучшения водохозяйственной деятельности и водной безопасности, применяемые для рационального использования и охраны водных ресурсов реки Варзоб;

- оценке современного состояния водной и экологической безопасности Варзобского района.

- результаты исследований могут быть применены в учебном процессе в высших учебных заведениях и институтах, готовящие бакалавров и магистров соответствующего профиля, при чтении лекций и на практических занятиях, а также при проведении лабораторных и полевых работ для студентов по

специальным курсам: «Гидрология» «Физическая география», «Гидрология, гидрометрия и регулирование стока», «Водообеспечение и рациональное использование», «Климатология и метеорология», «Рациональное использование и охрана водных ресурсов», «Комплексное использование и охрана водных ресурсов», «Водоснабжение, водоотведение и охрана водных ресурсов», а также по специальностям «Управление водными ресурсами», «Гляциология», «Интегрированное управление водными ресурсами» и другие;

- результаты исследований могут быть применены при разработке учебных планов, рабочих программ и syllabus по соответствующим дисциплинам.

Соответствие содержания диссертации паспорту научной специальности. Содержание диссертационной работы соответствует следующим пунктам паспорта специальности 25.00.27 - Гидрология суши, водные ресурсы, гидрохимия:

1. Теоретические и методологические основы гидрологии, гидрографии речного стока, лимнологии, русловых и устьевых процессов, гидрохимии, гидроэкологии.

3. Проблемы региональной гидрологии подобия и различия водосборных территорий по условиям формирования речного стока, генезиса составляющих стока, физической и схластической природы колебаний водности рек, пространственно-временной изменчивости региональных и местных водных ресурсов.

9. Разработка теории и методологии гидроэкологии, изучение водных экосистем, теория взаимодействия абиотических и биотических компонентов этих систем, методы оценки экологически значимых гидрологических и гидрохимических характеристик.

10. Разработка научных основ обеспечения гидроэкологической безопасности территорий и хозяйственных объектов, экономически

эффективного и экологически безопасного водопользования и водопотребления, планирования хозяйственной деятельности в областях повышенного риска опасных гидрологических процессов, защиты водных объектов от истощения, загрязнения, деградации, оптимальных условий существования водных и наземных экосистем.

Достоверность результатов работы заключается в:

- применении существующих современных методов и средств исследований;
- использовании большой базы данных по исследованиям бассейна реки Варзоб;
- подтверждении результатов натурных исследований в сравнении с результатами других исследователей;
- реализации экспериментальных лабораторных исследований с использованием существующих современных приборов и установок;
- использовании современных средств и технологий дистанционного зондирования земли;
- применении методов статического анализа и критериев статистической оценки результатов, подтвердившие необходимой повторяемостью полученных результатов и сопоставлением с данными других авторов;
- одобрении, на научных семинарах и конференциях различного уровня.

Личный вклад автора. Диссертация является результатом многолетних исследований проведенных на научно-исследовательской базе Института водных проблем, гидроэнергетики и экологии НАНТ и Научно-исследовательского центра экологии и окружающей среды Центральной Азии (Душанбе).

Постановка проблемы, целей и задач, осуществление обоснования снежного покрова и осадкам, заключения и предложения, а также формулирование основных выводов выполнены лично автором диссертации.

Апробация результатов. Основные результаты диссертации были доложены и обсуждены на международных и республиканских научно-практических конференциях (НПК): международном симпозиуме по географической среде и информатике (г. Гонконг, КНР, 2017); междунар. конф. ГИС в Центральной Азии – ГИСЦА 2017 “Геоинформационные науки для устойчивого развития” (г. Душанбе, 2017г.); междунар. НПК «Вода для устойчивого развития Центральной Азии» (г. Душанбе, 2018г.); междунар. НПК «Современные методы исследования и оценки для мониторинга окружающей среды, управления земельными и водными ресурсами в сельскохозяйственных ландшафтах Центральной Азии» (г. Алматы, 2019); междунар. НПК «Зеленая, эксклюзивная и устойчиво развивающаяся Азия» (г. Ченду, КНР, 2019); Международная онлайн-конференция «Оценка воздействия изменения климата на экосистемы Центральной Азии» (27 ноября 2020 г., г. Душанбе, Таджикистан); международной научно-практической конференции (НПК) «Современное состояние ледников, оледенение и криосфера в процессе глобального потепления» (г. Душанбе, 2021); Международная научная конференция «Развитие Шелкового пути, адаптация к изменению климата, экология и защита окружающей среды» (20 октября 2021 г., г. Душанбе, Таджикистан); Международный онлайн-симпозиум «Водные ресурсы Центральной Азии: формирование, геоэкология, устойчивость в условиях изменения климата» (4 июня 2021 г., г. Душанбе, Таджикистан); Вторая международная Конференция высокого уровня по международной Декаде действий «Вода для устойчивого развития, 2018-2028»; Республиканской научно-практической конференции «Водохозяйственный комплекс: проблемы и пути их решения» посвященная Международному десятилетию действий «Вода для устойчивого развития» 2018-2028годы (г. Душанбе, 2022); Международная научно-практическая конференция «Водная безопасность - основа устойчивого развития», посвященная, Международному десятилетию действий «Вода для

устойчивого развития», 2018-2028гг. и 20-летию образования Института водных проблем, гидроэнергетики и экологии НАНТ (г. Душанбе, 5-6 октября 2022г.)

В период с 2008 по 2019 гг. прошел подготовку и переподготовку в различных семинарах, тренингах, специализированных школах Таджикистана, Китая, Индии, Казахстана, Кыргызстана, (подтверждены соответствующими сертификатами и дипломами) по проблемам водных ресурсов, экологии и охраны окружающей среды.

Публикации. Основные результаты исследований по теме диссертации изложены в 14 научных трудах, в том числе 5 научных статей в ведущих рецензируемых научных журналах ВАК при Президенте Республики Таджикистан.

По результатам исследований получены 2 малых патента Республики Таджикистан № TJ 1303; № TJ 1304 (Бюл. 188, 2022).

Структура и объем диссертационной работы. Диссертационная работа изложена на 155 стр. компьютерного текста, из них 131 стр. основного текста, и состоит из введения, 5 глав, общих выводов и приложений. В работе содержится 55 рисунков и 20 таблиц. Список использованной литературы включает 175 наименований, в том числе 13 на иностранных языках.

Автор глубоко благодарен и признателен своему научному руководителю, доктору технических наук, доценту, заведующему лабораторией «Гидротехнические сооружения» Института водных проблем, гидроэнергетики и экологии НАНТ Фазылову Али Рахматджановичу, за чуткое руководство, советы, ценные замечания и помощь в работе над диссертацией на всех её этапах выполнения.

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, занимает площадь 142,6 тыс. км². с отметками абсолютных высот от 300 до 7495 м. простирается между 36° 38' и 41° 07' северной широты и между 07° 31' и 76° 14' восточной долготы (от Гринвича), и вытянута с запада на восток на 690 км [5].

«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)» [8]. (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 (910 км) Республика Узбекистан, на севере (630 км) Кыргызская Республика, на

юге (1030 км) Афганистан, на востоке (430 км) Китай» [9,10]. Территория РТ характерна различными физико - географическими условиями местности, местами основательно отличается по комплексу слагающих ее ландшафтных элементов от примыкающих пространств Центральной Азии. Причем присутствуют отдельные районы, по характеру рельефа, 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).

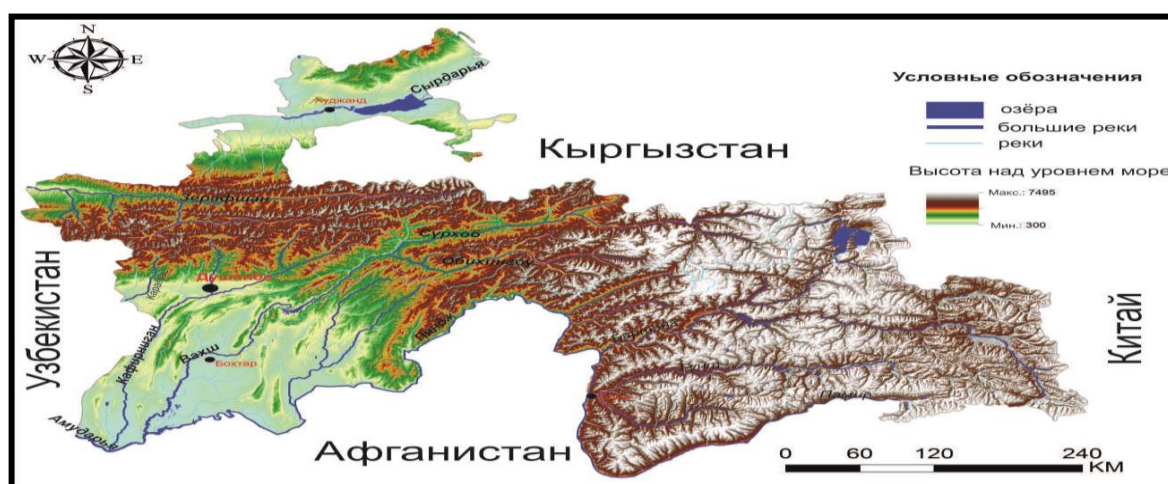


Рисунок 1.2 – Физическая карта Таджикистана

На западе Ферганской долины, в зоне Голодной степи расположена северная территория РТ [11]. Следующая далее к югу широтная полоса начинается на востоке Алайским 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 востоку 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 Гамалаев. 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 оледенелым горами, а их вершины лежат 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 13.4тыс. 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 длинее 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, Кызылсу-Яхсу (рисунок 1.3). Северо-восточный Памир отнесен к бессточным бассейнам [12].



Рисунок 1.3. – Месяцы наибольшего стока рек Таджикистана

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].

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

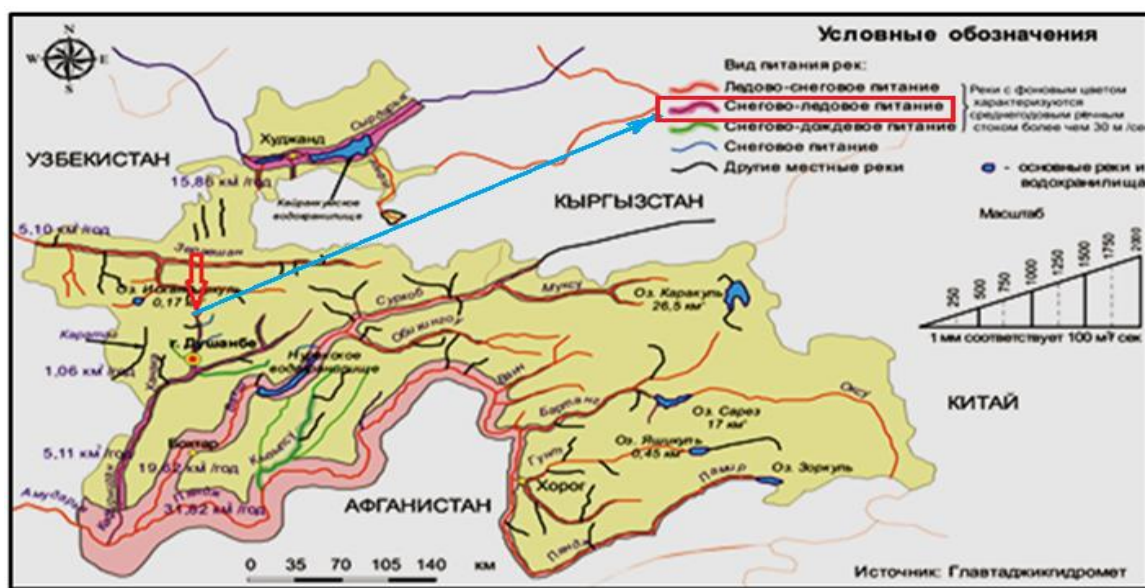


Рисунок 1.4 – Среднегодовой речной сток и тип питания рек Таджикистана [14]

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.

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 или 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 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 затем 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 Туркестане преобладают холодные Северо-Восточные ветры, т.к. они исходят из Сибирского антициклона, на территории Таджикистана влияние этого холодного воздушного течения ослабевает, в силу наличия горных систем, т.к. Таджикистан загорожен 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 отрог на восток, в Европу, в связи, с чем Таджикистан находится под влиянием сложной воздушной циркуляции. Исходящие от отрога воздушные течения проникают в Туркестан в виде северо-западных ветров.

В связи с особенностями орографии Таджикистана: - расхождение и понижение горных цепей 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.

Особенности географического положения республики, ясность неба, сухость воздуха и сильная инсоляция, создают в летних условиях в Таджикистане 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 Аму-Дарья, где средняя июльская температура воздуха доходит в Дусти да 30.0° . Значительную температуру летом имеет и север Таджикистана. Так, средняя июльская температура в Худжанде равна 27.6° , в Аште $27,0^{\circ}$, в Пенджикенте $25,2^{\circ}$. Сильному летнему нагреванию низких частей 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 Аму-Дарьи и Пяндж, где абсолютная температура воздуха достигает 45° .

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, незащищённость земной поверхности облачным покровом от лучеиспускания – все это способствует очень сильному охлаждению поверхности земли. В связи с особенностями орографии: - наличием замкнутых котловин, в которых может скапливаться холодный тяжёлый воздух, зима на Памире очень сурова и продолжительна. Средняя многолетняя температура воздуха января месяца для Мургаба равна $-17,7^{\circ}$, 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, имеет зиму уже более мягкую, значительно мягче, чем на Памире. В этих районах имеет место длительное залегание снежного покрова, в зависимости от высоты иногда 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%-тах территории отсутствуют совсем.

Климатические особенности Таджикистан сами по себе довольно многообразны и целиком зависят, как от широтного положения республики, а также от ее орфографических особенностей. В Таджикистане – стране гор, как в 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» [16].

1.3. Физико-географическая характеристика бассейна реки Кафирниган

Река Кафирниган, правый приток реки Амударья, одна из крупных 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 1.5. представлена схема главных речных бассейнов, в том числе бассейн реки Кафирниган (3).



Рисунок 1.5 – 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*».[17].

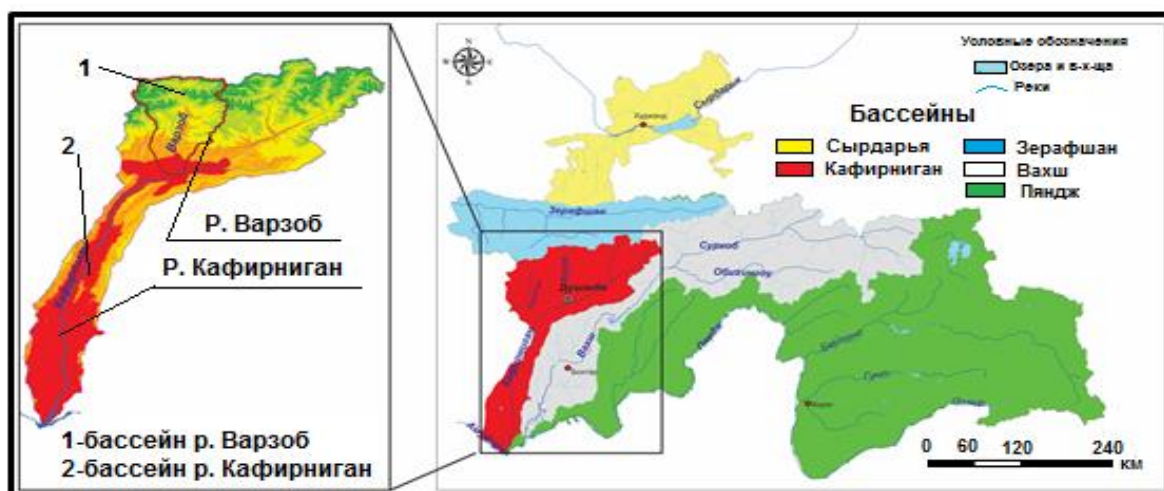


Рисунок 1.6. Карта бассейна реки Кафирниган

Свое начало река Кафирниган берет начало у села Ромит, на южных склонах Гиссарского хребта, образующий водораздел бассейнов рек Зеравшана и Аму- Дарья (Рисунок 1.6.) [6-А].

На рисунке 1.7. приведена карта бассейна реки Кафирниган.



Рисунок 1.7. 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: Гулаёзов М.Ш., Наврузишоев 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 1.8).

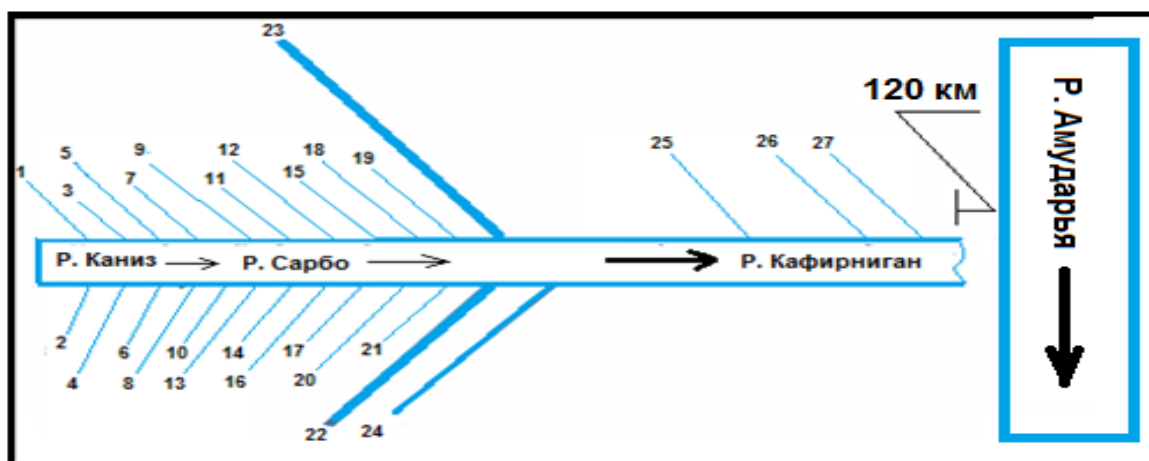


Рисунок 1.8. Гидрографическая схема бассейна реки Кафирниган. 1-Оби сафед, 2-Оби барзанги, 3-Заркамар, 4-Хонака, 5-Махалкуми, 6-Сорбуг, 7-Севидара, 8-Сурхоб, 9-Магаси, 10-Вали, 11-Товаши, 12-Авдол, 13-Сардаимёна, 14-Азрек, 15-Пандема, 16-Оби-ёс, 17-Магов, 18- Без названия, 19-Яккабед, 20-Юмос, 21-Семегани, 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 чем 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, берущей также свое начало в южных склонах Гиссарского хребта и являющейся притоком р. Сурхан-Дарья. 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 речки 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» [18] .

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.

Выводы по первой главе

1. Проведён анализ водных ресурсов, природных условий речных бассейнов Республики Таджикистан и выявлены их основные характеристики и установлено, что территория РТ, характерна пятью природно-географическими областями Восточный Памир, Западный Памир, Юго-Западный Таджикистан,

Центральный Таджикистан и Северный Таджикистан. Горные системы Таджикистана образуют гидрогеографические области, формируя речные системы рек Амударьи и Сырдарьи. Гидрографическая сеть РТ включает в себя 25800 рек, протяженностью 69,2тыс. км, а речные бассейны по гидрографическому положению выделены в отдельные речные бассейны: Сырдарья, Вахш, Пяндж, Зерафшан, Кафирниган.

2. Особенности географического положения республики, ясность неба, сухость воздуха и сильная инсоляция, создают в летних условиях в Таджикистане значительный нагрев поверхности почвы и прилежащих слоев воздуха. Именно такой характер имеют Гиссарская равнина, расположенная в Западной части, к югу от Гиссарского хребта и долина рек Аму-Дарьи и Пяндж, где абсолютная температура воздуха может доходит до 45°.

4. Река Кафирниган, правый приток реки Амударья, одна из крупных в РТ, с общей водосборной площадью бассейна в 11600 км² кв. и протяженностью 387 км, обеспечивает водой Гиссарскую долину. Значительная расчленённость южного склона Гиссарского хребта благоприятствует образованию множества рек и речек, являющихся притоками реки Кафирниган, основными из которых считаются - *река Варзоб (справа)* и река Ханака (слева).

5. Учет ограниченности водного ресурса и экологически допустимого воздействия на речные бассейны, комплексное управление водными ресурсами с обеспечением безопасности водохозяйственной инфраструктуры и водной безопасности являются основой устойчивого экономического и социального развития Республики Таджикистан.

Глава 2. ТЕРРИТОРИАЛЬНО-ПРИРОДНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА БАССЕЙНА РЕКИ ВАРЗОБ

2.1. Анализ и оценка состояния и развития Варзобского района

«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).

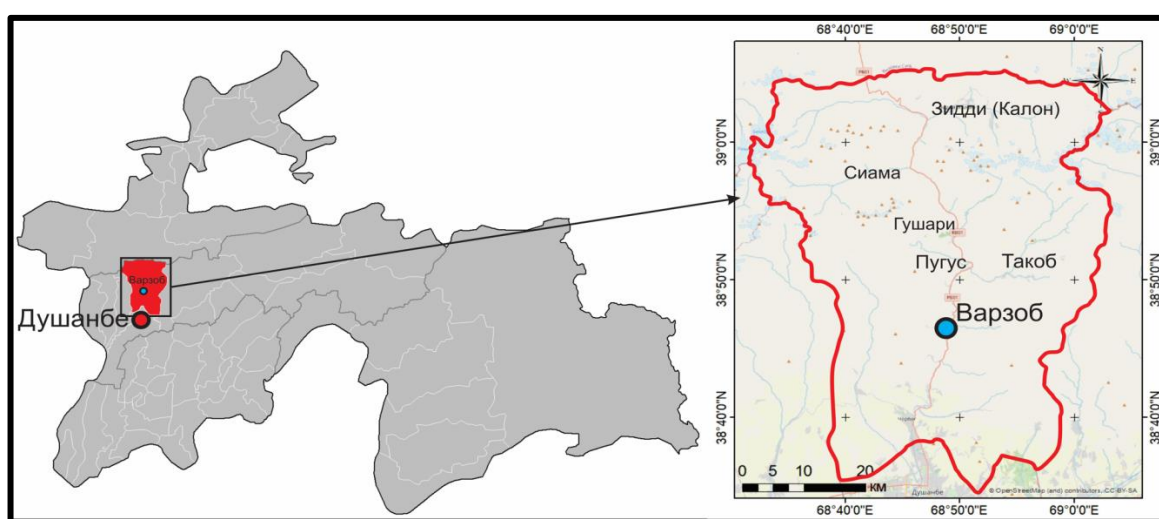


Рисунок 2.1. Схематическая карта Таджикистана и административная схема-карта территории Варзобского района

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» [19]. Демографический рост, (прирост населения к 2030 году прогнозируется до 130000 человек) [19-21] 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 [1-А].

Охрана и бережное отношении к природе, водным ресурсам защита и сохранение ландшафтного и биоразнообразия, при ограниченности природных ресурсов, способствуют дальнейшему социально-экономи-ческому развитию территории и позволить создать достойные условия жизнедеятельности населения района, а достаточное финансирование в области экологии является архиважной задачей [22,23].

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, на ряду 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» [24,25].

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 р. 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 информации) 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» [26-33].

«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 [30,33,34]. 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» [33].

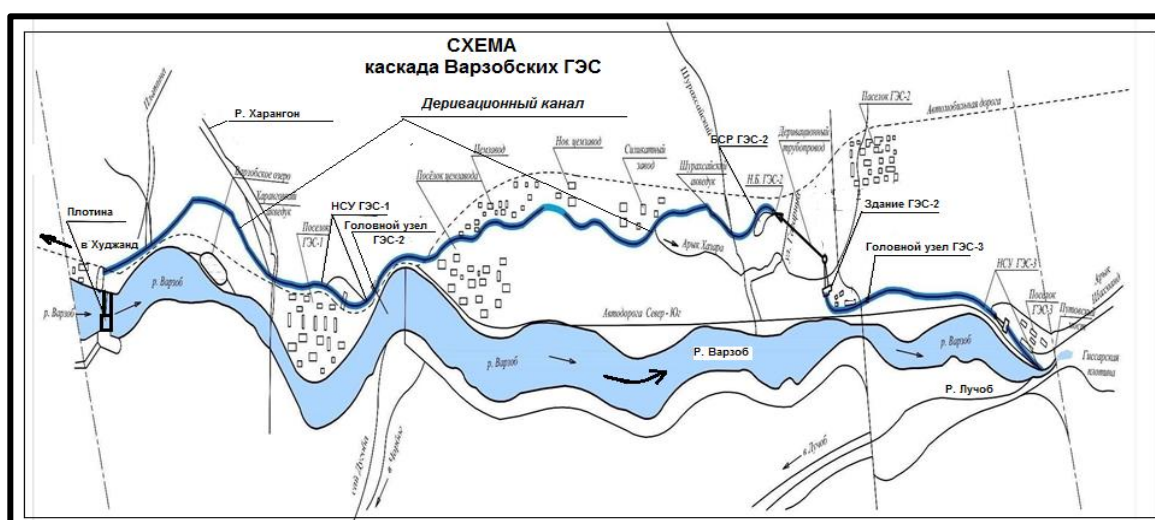


Рисунок. 2.2. Схема участка реки Варзоб с каскадом ГЭС

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, построены 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

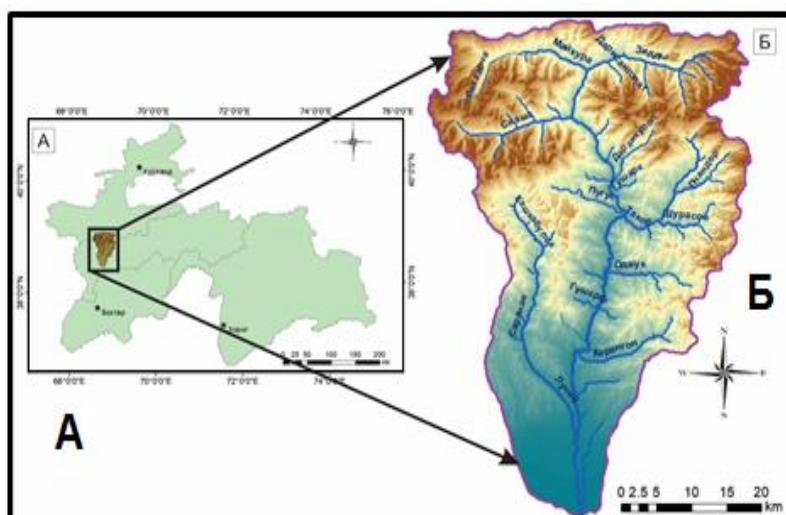
особенностей территориальной изменчивости элементов водного баланса; разработка математического аппарата расчета годового испарения; разработка методики построения карт составляющих водного баланса.

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.

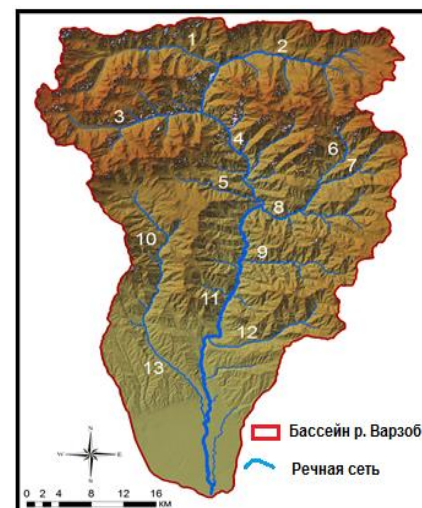
Оценка современного состояния оледенения бассейн реки Варзоб, проводился на окончание периода абляции в различные годы в восьми спектральных диапазонах (программа Landsat), а также использована цифровая карта рельефа (DEM) полученная на основании данных радарного дистанционного зондирования. Сравнительный 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 Республики Таджикистан

«Река Варзоб - самый крупный и многоводный приток реки Кафирниган [35] течёт с южного склона Гиссарского хребта, территория бассейн 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»[1А, 6-А] (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- Дараикуллол, 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., 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» [2-А, 6-А].

«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» [26,27,33,36-38, 2-А, 6-А] (табл. 2.1, рисунок 2.5).

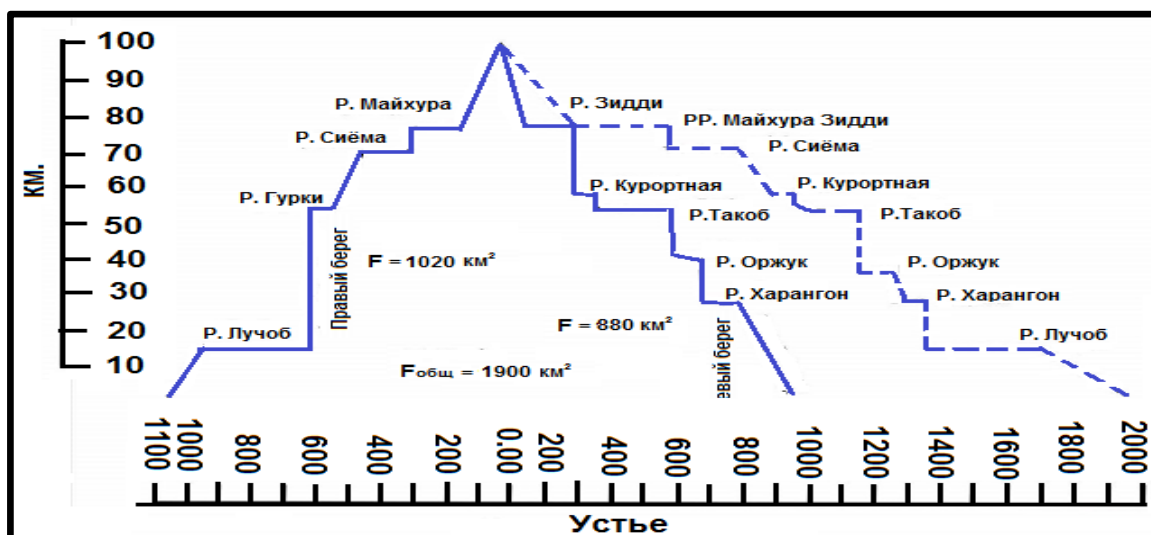


Рисунок 2.5. Схема увеличения площади бассейна р. Варзоб

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-Оби-Гарм*, др. Основное питание рек - снеготаяние и большое 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 [39]. 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) определяют состояние качество 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.) [20,40].

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 реки Варзоб при снижении уровня воды резко сокращается содержание в нем кислорода и увеличивается бактериальное загрязнение. На сегодня в районе учет сброса сточных вод в построенные поверхностные водоемы не ведется и практически не поддается контролю. Показатели качество 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 текущих 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» [41,42].

Большие и малые потоки воды в пределах водосборного бассейна смывают 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» [42,43].

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 в год. В среднем ежегодно выносятся 410 тонн взвешенных наносов, что при общей площади водосбора 431 км^2 вынос наносов доходить до 17610 тонн. В

принципе это небольшая величина, хотя в водосборе р. Кафирниган, выпадает большое количество осадков и наблюдается высокая удельная водоносность [43].

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 мг/л, а по отдельным показателям в сторону увеличения, например, жесткость воды повысилась от 1,2 до 2,3 мг/л.» [2-А].

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.



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

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.

В последние годы, возрастания антропогенного воздействия, наблюдается повышение, стандартных значений, в среднем более 30 раз, содержания

наносов. Бесконтрольная вырубка лесов (особенно последние десятилетия прошлого века) усилились процессы эрозии почвы и опустынивания [25,43-46].

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 рН, биологическое потребление кислорода БПК₅ и содержание растворенного кислорода, находят отношения $C_i / \text{ПДК}_i$ 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» [47]

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 2-6	V
Очень грязные	Более 6-10	VI
Чрезвычайно грязные	Свыше 10	VII

Особенностью качества воды рек бассейна реки Кафирниган вообще и р. Варзоб является то, что она классифицируется как очень чистая (I класс) и в некоторых отнесены к II классу (чистая вода) [47,48]. 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. [47-51]. 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) [2А].

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 причинах 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[52,53]. Своеобразное распределение осадков в горных района, 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 [54-57].

Таким образом, возникла необходимость реализации комплекса исследований по географо-гидрологической оценке водных ресурсов и анализ экологического состояния бассейна реки Варзоб, на основе сведения в одно целое все физико-географические и климатические характеристики бассейна, а также представление 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.

Выводы по второй главе

1. Водные ресурсы реки Варзоб, востребованы не только для Варзобского района, но также и населенных пунктов и агломераций в низовьях; решения водноэнергетических проблем и т.д., относится к типу рек, водный баланс которой формирует климат образованной рельефом местности, в пределах его бассейна, а изменение климата в свою очередь весьма многогранно влияют на её изменение, требующие особого внимания по организации рационального водопользования и охраны её водных ресурсов.

2. Расчет, выполненный с использованием данных дистанционного зондирования, позволил установить, что площадь водосбора р. Варзоб, с диапазоном высот от 800 м до 4900 м. над у.м, примерно равна 1697 км², в то время, как по данным других исследователей площадь водосбора определена от 1680 км² до 1900 км².

3. Качество воды притоков и воздействия природно-климатических факторов определяют состояние качество воды реки Варзоб. Одним из основных факторов ухудшения экологического, в том числе и гидроэкологического состояния на территории бассейна реки Варзоб является значительное

антропогенное воздействие (человеческий фактор и его жизнедеятельность), на водные ресурсы. К основным причинам обострения экологической ситуации также отнесены: экстенсивное использование гидроресурсов; размещение на малых площадках большого количества застроек и т.д. Существующие пункты наблюдения за качеством воды не обеспечивают оперативной информацией о её состоянии.

4. Применение, в условиях горного рельефа, современных методов геоинформационных технологий (ГИС-технологий) и данных дистанционного зондирования земли (ДЗЗ), в том числе с применением беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) значительно расширяющие возможности мониторинга с воздуха, обеспечивающие высокую детализацию в процессе аэрофотосъёмки, способствуют получения оперативной информации о состоянии исследуемой территории.

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 [3-А].

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 Шутур-Гардак 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. Впоследствии, 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» [1-А].

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

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

В виду того, что в верхнем течение реки, р. Варзоб много незначительных по длине или действующие только в период таяния снегов, либо при прохождении ливневых дождей притоков, то кажется, что здесь отсутствуют притоки. Вместе с тем следует отметить, что наличие притоков зависят от сезона или от климатических условий. Расположение притоков по трассе реки, равномерно (Рисунок 3.1) [2-А].

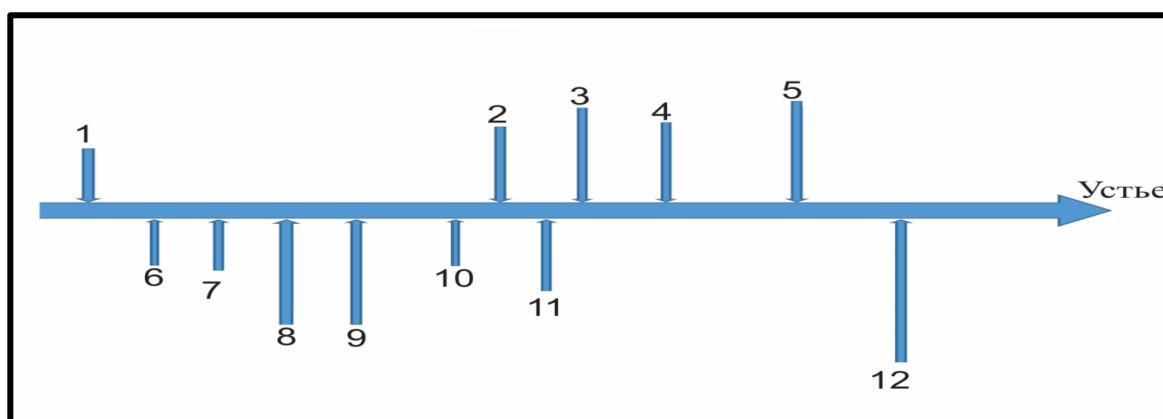


Рисунок 3.1. Схема всех притоков реки Варзоб: 1- Без названия, 2- р. Курортная, 3- р. Такоб, 4- р. Оджук, 5- р. Харангон, 6- р. Сангалт , 7- р. Дарисангалт , 8- р. Майхура, 9- р. Сиёма, 10- р. Ходжа оби гарм, 11- р. Гурке 12- р. Лучоб

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 [1-А, 19].

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

В виду того, что сезонные снега и ледники являются Основным источником питания, р. Варзоб отнесена к типу рек со снегово-ледниковым питанием, подтверждающая полученные стоковым коэффициентом, подсчитанным по методу В.А. Шульца [55-59]. 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) [1-А, 6-А].

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 км^2 , 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 .

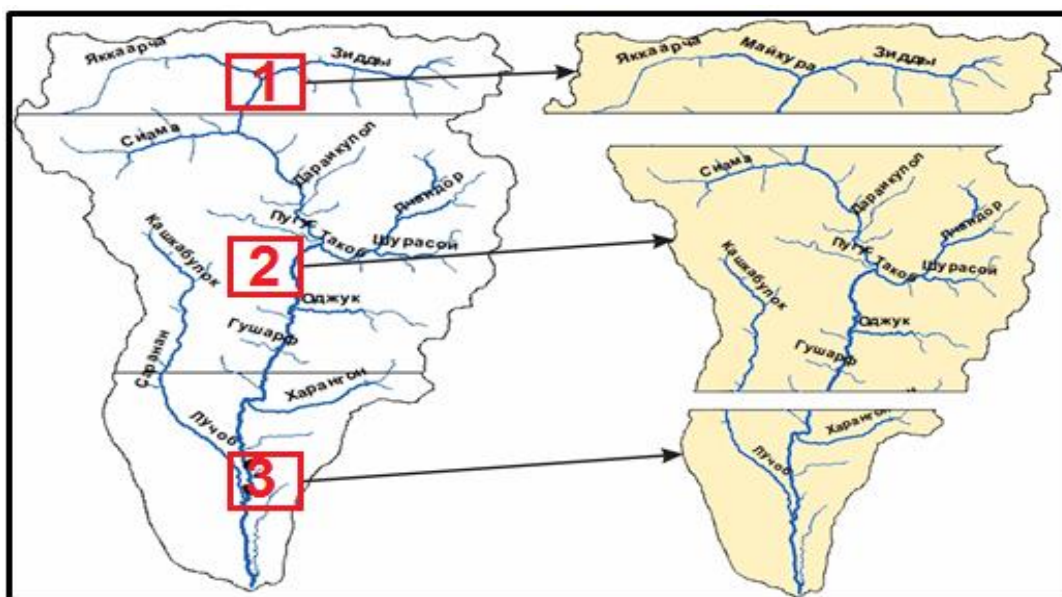


Рисунок 3.2. Схема разделения на 3 участка (района) бассейна реки Варзоб

В верхней части своего течения р. Варзоб является типичной горной рекой, текущая в каменистом, иногда сжатом отвесными скалами русле, изобилующим 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. [60-63] 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 отвесные, часто расчлененные глубокими боковыми саями. Преобладающая ширина долины, по ее низу, 50-100 м. В районе кишлака Газори 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 [1-А].

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 [1-А, 2-А].

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 ($50-60^\circ$) [1-А].

В большинстве случаев выпуклые. В долину 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 [1-А]. 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, на плесах 1-1,3 м. [1-А].

Третий участок реки: Длина в 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 км², при среднем годовом расходе 6,13 м³. Рассматриваемый участок характерен резким понижением южных отрогов Гиссарского хребта, а в районе территории г. Душанбе р. Варзоб выходит в Гиссарскую долину [1-А].

Преобладающим рельефом местности на данном участке является крупно-холмистость, с относительной высотой понижеия 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°, ниже - 15-20°, в устье 1-3°. 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 м³/с. В меженный период почти вся вода реки Варзоб забирается в канал [1-А].

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 [1-А].

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» [19]. В частности в бассейне р. Майхура повсеместно распространены и наибольшую реальную угрозу представляют лавины. Наиболее благоприятными для лавинообразования являются склоны крутизной 25-45°. Наибольшее количество снежных лавин приурочено к высотным зонам 2000-3000 м (76%), 3200-3500 м (13%) и 3500-3800 м и выше (11%). ны, не превышающей 3,5 км [19].

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 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, характеризующейся 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)» [19] .

Анализ стока р. Варзоб по ежегодным данным гидрологической станции Дагана площадь водосбора, составляет 1270 км² [49], а по расчетам с использованием современных средств ДЗЗ установлено, что площадь равна 1281 км². Среднегодовой расход воды реки Варзоб (ГП Дагана) составляет 45,5 м³/с (рисунок 3.3).

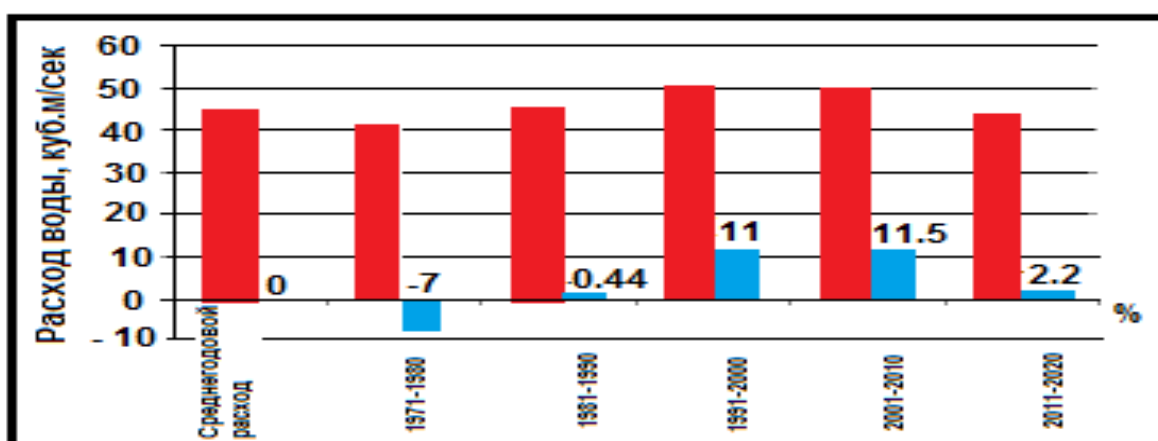


Рисунок 3.3. Сравнение расходов воды разных периодов

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 км^3 в год [1-А]. На рисунке Т приведены данные среднемноголетний расход воды за период 1991-2016 гг., (ГП «Дагана»).

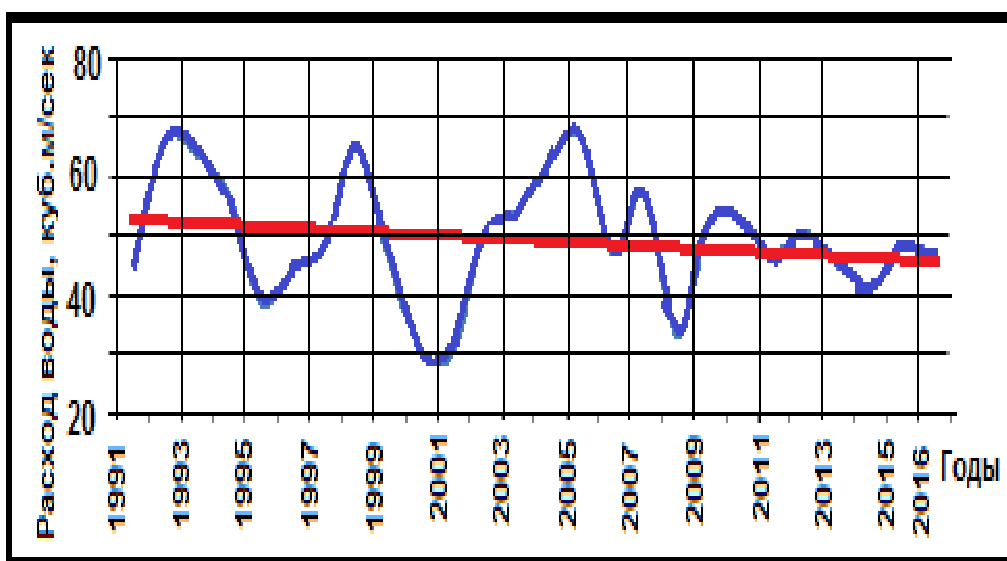


Рисунок 3.4. Среднемноголетний расход воды за период 1991-2016 гг., (ГП «Дагана»)

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 гидропоста: 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 1991-2016гг. - 49,7 м³/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, м ³ /с	Разница
1931-1952 годы	22 года	45,8	3,9 м ³ /с
1991-2016 годы	26 лет	49,7	(8,51%)

Установлено, что наибольший расход был равен 326 м³/с. При этом средний расход за вегетационный период составил 73,9 м³/с, а за не вегетационный период - 15,8 м³/с. Средний годовой наибольший расход за зимний период - 13,3 м³/с (1942 г.), наименьший средний годовой расход - 36,3 м³/с (1938), а наибольший среднегодовой расход в 1952 году составил 61,5 м³/с.

В соответствие 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).

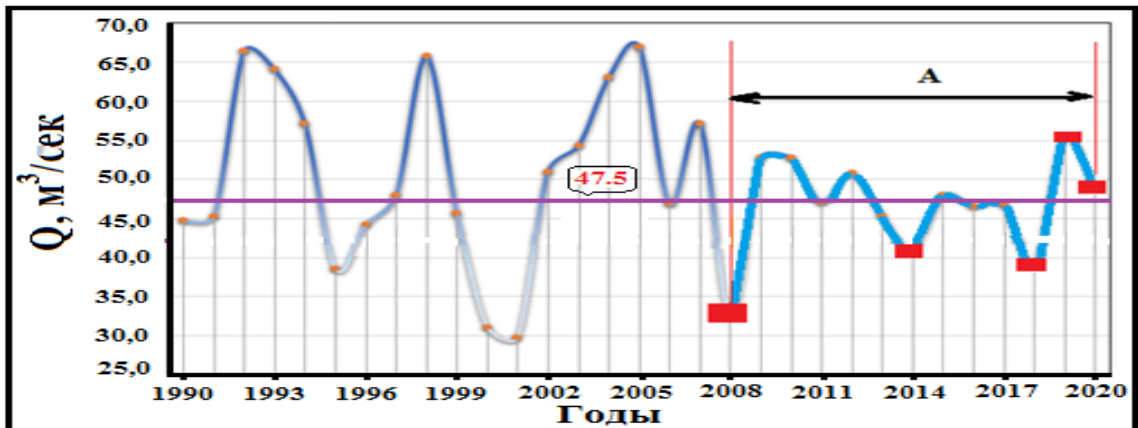


Рисунок 3.5. Расход воды р. Варзоб в условиях климатических изменений.

А - Область дополнительных исследований

Следует отметить, что в течение года расход воды в реке возрастает весной и достигает максимума в июне, который достигает $115 \text{ м}^3/\text{сек}$, а в зимой расход воды снижается до $15 \text{ м}^3/\text{сек}$, что подтверждает преобладание снежного питания в бассейне реки, за счет весеннего летнего (начальный период) интенсивного таяния, накопившегося за зимний период, снега [б-А].

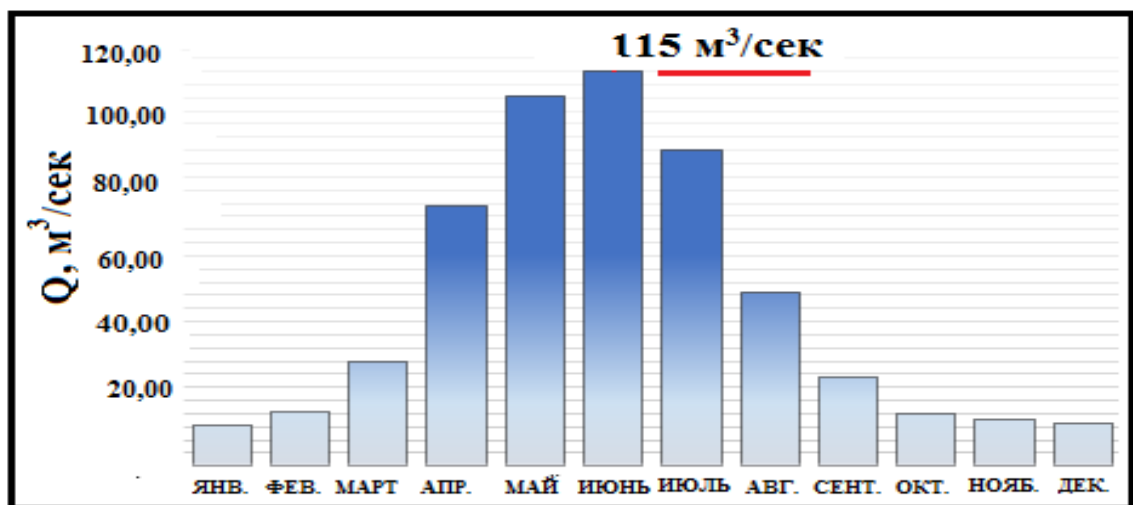


Рисунок 3.6 Значения среднегодового расхода воды (по месяцам) в реке Варзоб.

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 [36]. 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 [13,61,63-69].

Климат, характеризуется средним многолетним метеорологическим параметром за период более 30 лет. За климатическую норму принимаются данные из справочника по климату, разработанный в конце 20 века [70,71]. На наш взгляд, наиболее правильной оценкой изменения климата является сравнение с климатической нормой метеорологического параметра за период после 1960 года.

3.3.1. Исследования изменения температуры воздуха бассейна реки Варзоб

Из-за расположения не большой по площади территория 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) [72-74] 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.

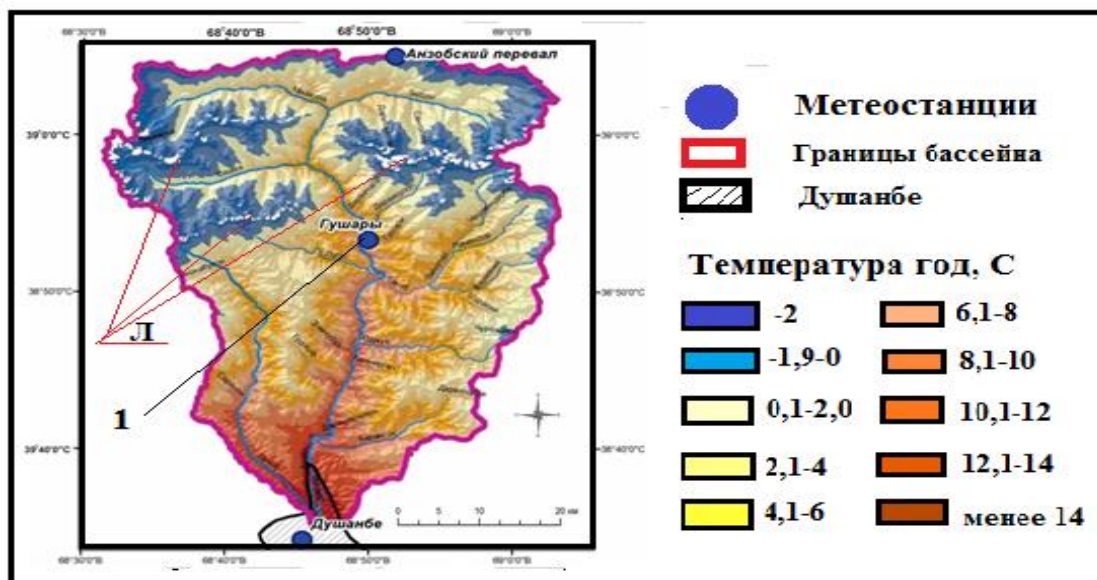


Рисунок 3.7. Распределение температуры воздуха в бассейне р. Варзоб. Л – ледники; 1- Метеостанция Гушари

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 [б-А].

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 $0,4^{\circ}\text{C}$, тенденция повышения температуры происходила со скоростью 0.05°C в год.

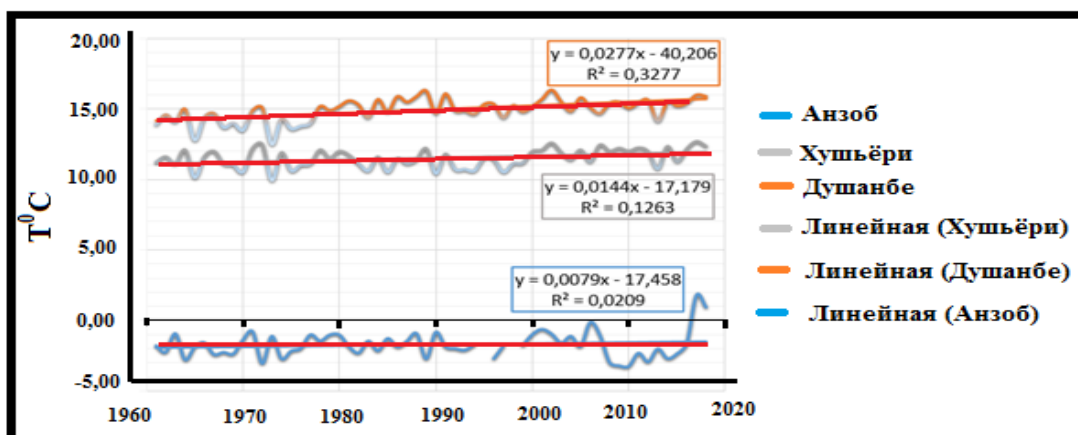


Рисунок 3.8. Тенденция изменения температуры

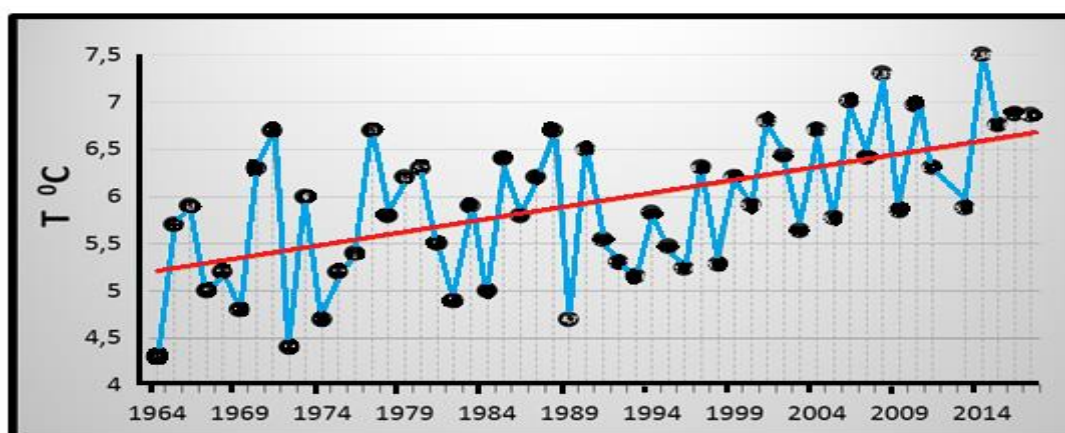


Рисунок 3.9. Установленный инструментальными наблюдениями величина средней температуры воздуха на станции Гушары с 1964 по 2014гг.

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 сутки, 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:

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

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 » [75,76].

Таблица 3.3

Климатическая норма температуры

(А)

<i>Прошедшие сутки</i>		<i>Прошедший месяц</i>	
<i>Отклонения T°С</i>	<i>Сравнение с нормой</i>	<i>Отклонения T°С</i>	<i>Сравнение с нормой</i>
Отрицательная температура		Отрицательная температура	
Не выше 3 ⁰ С	Норма	Не выше 1 ⁰ С	Норма
От 3 ⁰ С до 7 ⁰ С	Холодно	От 1 ⁰ С до 4 ⁰ С	Холодно
Более 7 ⁰ С	Очень холодно	Более 4 ⁰ С	Очень холодно
Положительная температура		Положительная температура	
Не выше 3 ⁰ С	Норма	Не выше 1 ⁰ С	Норма
От 3 ⁰ С до 7 ⁰ С	Тепло	От 1 ⁰ С до 4 ⁰ С	Тепло
Более 7 ⁰ С	Очень жарко	Более 4 ⁰ С	Очень жарко

(Б)

<i>Прошедший сезон</i>		<i>Прошедший год</i>	
<i>Отклонения T°С</i>	<i>Сравнение с нормой</i>	<i>Отклонения T°С</i>	<i>Сравнение с нормой</i>
Отрицательная температура		Отрицательная температура	
Не выше 0,7 ⁰ С	Норма	Не выше 0,4 ⁰ С	Норма
От 0,7 ⁰ С до 3 ⁰ С	Холодно	От 0,4 ⁰ С до 0,7 ⁰ С	Холодно
Более 3 ⁰ С	Очень холодно	Более 0,7 ⁰ С	Очень холодно
Положительная температура		Положительная температура	
Не выше 0,7 ⁰ С	Норма	Не выше 0,4 ⁰ С	Норма
От 0,7 ⁰ С до 3 ⁰ С	Тепло	От 0,4 ⁰ С до 0,7 ⁰ С	Теплый год
Более 3 ⁰ С	Очень жарко	Более 0,7 ⁰ С	Очень теплый год

Оценка изменения температуры было выделено два климатических периодов (рисунок 3.10.):

- Первый климатический период 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 климатический период 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 проводится, 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 на различных высотных зонах бассейна р. Варзоб.

Ранее выполненные исследования и их анализ [77-82] 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 дефициту влажности, определённого по температуре на

испаряющей поверхности, и обратно пропорциональная зависимость атмосферному давлению:

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

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 [83].

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) [71] 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) [84].

Измерение испарения является весьма сложной задачей, так как это очень трудно выполнить, не нарушая естественного хода самого процесса испарения [85-87]. 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 спарителя 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):

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

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) [82]. 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 3.14 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 [88], удовлетворительно соответствует уравнению водного баланса.

Таблица 3.6

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

Станция	Высо- та, 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

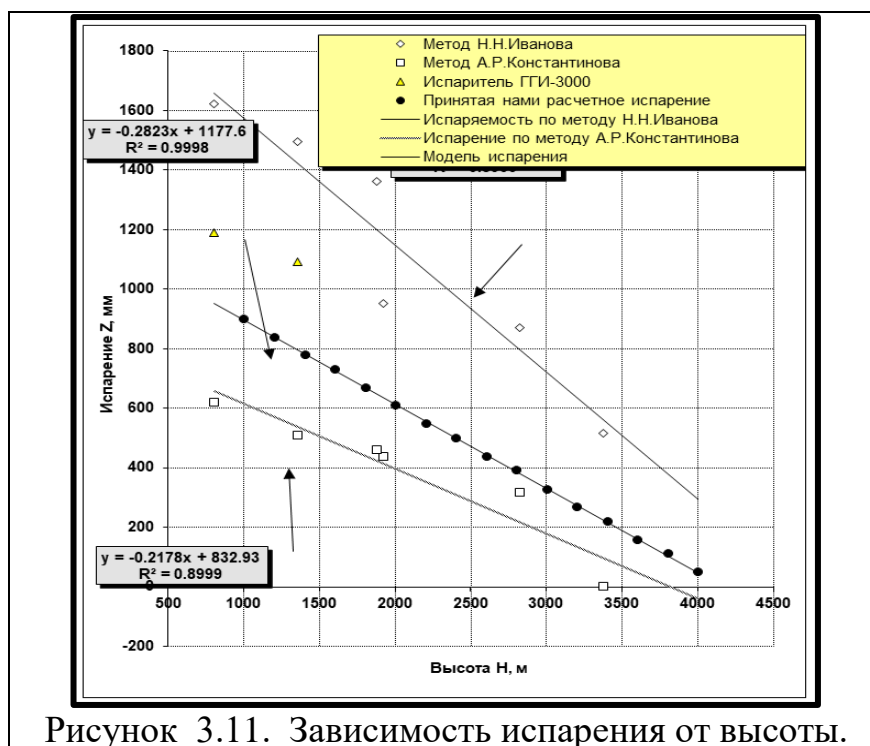
Таблица 3.7

Сравнение результатов расчетов испарения различными методами (мм/год)

Станция	Высота, м	Испаряемость, метод Н.Н. Иванова	Испарение, метод А. Р. Константинова	Испаритель ГГИ-3000
Анзобский пер.	3373	518	-	
Харамкуль	2826	872	317	
Майхура	1921	951	438	
Ходжа-Обигарм	1874	1362	461	
Гушары	1359	1494	512	1092
Душанбе	803	1622	622	1191

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.



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:

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

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. Особенности распределении осадков по территории и высотным зонам бассейна реки Варзоб

Атмосферные осадки являются основным климатическим фактором, влияющим на режим и, прежде всего, на стоке любой реки. Они являются потенциальной возможностью возникновения и развития процессов стока. Анализу качественной и количественной характеристики, этого наиболее важного элемента водного баланса – атмосферным осадкам, следует уделить большее внимание, чем любому другому элемента климата [89-93].

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, а также 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 местным условиями. [94,95].

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 [З-А] .

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 поступающая 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.

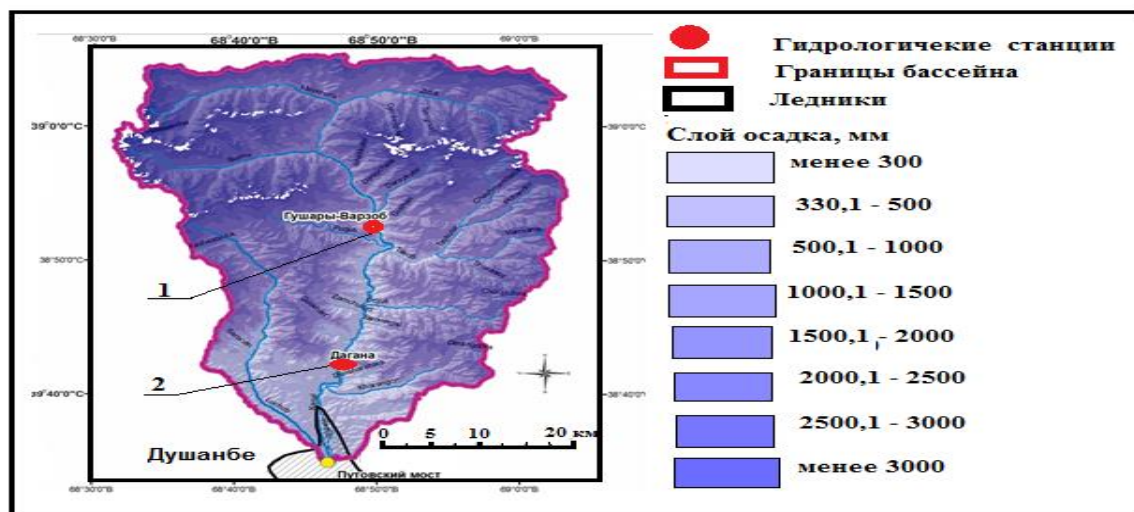


Рисунок 3.12. Величина слоя осадков на территории бассейна р. Варзоб.

Используя модель распределения осадков с высотой, построенную на климатических данных осадкомеров, и ЦМР была построена климатическая карта распределения осадков по территории бассейна [3-А].

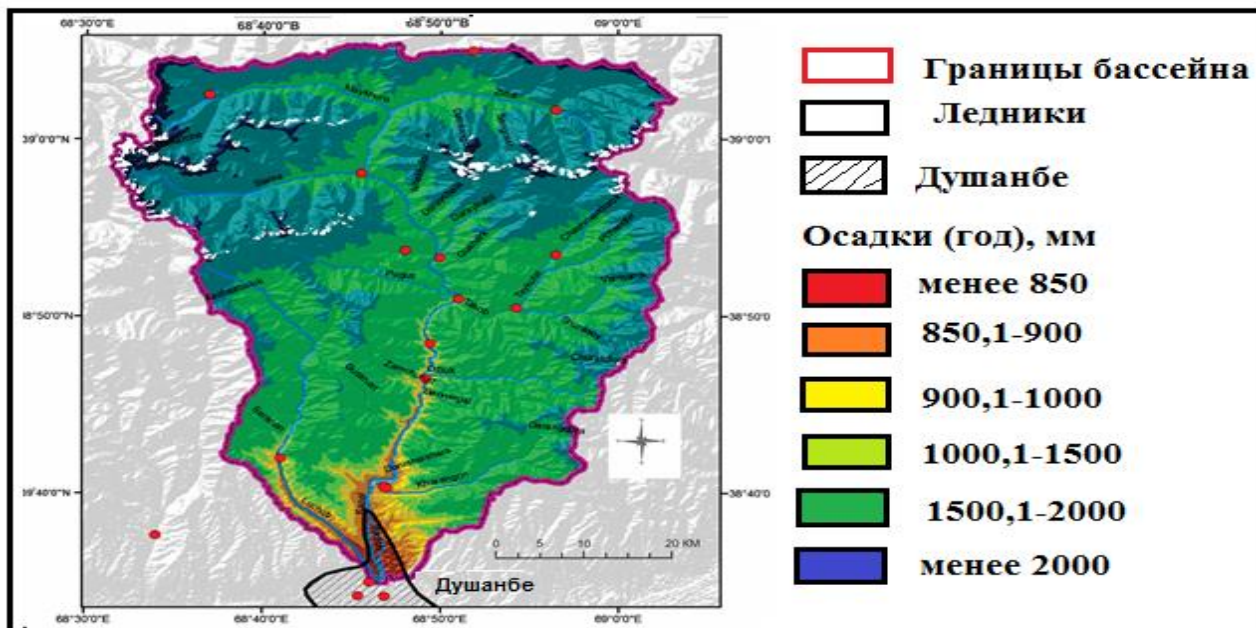


Рисунок 3.13. Климатическое распределение осадков по бассейну реки Варзоб.

В районе Анзобского перевала происходит уменьшение количества осадков, связанное с чисто местными условиями, пожалуй, отчасти подтверждает сравнение 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 помещается 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) [3-А].

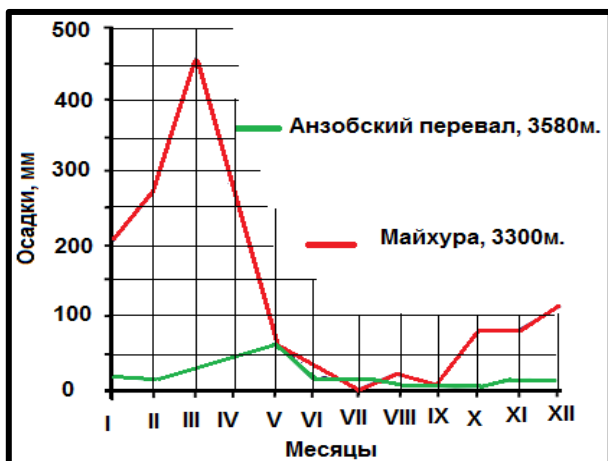


Рисунок 3.14. График колебания месячного количества осадков. (ГМС «Анзобский перевал» и «Майхура»)

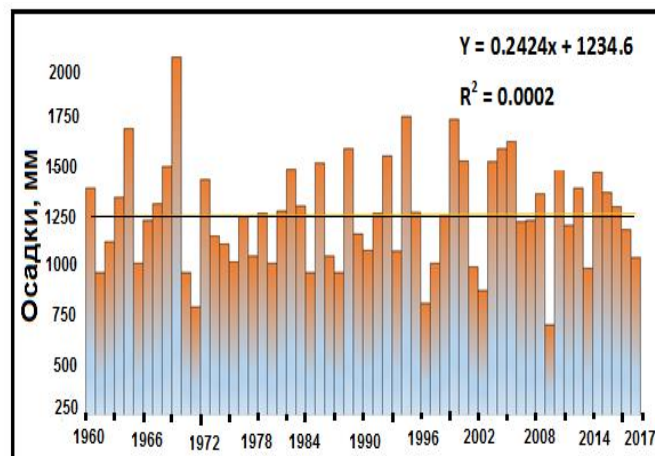


Рисунок 3.15. Многолетний ход осадков на ГМС Гушары.

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 км^3 осадков, что указывает на то, что имела место слабая тенденция к их снижению со скоростью 0,2% в год [3А].

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 Хушёри и Душанбе (Рисунок 3.17).

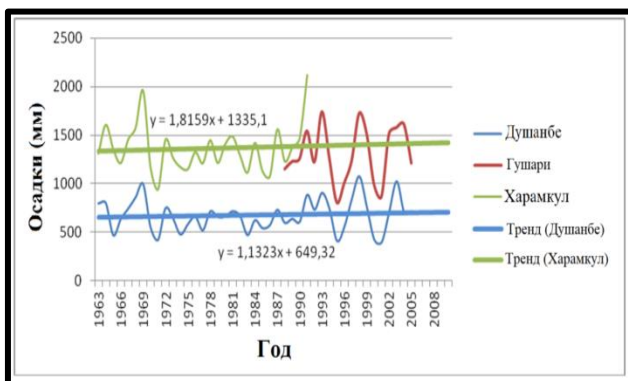


Рисунок 3.16. Тенденция изменения осадков.

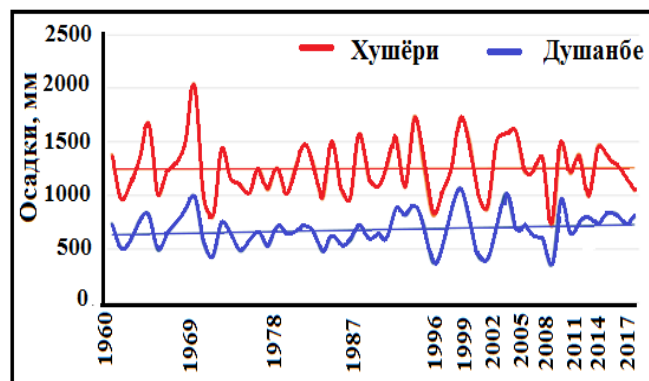


Рисунок 3.17. Тенденция (уточненная) изменения осадков.

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

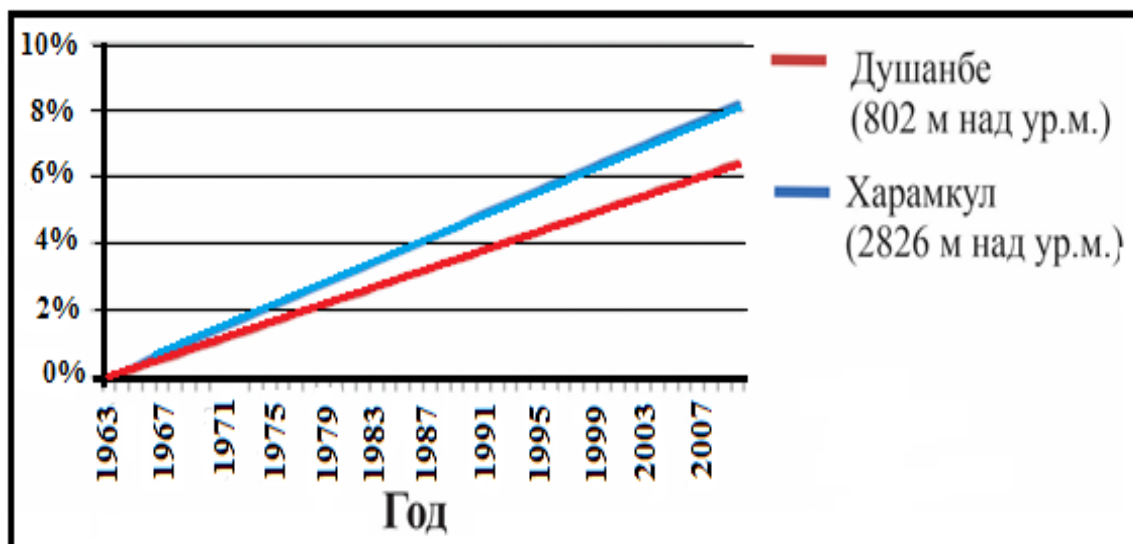


Рисунок 3.18. Процент изменения осадков к климатической норме.

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 Харамкуль) 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 [б-А].

3.3.4. Анализ и оценка изменчивости площади оледенения бассейна реки Варзоб.

Оценка современного состояния оледенения бассейн реки Варзоб, проводился на окончании 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.

«Одним из крупнейших проектов, выполненных советскими гляциологами в 1960–1980-х гг., стало 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» [96-99].

«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» [100].

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 [34,101] в бассейне р. Варзоб насчитывалось 147 ледников, размером более 0,1 км², общей 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	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

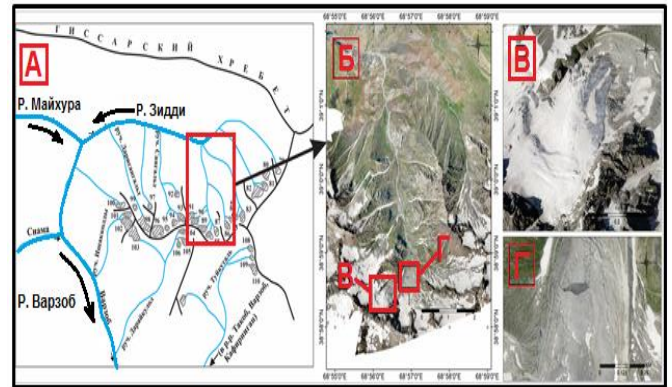
Основные технические характеристики
БПЛА QC-2 Micro UAV

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 Зидды (левый приток). Полученные аэрофотоснимки с разрешением снимков 22 см позволили подтвердить уменьшения площади оледенения на данной территории исследований. Результаты обработки данных аэрофотосъёмки, приведены на рисунке 3.19 (II) [6-А].



(I)



(II)

Рисунок 3.19. (I) - Оледенение бассейна р. Варзоб. (II) - А- Схема расположения ледников в бассейнах рек Зидды и Варзоб; Б,В, и Г – Результаты аэрофотосъемки ледников бассейна р. Зидды с использованием беспилотным летательным аппаратам. (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 [102,103], что ведет к завышению величины уменьшения площади оледенения. К такому выводу пришли также Г.Б. Осипова и Д.Г. Цветков [104]. 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 [105] осуществляется несколькими способами. В основу формул(3.8) положена корреляционная связь между объемом (Q) и площадью (S) ледника в виде степенной функции [106]

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

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) [105] :

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

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 [103]. Нами для сравнительного анализа получаемых расчетных величин объема оледенения бассейна использованы две рекомендации:

- по формуле Кузьмиченка В.А. ($Q=0.03782*S^{1.23}$). (3.10)

- по формуле (3.9) Ерасова Н.В. ($Q=0.027*S^{1.5}$),

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%

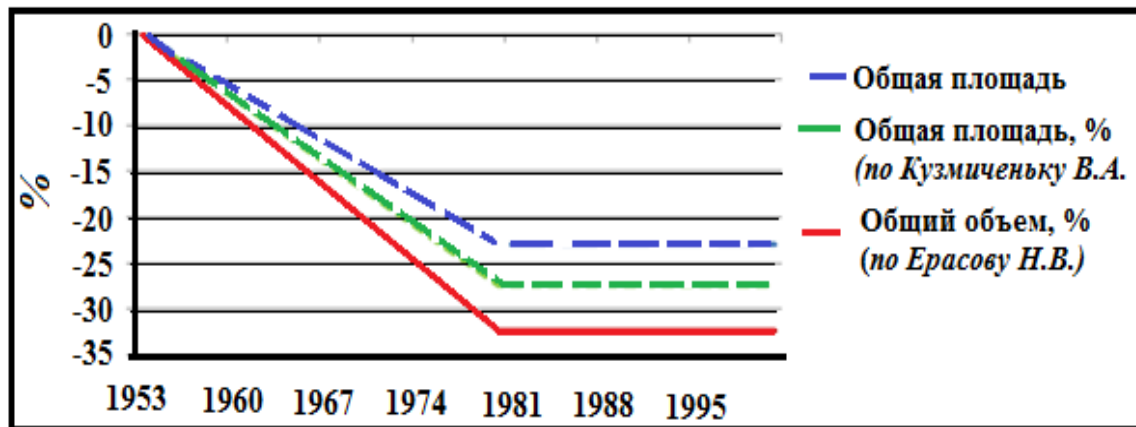


Рисунок 3.20. Относительное изменение площади оледенения и объема льда по сравнению с исходным периодом

«В настоящее время (термезская, 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» [107].

Выводы по третьей главе

1. Исследуемый район расположен в горной зоне - в зоне формирования водных ресурсов р. Амударья, на высотах от 800 до 4900 м над у.м., с наблюдательной сетью от 880 до 3330 м. над у.м. Основным источником питания р. Варзоб являются сезонные снега и ледники. По характеру долины и особенно русла, она разделена на 3 гидрологических участка отличающиеся водоносностью и спецификой водного режима: верхнее - р. Зидди; среднее - р. Варзоб (от впадения р. Майхура до кишлака Дагана); нижнее - от кишлака Дагана до устья. После впадения последнего притока - Лучоб она называется Душанбинка (последние 13 км) и впадает в р. Кафирниган на 253 км от ее устья.

2. Из-за неучтенных мелких притоков реки Варзоб, коэффициент густоты речной сети составляет $0,21 \text{ км/км}^2$, но для отдельных частей бассейна данный коэффициент составляет более $0,30 \text{ км/км}^2$. Распределение площадей водосбора между правым и левым берегами происходит неравномерно: правый- 1020 км^2 , левый - 880 км^2 .

3. Установлено, что в период с 1971 по 1980 годы - расход воды был ниже среднегодовой величины на 7%, а с 1981 года расход начал увеличиваться: 1981-1990 годы - на 0,44%, с 1991-2000 годы - на 11%, с 2000-2010 годы - на 11,5%, а в период с 2011-2020 годы - на 2,2%. Годовой сток по станции Дагана составляет 1.44 км^3 в год. Среднегодовой расход за последнее десятилетие XX века увеличился до $47,5 \text{ м}^3/\text{сек}$, тогда как в 2008 году расход уменьшился до $33 \text{ м}^3/\text{сек}$. По результатам наших дополнительных исследований (2208-2020 гг.) установлено, что в 2019 году расход составил $55 \text{ м}^3/\text{сек}$, в 2020 году вновь снизился до $49 \text{ м}^3/\text{сек}$.

4. Установлено, что в течение года расход воды в реке возрастает весной и достигает максимума в июне - $115 \text{ м}^3/\text{сек}$, а в зимой снижается до $15 \text{ м}^3/\text{сек}$, что

подтверждает преобладание снежного питания в бассейне реки, за счет весеннего летнего (начальный период) интенсивного таяния, накопившегося за зимний период, снега. Климатическое изменение расхода воды (средние скользящие за 30 лет) менялось от 45 до 49 м³/с.

5. Установлено, что (1936 - 1943 гг., 1978 - 1986 гг.) наблюдался рост температуры, а в другие периоды выявлено отрицательная тенденция. На станции Гушары, средняя температура воздуха за период с 1964 по 2014гг превышала климатическую норму на 0,4°C, (тенденция повышения - 0.05°C в год). За весь период наблюдений на ст. Душанбе изменение за принятый климатический период составил 0,83⁰C, т.е. наблюдается её возрастание.

6. Величина испаряемости характеризующая максимально возможное испарение, превышает в 1,4 раза величину испарения в испарителях ГГИ-3000, (метеостанции Душанбе и Гушары). Расчет зависимости годовой величины испарения с поверхности водосбора в диапазоне высот 1,0-4,0 км н.у.м. рекомендуется проводить с учетом расчетных данных и реального соотношения элементов водного баланса.

7. Атмосферные осадки на территории бассейна р. Варзоб, расположенная на наиболее благоприятном для образования осадков южном склоне Гиссарского хребта, образуются в результате взаимодействия атмосферной циркуляции и рельефа местности. Выявлена, существенная разница в месячных суммах осадков между «Анзобской перевал»-250 мм, и «Майхуринское месторождение»-1517 мм. (осень, весна), а летом она фактически равна нулю. Установлено, что в горной зоне (Гушары, 1988-2002гг.) осадки были выше нормы на 3,4%, в предгорьях (Душанбе) на 1,7%. Несмотря на относительное высокое увеличение осадков в предгорьях, в горах стало выпадать больше осадков.

8. По состоянию на 1980 год в бассейне р. Варзоб насчитывалось 147 ледников, размером более 0,1 км², с общей площадью 26,99 км². Проведенный анализ позволил установить, что с 1953 по 1980 гг. и за период с 1980 по 2001 гг.

площадь оледенения уменьшилась на 0,1%. Такая тенденция продолжилась и в 2021 г. Исследования ледников в бассейнах рек Зидды, (14-16 июля 2022 г.), с использованием БПЛА позволили подтвердить тренд уменьшения площади оледенения на данной территории исследований.

9. Установлено, что основными двумя причинами уменьшения площади оледенения, являются: учет в конце зимы, территорий заснеженных склонов верхних зон ледников, а также увеличение климатической температуры воздуха.

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» [108-110]. «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.» [111].

«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 %» [112].

«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» [113].

«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» [114,115].

«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» [115,116].

"Глобальное изменение климата, несомненно, существенным образом затронуло территорию Таджикистана и нашло своё отрицательное воздействие на отдельные составляющие водного баланса - температура и осадки» [20-22]. Основной причиной отсутствия решения данной задачи по выявлению закономерности влияния данных факторов, является наличие горного рельефа территории, а также недостаточное объем 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 [32,118-122]. 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 [61]. 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 баланса, 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 распределения осадков и температура воздуха 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» [123-125]. Однако, на данный показатель влияют не только атмосферные осадки, но также и температура воздуха и его гигрометрическое состояние, определяющие потери на испарение [126,127]. 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 [76], 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.

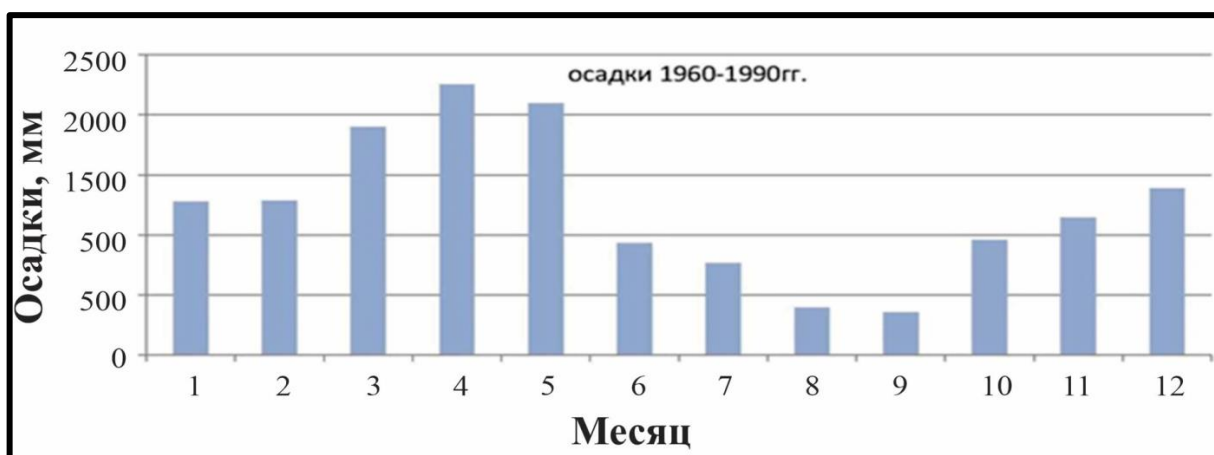


Рисунок 4.1 Среднемесячные осадки в период 1960-1990 годы по данным метеорологической станции «Анзобский перевал»

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:

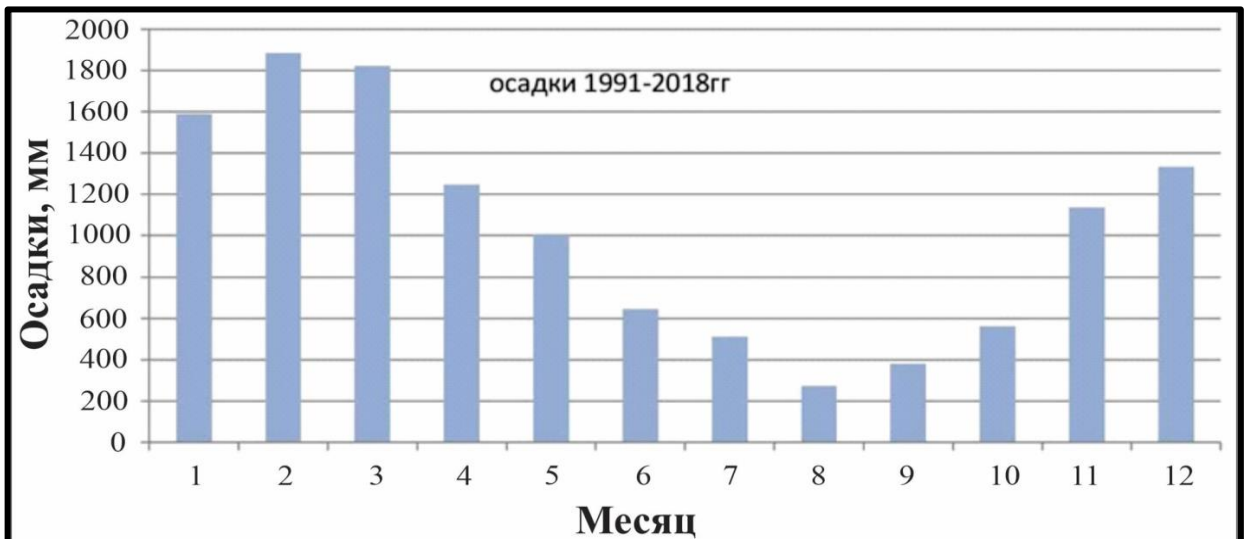


Рисунок 4.3 Среднемесячные осадки в период 1991-2018 годы по данным метеорологической станции «Анзобский перевал»

В таблице 4.2 приведены результаты сравнительного анализа многолетних осадков бассейна реки Варзоб [1-А].

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.

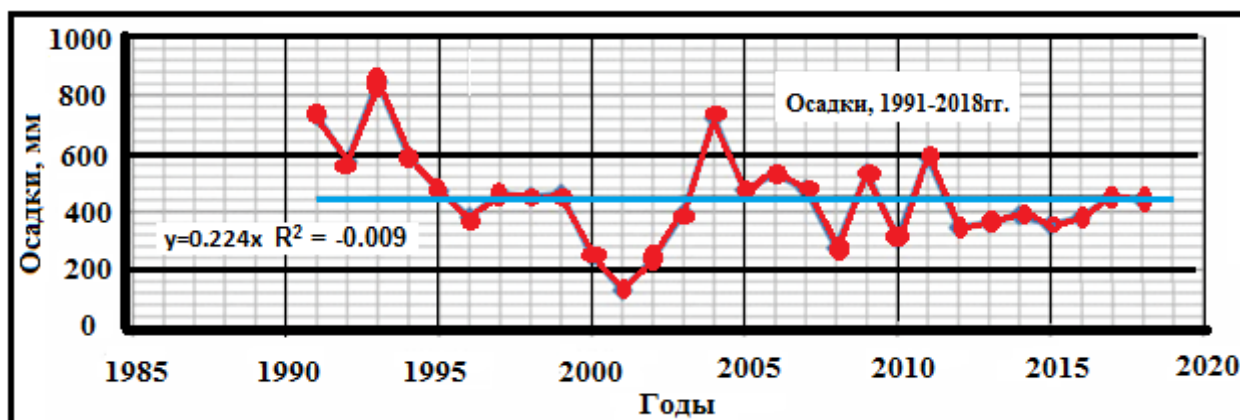


Рисунок 4.4 Многолетний ход осадков на станции Анзобский перевал

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 метеорологи-ческих данных за период 1960-1990 годы (рисунок 4.5 и 4.6) позволил установить, что июль - самый теплый месяц, а январь является самым холодный месяцем в году.

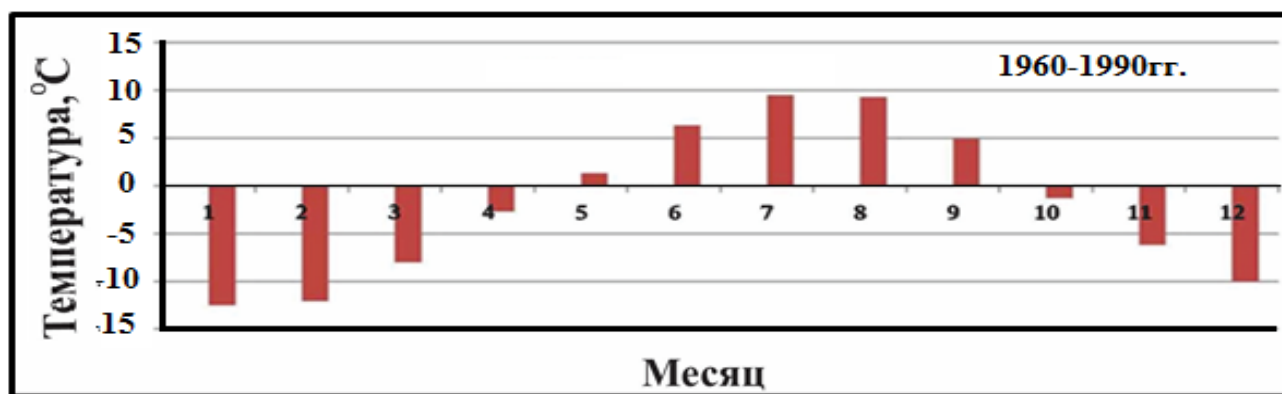


Рисунок 4.5 Многолетний ход температуры воздуха на станции Анзобский перевал (период 1960-1990гг.)

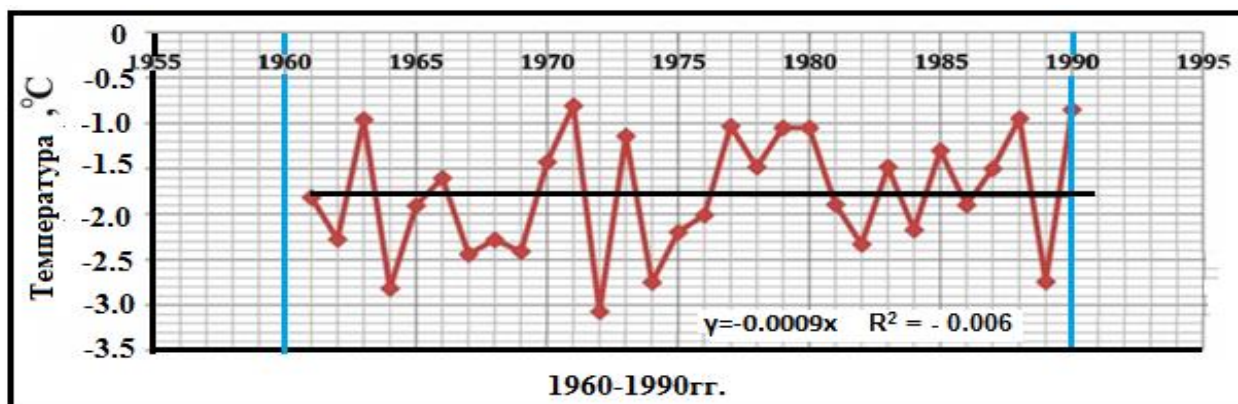


Рисунок 4.6 Изменение среднегодовой температуры за различные климатические периоды для станции Анзобский перевал (период 1960-1990гг)

На основе результатов исследований значения температур по годам (1960-1990гг.) выявлено явное преобладание минусовой температуры а за промежутков 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 самый теплыми месяцами в году считается - июль и август, а самым холодным - январь (рисунок 4.7 и 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.

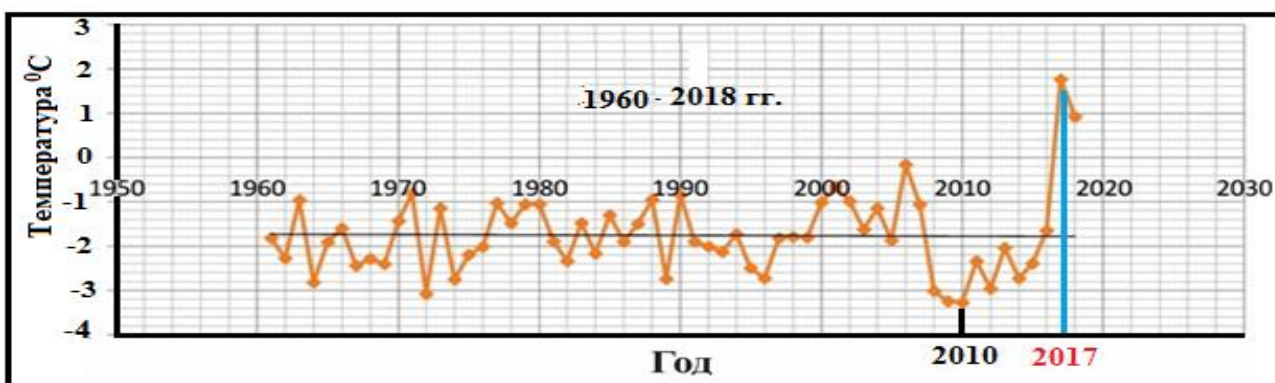


Рисунок 4.9. Изменение среднегодовой температуры за все климатические периоды наблюдения для станции Анзобский перевал

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. Анализ и оценка 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 [128-130].

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. [131-135].

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 [136-138].

Одними из первых работ по исследованию снежного покрова являются труды А.И. Воейкова [139], П.П. Кузьмина [140] и Г.Д. Рихтера [141]. 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 [142].

Влияние рельефа, в особенности гор, на формирование стока значительно. При этом, с высотой существенно изменяются физико-географические условия (высотная поясность), [143] 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» [144-149].

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 [150].

На основе анализа и оценки существующих данных приведены в таблице 4.3., среднемноголетние 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 [6А].

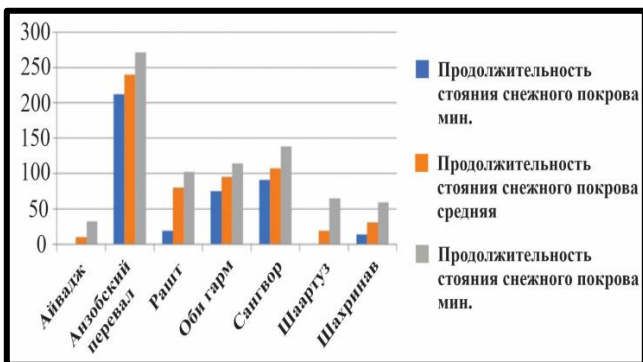


Рисунок 4.10. Продолжительность стояния снежного покрова

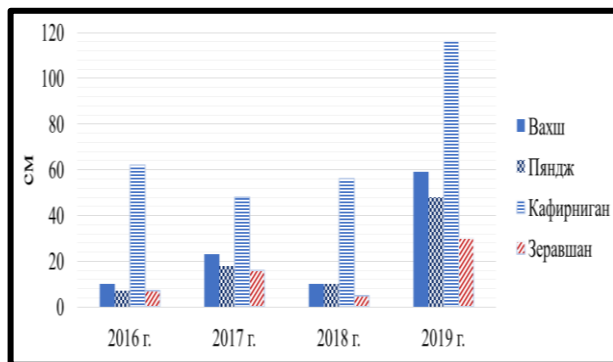


Рисунок 4.11 Средние значения залегания снежной толщи в январе-феврале месяцах

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 [6А].

Исследования и мониторинг запаса снега в бассейне реки Варзоб был осуществлен 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 [6А].

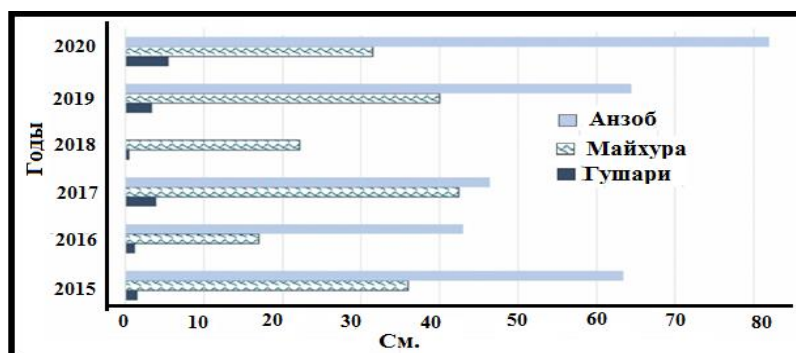


Рисунок 4.12 Среднегодовое залегание снежной толщи в период 2015-2020 годов

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 (42-46см.), 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).

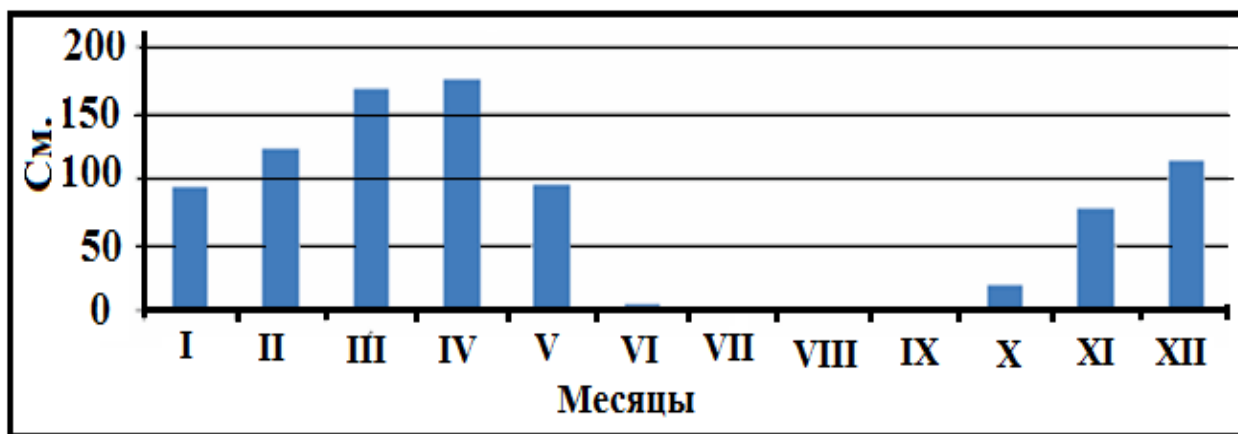


Рисунок 4.13. Средняя высота снега по данным метеорологической станции «Анзобский перевал».

Анализ результатов приведенные на рисунке 4.13 период 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[6А].

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*[6А-10А].

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, также и то, 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.

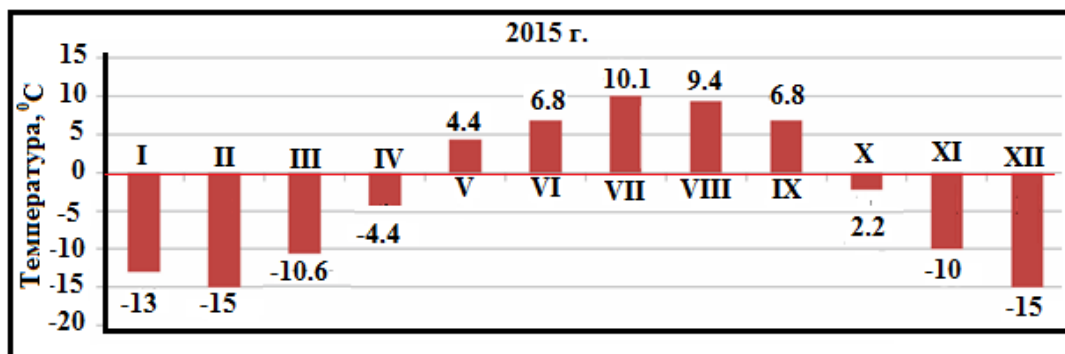


Рисунок 4.14 Температура по данным метеорологической станции «Анзобский перевал»

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.

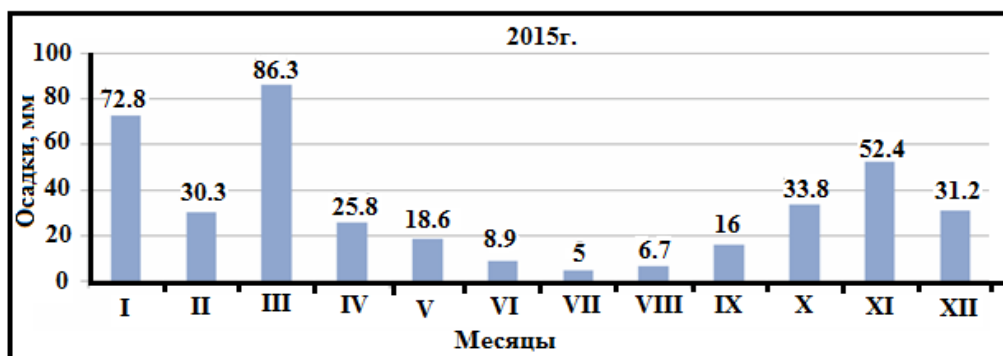


Рисунок 4.15 Осадки по данным метеорологической станции «Анзобский перевал» за 2015г.

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. Вазоб.

Проведённый мониторинг по накоплению снежного покрова на высоте более 3000 тыс. 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.

Выводы по четвёртой главе

1. Водный баланс, отражающий состояние водной обеспеченности бассейна реки Варзоб, является одним из значимых показателей состояния исследуемой экосистемы. Но с учетом хозяйственной деятельности человека, он становится водохозяйственным балансом, ведущий к отрицательный водному балансу.

2. Основным климатическим фактором, влияющий на величину среднего многолетнего стока рек, являются атмосферные осадки (*приходная часть*), температура и гигрометрическое состояние воздуха (*расходная часть*) водного баланса. Проблемы с решением закономерности влияния на водный баланс связаны с горным рельефом и недостаточностью мониторинговой информации.

3. На основе мониторинга осадков по данным метеостанции «Анзобский перевал» (1960-1990гг.) установлено, что периодом интенсивных осадков является

- апрель, а самый маловодный - сентябрь, тогда как за 1991-2018 гг. наблюдается увеличение в феврале и марте, а уменьшение в апреле, а наиболее сухой период - август месяц. На основе данных второго периода установлено: увеличение осадков в зимний период и аккумуляция снега приводит к повышенной лавинной и селевой опасности (зима и весна).

5. В высокогорной зоне, где запасы снежного покрова ежегодно восполняются, отчётливо просматривается минусовая среднегодовая температура, количество выпадения осадков стабильно, и оно положительно влияет на природный сток реки Варзоб. Проведённый мониторинг по температурному фону в бассейне реки Варзоб позволил, установить что в высокогорной зоне, (выше 3000 м. над у.м.), повышение температуры как таковое практически особо не заметно. Общее количество зимних месяцев - 7 месяцев, а остальные 5 отнесены к тёплым. На высоте 2000 м. минусовая температура держится в зимний период - 3 месяца. Критический период, соответствует для высоты 1000м. над у.м. и ниже, с устойчивым положительным периодом, с температурой $+1^{\circ}\text{C}$. Зимний период - декабрь.

6. Исследования и мониторинг (Анзобская метеостанция, Майхуринская снеголавинная и Селевая станция Гидромета РТ), среднегодового залегания снежной толщи в бассейне реки Варзоб позволили установить: за период 2016 - 2017 гг. наблюдается уменьшение снежной толщи (42-46см.), а в 2020 году увеличение до 81 см. Одной из причин данной ситуации может быть прекращение интенсивного движения транспорта по старой трассе через перевал Анзоб (проезд через тоннель «Истиклол») и как следствие уменьшение загазованности окружающей среды от выбросов выхлопных газов.

7. Установление зависимости стока р. Варзоб от снежных запасов, с определением максимального стока и периода межени, осуществлено по данным метеостанция «Анзобский перевал», (3000 м. над у.м.). Среднее значение (оптимальные для многолетних), максимального прироста (188 см) - апрель.

Выявлены периоды с приростом снега до 240 см, видимо связанные с горизонтальным переносом снежного покрова.

8. Установлено, что в условиях бассейна реки Варзоб, снежный покров, зависит в основном от орографических особенностей. Проведённый мониторинг запаса снежного покрова в высокогорной зоне аккумуляции, в среднем течении реки Варзоб и в низовьях наблюдаемые на метеорологических объектах позволяют утверждать, что идет процесс уменьшения количества твердых осадков. В тоже время осадки в виде дождя, пагубно влияющие на снежные зимние запасы снега в горной местности увеличились.

9. Водные ресурсы р. Варзоб, имеющие прямую связь с запасами снега и выпадением осадков, являются из основных источников в водоснабжении Варзобского района и 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.

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 [4-А].

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» [151].

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» [152].

«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, сформировало 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 [4-А].

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» [153].

Основным источником формирования водных ресурсов и природным резервуаром чистой воды считаются горные территории Таджикистана [10,154-156, 2-А].

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. Хушъёри и р. Зидди - устье. В настоящее время анализы качества воды реки

Варзоб в полной мере проводятся только одним пунктом наблюдения - Хушъёри (Гушары)» [49].

«Гидрологический режим рек является отражением природных процессов и антропогенного воздействия. Современная пространственная и временная изменчивость стокоформирующих факторов определяет основные черты и особенности режима рек» [65- 67].

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 [2-А].

Определение качества сопровождался 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 [2-А] (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).

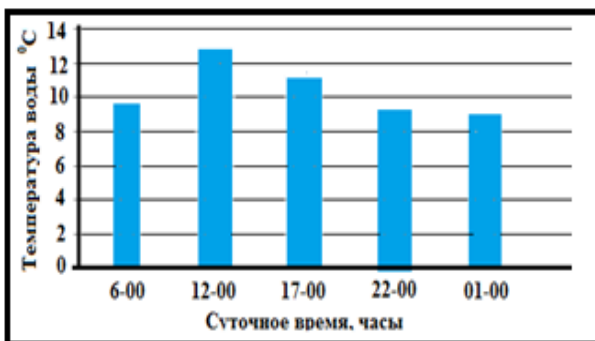


Рисунок 5.1. Суточное изменение значения величины температуры воды реки Варзоб.

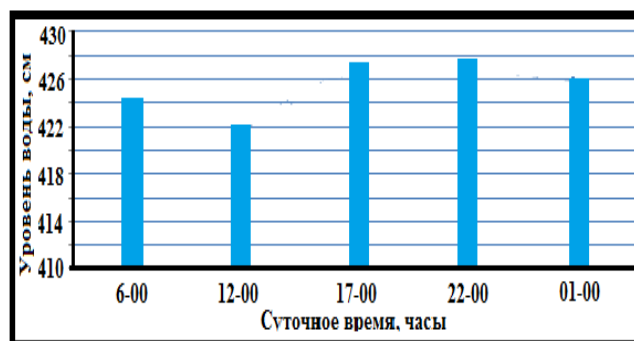


Рисунок 5.2. Кинетика изменения суточного уровня воды в реке Варзоб

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 к ночному периоду наблюдается тенденция её снижения [2-А].

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 [2-А].

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) ZA3000

«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 градуировочном растворе» [66,67].

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 подавление 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 [2-А].

Как видно полученные данные не превышают нормативные значения ПДК_{х-п} (предельно-допустимых концентраций воды хозяйственно-питьевого типа) [157-158]. 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

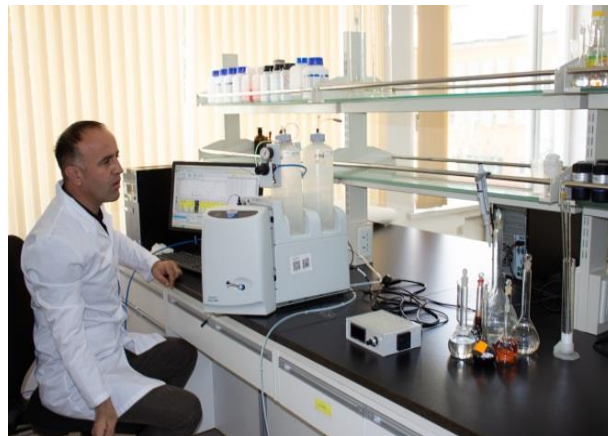
Значения величины показателей качества воды

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 рисунке 5.5 (А,Б) Представлены процессы проведения анализов в лабораторных условиях.



А



Б

Рисунок 5.5 Процесс лабораторных исследований: **А**- на атомно-абсорбционном спектрометре ZA3000; **Б** – на ионном хроматографе Dionex ICS-900

На основе полученных результатов исследований образцов воды реки Варзоб установлено, что они являются нейтральной, с показателем $\text{pH}=6.9$.

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



Технические характеристики
 Диапазон измерений pH : от 0 до 14, цена деления 0.1/0.01 pH , 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 pH : тип E201, пластиковый, комбинированный pH/ATC

Рисунок 5.6 **pH метр PHS-3C**

Результаты исследований по измерению электропроводности образцов воды, позволили установить, что они идентифицируются как слабоминерализованные. 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 [2-А, 48,159-163].

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 архиважной 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, русловыправляющие, 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.» [164].

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 [12-А].

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 увеличению экономических потерь.

В связи с вышеизложенным нами, в соответствии 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 (арьки)	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 определяют 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.).

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.

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

Исключение изложенных проблем возможно реализацией следующих целей и мероприятий, предложенные также другими исследователями [165-175]: - водная безопасность; - организация санитарно-эпидемиологических зон; - регулярное водообеспечение в течение года; - создание экологической охранной зоны.

Обеспечение эффективного управления, развитие любой системы основано разработке базового алгоритма изучения ситуации - называется SWOT анализ (комплекс исследований сильных и слабых сторон исследуемой системы) включающий в себя четыре фактора: **S** (Strengths) - сильные стороны, характеристики системы, которые выгодно отличаются от подобных систем; **W** (Weaknesses) - слабые стороны, которые делает систему уязвимой; **O** (Opportunities) - возможности, элементы окружения, используемые для улучшения и развития; **T** (Threats) - препятствия и угрозы, элементы окружения, которые могут нанести ущерб разрабатываемой системе.

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 десятилетие действий «Вода для устойчивого развития», 2018-2028 годы». (Резолюция A/RES/71/222ГА ООН. 21.12. 2016г.)	- отсутствие в структуре местный орган исполнительной власти (МИОГВ) 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;

<p>Персонал, обучение, информация, координация</p>	<ul style="list-style-type: none"> - 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. 	<ul style="list-style-type: none"> -недостаточное вовлечение квалифицированных специалистов в решение проблем водоснабжения и водоотведения района; -отсутствие кадров, низкая зарплата; -не достаточное сотрудничество с общественностью и НПО. 	<ul style="list-style-type: none"> - 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. 	<ul style="list-style-type: none"> - 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.
	<ul style="list-style-type: none"> - финансирование международными донорами проектов по реабилитации водоснабжения Варзобского района. 	<ul style="list-style-type: none"> малые объемы государственного финансирования: -проводимая приватизация водохозяйственных объектов не улучшает состояние отрасли; -многолетнее финансирование проблемы водоснабжения района не дает нужных результатов. 	<ul style="list-style-type: none"> - упорядочение ценообразования и тарифов за воду; - улучшение координации работ по реабилитации водоснабжения Варзобского района; - эффективный мониторинг осуществляемых проектов; 	<ul style="list-style-type: none"> венный долг; - коррупция; - отсутствие гласности и подотчетности лиц, принимающих решения; - отсутствие общественного независимого мониторинга.

Природо - охранные сооружения, оборудование	- действующие водопроводные сети, насосные станции, оборудование.	- износ действующих сетей, насосных установок и оборудования.	- создание специализированного предприятия по эксплуатации водопроводных и водоотводящих сетей, очистных станций и оборудования.	- 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» (20.12.2000г. Резолюция ГА 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 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 бзопасностью.

Выводы по пятой главе

1. Определение качества воды должно сопровождаться анализом и оценкой температуры, величины расходов и скоростей течения, а также кинетики изменения уровня в реке. Установлено, что средние значения величины скорости воды, изменяются от 1,5 до 2,6 м/с, в среднем составляя 2,1 м/с - период межени, а также на перекатах - 2,1 - 2,6 м/с, при среднем значении 2,4 м/с.

2. На основе полученных результатов исследований образцов воды реки Варзоб установлено, что они являются нейтральной ($pH=6.9$). Практически все показатели, за исключением мутности воды, находятся в пределах значений нормативной величины-предельно-допустимых концентраций воды хозяйственно-питьевого типа (ПДКх-п). В период паводка при увеличении величины мутности воды реки Варзоб, для водоснабжения рекомендуется увеличить дозировку используемого коагулянта.

3. Экологическую ситуацию загрязнения водотоков Варзобского района необходимо рассматривать как весьма сложную, требующая разработку и использование эффективных мер по коренному улучшению их качества.

4. Установлен факт отсутствия в населенных пунктах: системы водоотведения, установок для обеззараживания питьевой воды, зоны санитарной охраны водоисточников, анализа качества воды источника водоснабжения. Выявлено, что только в 8,5% кишлаках создана система водоснабжения, а подача воды населению открытой арычной сетью позволяет утверждать, о наличии серьезных проблем Варзобского района в общей системе водной и экологической безопасности и защиты здоровья населения.

5. Установлено, что основными загрязняющими компонентами воды реки Варзоб являются: песчаные и глинистые частицы почвы, смываемые со склонов гор дождём и снегом, а также талыми водами и селя; взвеси от размыва русла реки; загрязнения, поступающие от выпаса и водопоя скота; промышленные и

бытовые отходы; отходы, возникающие от застройки зон санитарной охраны водоемов; освоение горных склонов (распашка); отходы частных домов и дачных хозяйств, предприятий общественного питания, коммерческих структур и торговых точек, не имеющие или не подключенных в систему водоотведения; неорганизованные и неочищенные сточные воды.

б. Рекомендуемые меры должны включать в себя: организацию для местного населения краткосрочных курсов; проведение разъяснительной работы по водопользованию среди населения; подготовку квалифицированных кадров; создание ассоциаций водопользователей; применение новых технологий водоснабжения и водоотведения; проведение экспертизы проектов; совершенствование учета, контроля и платы за водопользование; установку водомеров; разработку нормативно-правовых актов и принятие административных и уголовных мер к нарушителям правил водопользования и экологии.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Выводы

1. Значительная расчленённость южного склона Гиссарского хребта благоприятствует образованию множества рек и речек, являющихся притоками реки Кафирниган, основными из которых считается - река Варзоб. Бассейн реки Варзоб расположен в горной зоне - в зоне формирования водных ресурсов р. Амударья (горная зона), на высотах от 800 до 4900 м над у.м., с наблюдательной сетью от 880 до 3330 м. над у.м. и разделена на 3 гидрологических участка: верхнее - р. Зидди; среднее - р. Варзоб (от впадения р. Майхура до кишлака Дагана); нижнее - от кишлака Дагана до устья. После впадения последнего притока - Лучоб она называется Душанбинка (последние 13 км) и впадает в р. Кафирниган на 253 км от ее устья. Основными источниками питания р. Варзоб являются сезонные снега и ледники [1-А, 6-А].

2. Водные ресурсы реки Варзоб, востребованы для Варзобского района, населенных пунктов и агломераций в низовьях, в том числе и г. Душанбе; для решения водноэнергетических проблем и т.д., относится к типу рек, водный баланс, которой формирует климат образованной рельефом местности, а изменение климата в свою очередь влияет на её изменение . [2-А, 4-А]

3. На основе расчетов, с использованием данных дистанционного зондирования, установлено, что фактическая площадь водосбора р. Варзоб, с диапазоном высот от 800 м до 4900 м. над у.м, равна 1697 км², при коэффициенте густоты речной сети 0,21 км/км², но для отдельных частей бассейна он может составлять более 0,30 км/км². Площади водосбора между правым и левым берегами неравномерны: правый-1020 км², левый - 880 км²[2-А, 9-А] .

4. В период с 1971 по 1980 годы - расход воды реки Варзоб был ниже среднегодовой величины на 7%. С 1981 г. он начал увеличиваться: 1981-1990 гг.- на 0,44%, с 1991-2000 гг.-на 11%, с 2000-2010 гг.-на 11,5%, с 2011-2020 годы - на

2,2%. Среднегодовой расход за 1990-2000гг. увеличился до 47,5 м³/сек, однако в 2008 году он составлял 33 м³/сек. Дополнительными исследованиями (2008-2020 гг.) установлено, что в 2019 году расход составил 55 м³/сек, в 2020 году вновь снизился до 49 м³/сек. Климатическое изменение расхода воды (средние скользящие за 30 лет) менялось от 45 до 49 м³/с. Годовой сток реки Варзоб, по станции Дагана составляет 1.44 км³/год. Основными факторами, сокращения речного стока р. Варзоб являются уменьшение запасов снега и рост межгодовых колебаний, наблюдавшиеся за последние 20 лет [3-А, 10-А].

5. Установлено, что в периоды 1936 - 1943 гг., 1978 - 1986 гг. наблюдался рост температуры, а в другие периоды выявлена отрицательная тенденция. На станции Гушары, средняя температура воздуха с 1964 по 2014гг. превышала климатическую норму на 0,4°С, (тенденция повышения 0.05°С/год). На ст. Душанбе увеличение, за принятый климатический период составило, 0,830С[5-А, 6-А].

6. Расчет зависимости годовой величины испарения с поверхности водосбора в диапазоне высот 1,0-4,0 км н.у.м. рекомендуется проводить с учетом расчетных данных и реального соотношения элементов водного баланса [2-А, 6-А].

7. Атмосферные осадки на территории бассейна р. Варзоб, расположенная на наиболее благоприятном для образования осадков южном склоне Гиссарского хребта, образуются в результате взаимодействия атмосферной циркуляции и рельефа местности. Установлено, что в горной зоне (Гушары, 1988-2002гг.) осадки были выше нормы на 3,4%, в предгорьях (Душанбе) на 1,7%. Несмотря на относительно высокое увеличение осадков в предгорьях, в горах стало выпадать больше осадков [3-А, 5-А].

8. За период 2016 - 2017 гг. наблюдается уменьшение снежной толщи (42-46см.), а в 2020 году увеличение до 81 см. Одной из причин данной ситуации может быть проезд через тоннель «Истиклол» минуя старую трассу через

перевал Анзоб и как следствие уменьшение загазованности окружающей среды от выбросов выхлопных газов. Среднее значение (оптимальные для многолетних), максимального прироста снежного покрова (188 см) установлен в апреле. Выявлены периоды с приростом снега до 240 см, видимо это связано, с горизонтальным переносом снега. Установление зависимости стока р. Варзоб от снежных запасов, с определением максимального стока и периода межени, осуществлено по данным метеостанция «Анзобский перевал» (3000 м. н. у.м.) [5-А].

9. По состоянию на 1980 год в бассейне р. Варзоб насчитывалось 147 ледников, размерами более 0,1 км², общей площадью 26,99 км². Установлено, что с 1953 по 1980 гг. и за период с 1980 по 2001 гг. площадь оледенения уменьшилась на 0,1%. Такая тенденция выявлена и в 2021 г., а исследования ледников в бассейне реки Зидды, (14-16.07.2022 г.), с использованием БПЛА подтвердили тренд уменьшения площади оледенения. Основными причинами уменьшения площади оледенения, являются: учет в конце зимы, территорий заснеженных склонов верхних зон ледников, а также увеличение климатической температуры воздуха [9-А, 11-А].

10. Подтверждено, что в условиях горного рельефа, современных методов геоинформационных технологий и данных дистанционного зондирования земли, в том числе с применением беспилотных летательных аппаратов значительно расширяют возможности мониторинга с воздуха, обеспечивают высокую детализацию в процессе аэрофотосъемки, способствуют получению оперативной информации о состоянии исследуемой территории [12-А].

11. Практически все показатели, воды реки Варзоб за исключением мутности воды, находятся в пределах значений нормативной величины-предельно-допустимых концентраций воды хозяйственно-питьевого типа

(ПДКх-п). При увеличении величины мутности воды реки Варзоб, для целей водоснабжения рекомендуется увеличить дозировку используемого коагулянта.

Определение качества воды должно сопровождаться анализом и оценкой температуры, величины расходов и скоростей течения, а также кинетики изменения уровня в реке[10-А].

12. Основными причинами ухудшения экологического, в том числе гидроэкологического состояния на территории бассейна реки Варзоб являются значительное антропогенное воздействие на водные ресурсы, а также загрязнители (песчаные и глинистые частицы почвы, смываемые со склонов; взвеси от размыва русла реки; промышленные и бытовые отходы; отходы, возникающие от застройки зон санитарной охраны водоемов; освоение горных склонов (распашка); отходы частных домов и хозяйствующих субъектов, не имеющие или не подключенные в систему водоотведения и т.д.

Экологическая ситуация загрязнения водотоков Варзобского района весьма сложная, требующая разработку и использование эффективных мер по коренному улучшению их качества [3-А, 4-А, 6-А]

13. Существующие 3 гидрологических поста (р. Варзоб – станции Дагана и Хушъёри; р. Зидди - устье) явно недостаточны для выявления источников загрязнения, оперативного и долгосрочного прогнозирования качества воды и создания банков данных по гидрохимическим показателям и не обеспечивают оперативной информацией о её состоянии [6-А, 10А].

Рекомендации по практическому использованию результатов

1. Реализация результатов проведенных исследований по водности и климатических характеристик рекомендуются при определении основных факторов изменения стока р. Варзоб. Выявленные параметры гидрологических характеристик (изменение запасов снега, роста внутригодовых колебаний), наблюдавшиеся за последние 20 лет следует использовать при прогнозировании гидрологического состояния бассейна на ближайшую перспективу, так как

климатические процессы носящий характер постоянного изменения, в настоящее время переживающий фазу потепления однозначно влияют на водный баланс бассейна рек Варзоб.

2. При гидрологических расчетах следует иметь в виду, что сток реки наиболее полноценен и полноводен в весенний период, связанный с накоплением влажно-сухого снега в высокогорной части реки Варзоб тем, что минусовая температура прочно удерживает снежный наст до наступления календарной весны. Река Варзоб относится к типу рек со снегово-ледниковым питанием, с возрастанием расхода до $115 \text{ м}^3/\text{сек}$, весной (июнь) и со снижением до $15 \text{ м}^3/\text{сек}$ зимой..

3. Следует осуществлять постоянный мониторинг среднегодового залегания снежной толщи в бассейне реки Варзоб, связанное с его увеличением, за последние годы до 81 см. Основная причина проезд транспорта через тоннель «Истиклол» и прекращение интенсивного движения по старой трассе через перевал «Анзоб».

4. Необходимо учитывать, что осадки в виде дождя, пагубно влияющие на снежные зимние запасы снега, в горной местности увеличились, а количество твердых осадков и запас снежного покрова, зависящие в основном от орографии как в высокогорной зоне аккумуляции, (среднее течение реки Варзоб) уменьшаются.

5. Необходимо учитывать, что уменьшение запасов снега и рост межгодовых колебаний, наблюдавшиеся за последние 20 лет, установленные в процессе исследований водности и климатических изменений, являются основными факторами сокращения жидкого стока р. Варзоб.

6. «Устройство для измерения уровня жидкости в пьезометрической скважине» (Малый патент Республики Таджикистан № TJ 1303) и «Способ измерения уровня жидкости в пьезометрической скважине» (Малый патент Республики Таджикистан № TJ 1304) рекомендуется применять для выявления

взаимосвязи изменения уровня подземных вод в пьезометрических скважинах от колебания уровня воды в реках бассейна реки Кафирниган вообще и реки Варзоб в частности.

7. Применение предложенной системы, необходимых мероприятий позволит улучшить общую экологическую, гидроэкологическую и в целом водную безопасность, а также будут способствовать организации рационального использования и охраны водных ресурсов бассейна реки Варзоб.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Резолюция Генеральной Ассамблеи 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 Ассамблеи 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 Ассамблеи 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. 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>.
7. 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/>.
8. Ледники – водные ресурсы Таджикистана в условиях изменения климата, Государственное Учреждение по гидрометеорологии, Комитета охраны окружающей среды при Правительстве Республики Таджикистана, 2005г., - С. 19.
9. United Nations Economic Commission for Europe Environmental performance reviews. Режим доступа: <http://unece.org>
10. 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>

11. Молотковский, Ю.И., диссертация// Биоэкологические особенности и водный режим растений лесных флороценотивов Таджикистана, Душанбе, 1984, Режим доступа: <http://dlib.rsl.ru>
12. Савельев Л.А. Учебник английского языка для студентов гидрометеорологических специальностей. Санкт- Петербург,1996г. - 273с.
13. Реки и озёра Таджикистана. Главное Управление по гидрометеорологии и наблюдениями за природной средой. Душанбе, 2003г.-23с.
14. Первое Национальное Сообщение Республики Таджикистан по Рамочной Конвенции ООН об Изменении Климата. Министерство охраны природы. Главное Управление по гидрометеорологии и наблюдениям за природной средой/Душанбе – 2002г. – 136 с.
15. Алисов Б. П., Дроздов О. А., Рубинштейн Е. С. Общая климатология.Ч. 1-2. Методы климатологической обработки наблюдений,1952г.- 488с.
16. 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-ri-20-zatronul-vodnyj-vopros/>
17. Водный кодекс Республики Таджикистан. Закон Республики Таджикистан «О принятии Водного кодекса Республики Таджикистан», г. Душанбе 02 апреля 2020 года, №1688.
18. Каталог Ледников СССР. Том 14. Средняя Азия, Выпуск 3, Амударья, часть 5. Бассейн реки Кофарнигана. Гидрометеиздат, 1980. - 44 с.
19. Программа «Достижение устойчивого развития Варзобского района РТ через разработку программы экологического управления» -Душанбе, 2010г.- 164с.
20. Агентство по статистике при Президенте Республики Таджикистан, Таджикистан в цифрах 2015 г.- 160с.
21. Агентство по статистике при Правительстве Республики Таджикистан, Регионы Республики Таджикистан, 2021г. - 331с.

22. Национальная стратегия развития Республики Таджикистан на период до 2030 года. Душанбе, 2016 г. - 104с.
23. Программа социально-экономического развития Варзобского района на 2016-2020 гг., Варзоб, 2015 г. - 142с.
24. Тенденции технологического развития методов дистанционного зондирования Земли, 2005. Пространственные данные, № 1, URL: <http://www.gisa.ru/21948.html> (дата обращения: 12.05.2020г.).
25. Сафаров М.С. «Применение современных технологий дистанционного зондирования для мониторинга селеопасных 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>
26. Саидмуродов Х.М., Станкович К.В.. ТАДЖИКИСТАН, природа и природные ресурсы.// Изд-во «Дониш», Душанбе, 1982г. - 600с..
27. 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.
28. 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.
29. 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.
30. Water Balance of River Basins. 31. Электронный ресурс. Режим доступа: <https://www.researchgate.net/publication/308011180>

31. 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.
32. Иофин З.К. Мировой водный баланс, водные ресурсы земли, водный кадастр и мониторинг. Волгоград, 2009г., - 211с.
33. Курбонализода С.Ш., Гулахмадов А.А., Кобулиев З.В. Водноэнергетический потенциал и гидроэнергетические характеристики реки Варзоб/политехнический вестник № 1 (45) 2019г. – С. 61-68.
34. Каталог ледников СССР. Л.: Гидрометеиздат. Т. 14, вып. 1 – 3. 1969 – 1980г.
35. Рахими Ф., Мухаббатов Х. Ниязов А. С., Аброров Х// Вода, наука и устойчивое развитие (на тадж.). Дониш, Душанбе-2019г.- 430с.
36. Шульц В.Л. – Реки Средней Азии. Гидрометиздат, Ленинград. 1965г. - 691с.
37. 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.
38. Крюков В.И. Схема территориального деления таджикской сср для целей экологического мониторинга окружающей среды республики. Душанбе. 1989г.- 64с
39. Доклад о состоянии здравоохранения в мире. ВОЗ. - 124с.
40. Охрана окружающей среды в Республики Таджикистан. Статистический сборник,2021г. - 56с.
41. 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.
42. Современные энерго- и ресурсосберегающие, экологически устойчивые технологии и системы сельскохозяйственного производства: сборник науч. тр. / под ред. Н. В. Бышова. – Вып. 12. Рязань : ФГБОУ ВО РГАТУ, 2016. – 486 с.

43. 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.
44. Данные Агентства по гидрометеорологии Комитета охраны окружающей среды при Правительстве Республики Таджикистан.
45. Пачаджанов, Д.Н. Гидрохимия поверхностных вод Таджикистана. Часть 1. Реки и водохранилища / Д.Н. Почоджанов, Д.Л. Патица. – Душанбе, 1999г. - 102с.
46. 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.
47. Шитиков В.К., Розенберг Г.С., Зинченко Т.Д. Количественная гидроэкология: методы системной идентификации.- Тольятти: ИЭВБРАН, 2003г.- 463с.
48. Интернет ресурс; Режим доступа: <http://mkurca.org>
49. Каталог водопользования реки Кафирниган, Душанбе, 1987г. - 48с
50. Государственный Водный Кадастр. Многолетние Данные о Режиме и Ресурсах Поверхностных Вод Суши. Том XII. Таджикская ССР. Ленинград. Гидрометеоиздат. 1987г. - 350 с.
51. ГОСТ 2874-82. Вода питьевая. Гигиенические требования и контроль качества - М.: Стандартиформ, 1982г.- 62с.
52. Салимов Т.О. Таджикистан - страна истоков вод. - Душанбе, 2013г. 62 с.
53. Нуралиев К., Абдусаматов М., Латипов Р.Б. Водные ресурсы Таджикистан: инициатив, состояние и перспектива. Душанбе. 2012г. - 225 с.
54. Мухаббатов Х. Водные ресурсы Таджикистана и проблемы водопользования в Центральной Азии // Проблемы постсоветского пространства, 2016. - №3. - С.29-45.

55. Шульц В.Л. – Реки - Средняя Азия. / Глав. упр. гидрометеорол. службы при Совете Министров СССР. Ленинград : Гидрометеиздат, 1963. - 302 с.
56. Котляров В.М. Снежный покров земли и ледники / В.М. Котляров. - Л.: Гидрометеиздат, 1968. - 479с
57. Водные ресурсы Таджикистана, Душанбе, 2003. –С.109
58. Давыдов Л.К.-Водность рек СССР (ее колебания и влияние на нее физико–географических факторов), Гидрометиздат, Ленинград. 1947 г. - С 162.
59. 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.
60. Гилярова М.А.- Гиссарская долина Сб. «Таджикистан» Тр. Тадж. Памирской экспедиции Лен. 1936 г.- 399с.
61. Атлас Таджикской ССР, 1968. М.: ГУГК. - 200 с.
62. Большаков М.А. Некоторые особенности многолетних колебании горного стока рек Средней Азии, Институт водного хозяйство и энергетики АН Киргизкой ССР.вып 2(V) 1955г. - С 3-18.
63. 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.
64. Изменение климата и водные проблемы в Центральной Азии. Колл. авторы. Москва – Бишкек. 2006г. - 190с.
65. Дмитриева В.А.. Гидрологический режим рек Донского бассейна. Вестник ВГУ, серия: География. Геоэкология, 2018, № 4.2018г. - С.77-84.
66. Руководство по гидрологической практике. Том II. Управление водными ресурсами и практика применения гидрологических методов. Женева, ВМО. 2012г. – 322с.

67. Мельникова Т.Н. Практикум по гидрологии. Учебно-методическое пособие. Майкоп – 2012г. - 159с.
68. Второе национальное сообщение РТ по рамочной конвенции ООН об изменении климата / Б.У. Махмадалиев, А.К. Каюмов, А.В. Новиков. – Душанбе, 2003г. - 114 с.
69. Вторая оценка трансграничных рек, озер и подземных вод. ООН. Нью-Йорк и Женева.2011г. - 448с.
70. Справочник по климату СССР. Температура воздуха и почвы. Вып. 31. Ч. II. Ленинград. Гидрометеиздат. 1966. - 226 с.
71. Справочник по климату СССР. Влажность воздуха, атмосферные осадки, снежный покров. Вып. 31. Ч. IV. Ленинград. Гидрометеиздат. 1969 г. - 212с.
72. Global Climat-WorldClim Version2. <worldclim.org/version2>
73. Электронный ресурс. <http://landsat.org/ortho/index.php>
74. Электронный ресурс. <http://landsat.org/ortho/index.php>
75. Средняя температура воздуха, климатическая норма и отклонения от нее. Электронный ресурс. Режим доступа: <http://www.hmn.ru/index.php?index=14&value=6>
76. Руководящие указания ВМО по расчету климатических норм. ВМО-№ 1203,2017г.- 32с
77. Зубенок Л.И. Испарение на территории Советского Союза // Влагооборот в природе и его роль в формировании ресурсов пресных вод. М.: Стройиздат, 1973г. - 231 с.
78. Фролов А.В. Оценка статистических характеристик многолетних колебаний испарения с крупных речных водосборов // Доклады академии наук. 2014. Т. 458. № 3. - С. 345–348.
79. Финаев А.Ф. Гидроклиматические изменения на малых реках Таджикистана (на примере р. Варзоб). Совещание 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.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

92. Современные проблемы экологической метеорологии и климатологии. сб., посвящ. 85-летию акад. Михаила Ивановича Будыко (1920-2001) / СанктПетербург : Наука, 2005г. - 244с.
93. Хромов, С. П. Метеорология и климатология : учеб. для студентов вузов / Изд-во МГУ им. М.В. Ломоносова, Москва, 2006г. - 585 с.
94. Дроздов О.А. Исследование колебаний увлажнения / О.А. Дроздов // Метеорология и гидрология. 1978. -№ 4. - С.109-115.
95. Дроздов О.А. Исследование связи между глобальными температурой и увлажнением / О.А. Дроздов // Труды ГГИ. 1985. Вып. 317. - С.3-22
96. Виноградов О.Н. Завершение работ по созданию Каталога ледников СССР // Материалы гляциол. исследований. 1984. Вып. 51. - С. 10–16.
97. Кренке А.Н. Массообмен в ледниковых системах на территории СССР. Л.: Гидрометеиздат, 1982г. - 288 с.
98. Электронный ресурс. Режим доступа: <http://www.webgeo.ru/index.php?r=47>
99. 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.
100. 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.
101. Catalogue of Pamir and Hissaro-Alay glaciation for 1980 (database of A.S. Schetinnikov)
102. Щетинников А.С. Морфология и режим ледников Памиро-Алая. САНИГМИ, Ташкент. 1998г. – С.184-185.
103. Оледенение Северной и Центральной Евразии в современную эпоху. Под ред. В.М. Котлякова. Институт географии РАН. – Москва, Наука. 2006. – С. 168-169.

104. 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.
105. Ерасов Н.В. Метод определения объема горных ледников // МГИ. 1968. № 14. - С. 307–308.
106. 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.
107. Ледники Таджикистана 98. Электронный ресурс. Режим доступа: http://www.cawater-info.net/library/rus/glaciers_tj.pdf
108. Географо-гидрологические исследования. Русское географическое общество, Москва Издательский дом «Кодекс» 2012г. - 496с.
109. Федоров В.Н., Терентьев И.И. Ландшафтно-гидрологический подход к исследованию структуры водного баланса и стока и оценки его характеристик с учетом малых водосборов и речных бассейнов. Сборник 133., Москва, Издательский дом «Кодекс» 2012г. - С. 95-116.
110. 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.
111. 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.
112. 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
113. 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.

114. 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.
115. Wild M. Enlightening global dimming and brightening // Bulletin of the American Meteorological Society. Vol. 93. No 1. P. 27–37.
116. 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.
117. 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).
118. 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.))
119. 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.
120. Финаев А.Ф. Динамика оледенения некоторых районов Памир-Алая. Вопросы географии и геоэкологии. ТОО «Институт географии». Алматы. № 3. 2013. - С. 32-42.
121. Методы изучения и расчета водного баланса, Ленинград. Гидрометеиздат. 1971, 1981.- С.47.
122. Дроздов О.А.- Атмосферные осадки климат СССР часть V Гидрометиздат Л. 1948 г.- С. 304.

123. Дроздов О.А. О фазах векового цикла количества осадков на территории Евразии / О.А. Дроздов // Труды ГГО. 1973. Вып. 299. – С.91-99.
124. Дроздов О.А. Формирование увлажнения суши при колебаниях потеплении климата / О.А. Дроздов // Труды ГГИ. 1981. Вып. 271. - С. 3-10.
125. 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.
126. Гройсман П.Я. Оценки изменчивости средней годовой зональной температуры воздуха / П.Я. Гройсман // Метеорология и гидрология. 1987. -№ 3. - С. 103-105.
127. Дроздов О.А. О причинах и проявлениях естественных колебаний климата // Вестник ЛГУ. 1981. Вып. 2. -№ 12. - С. 63-71.
128. Бучинский И.Е. – Рельеф и осадки. Извест. Всесоюз. Геогр. Обществ: том 86 вып.2. Изд. Ак Наук СССР М-Л 1954 г.
129. 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.
130. Бабушкин И.Н.- К оценке «Субтропичности » климата республик Средней Азии. Труд.Ташкент. Геофиз. Обсер. Вып 1 (2) Гидрометизд. Ленинград. 1949 г.
131. Шульц В.Л. – Определение площади одновременного снеготаяния в водосборах рек Средней Азии, 1948г. - 116с.
132. Давыдов Л.К.-Водность рек СССР (ее колебания и влияние на нее физико –географических факторов), Гидрометиздат, Ленинград. 1947 г. С-162.
133. Давыдов Л.К.- Классификация рек средней Азии по типу их питания. Записки ГГИ т. X Гидрометиздат Л. 1933 г.
134. Шульц В. Л. Таяние снежников в горах Средней Азии. Ташкент, 1956г. - 366 с.

135. Факторы формирования речного стока. Электронный ресурс. Режим доступа: <http://ekologyprom.ru/uchebnoe-posobie-po-teme-lnauki-o-zemler/416-factory-formirovaniya-rechnogo-stoka.html>
136. Ибатуллин С. Р., Ясинский В. А., Мироненков А. П. Влияние изменения климата на водные ресурсы в Центральной Азии. Отраслевой обзор. Алматы, 2009г.- 44с.
137. 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.
138. Большаков М.А. Некоторые особенности многолетних колебания горного стока рек Средней Азии, Институт водного хозяйство и энергетики АН Киргизкой ССР. вып 2(V) 1955г. – С. 3-18.
139. Воейков А.И. – Снежный покров, его влияние на почву, климат и погоду, и способы исследования. Издат. Соч.т.П. М.Л. 1949 г. - 213с.
140. Кузьмин, П.П. Формирование снежного покрова и методы определения снегозапасов / П.П. Кузьмин. – Л.: Гидрометеиздат, 1960. - 169 с.
141. Рихтер, Г.Д. Снежный покров, его формирование и свойства / Г.Д. Рихтер. – М.: Изд-во АН СССР, 1945г.- 120 с.
142. Эдельштейн К.К.. Географическая типизация структуры материковых гидрологических циклов и тенденции их антропогенного преобразования. Вопросы географии. Сборник 133., Москва, Издательский дом «Кодекс» 2012г. - 168с.
143. 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.
144. Кудрявцев Н.А.- Геологическое строение южного хребта в районе г. Каратаг. Труд. Геол. раз. Инст. Сред. Азии выпуск 22 1932 г. – 48 с.

145. Исаченко А.Г. Ландшафтоведение и физико-географическое районирование / Высшая Школа, Москва, 1991 г.- С.366 .
146. Щукин И.С. – Природные элементы ландшафтов Таджикистана и их значение как производительной силы. Сб. «Таджикистан» Труды Таджико-Памирской экспедиции Академии наук СССР, Ленинград, 1936 г. – С. 3-87.
147. Щербакова Е.Я. – Снежный покров в горах Средней Азии. Труды Ташкентской Геофизической Обсерватории 1950 г. - 340с.
148. Щукин И.С., Гилярова М.А. – Кухистан. Сб. «Таджикистан» Труды Таджико-Памирской экспедиции Академии наук СССР, Ленинград. 1936 г. – С. 165-281.
149. Мильков Ф.Н. Основные проблемы физической географии / Ф.Н. Мильков - М., Высшая школа, Москва, 1967г. - С-251.
150. Мухаббатов Х.М. Снежный покров Таджикистана / Х.М. Мухаббатов, А.А. Яблоков. –Душанбе: «Ирфон». - 118с.
151. 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>
152. 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-ri-20-zatronul-vodnyj-vopros/>
153. 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>
154. Исаченко А.Г. Ландшафты, Геодезия и картография, 1989.- 503с.

155. Берг Л.С. Географические зоны Советского Союза / Л.С. Берг. –Москва, - Т. 1, 1947; -Т. 2, 1952.
156. Атлас - Природные Ресурсы Таджикской ССР. I, IV. Современное Оледенение. Душанбе-Москва. 1983 г.
157. ГОСТ 2761-84. Источники централизованного хозяйственно- питьевого водоснабжения. Гигиенические, технические требования и правила выбора.
158. ГОСТ 2874-82. Вода питьевая. Гигиенические требования и контроль за качеством.
159. 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.
160. 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
161. Электронный ресурс. <http://en.wikipedia.org/wiki>
162. Исследование критериев интегрированного управления водными ресурсами в бассейне Аральского моря. Ташкент: НИЦ МКВК, 2008г.
163. 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>
164. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://smis-expert.com/blog/pezometry-v-sisteme-monitoringa-gidrotekhnicheskikh-sooruzheniy/>
165. 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.

166. Стратегия развития водного сектора Таджикистана, -Душанбе, 2006. –94 с.
167. 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
168. Руководство по технической инвентаризации объектов питьевого водоснабжения и водоотведения, Швейцарской Управление по развитию и сотрудничеству SDC, Душанбе – 2011г. - 81с.
169. Безопасность окружающей среды и здоровье населения./Почекаева Е.И., Попова Т.В./ Ростов-на-Дону,Феникс, 2013.- С.448.
170. Программа развития водного сектора Таджикистана на 2010-2015 годы / Проект отчета. -Душанбе, декабрь 2009г. - 96 с.
171. Руководство по специализированному климатологическому обслуживанию экономики / Под ред. Н.В. Кобышевой. // Главная геофизическая обсерватория им. А.И. Воейкова. СПб. 2008. - 336 с.
172. 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. Международ. десятилетию действий «Вода для жизни» (2005-2015). – Душанбе, 2015. – С. 90-94.
173. Чембарисов Э. И., Проблемы интегрированного управления водными ресурсами, Водопользование и управление водными ресурсами, <http://www.cawater-info.net/pdf/chembarisov2010.pdf>
174. Концепция по рациональному использованию и охране водных ресурсов. –Душанбе, 2002. - 65с.
175. Охрана окружающей среды в Республики Таджикистан. Статистический сборник, 2021г. 56с.

СПИСОК НАУЧНЫХ ПУБЛИКАЦИЙ СОИСКАТЕЛЯ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ

Статьи, опубликованные в научных журналах, рекомендованных ВАК при Президенте Республики Таджикистан и других зарубежных рецензируемых журналах.

[1-А]. **Гулаёзов М.Ш.** Географические особенности руслового режима реки Варзоб/Гулаёзов М.Ш., Кодиров А.С.//Вестник Технологического Университета Таджикистана-Научный журнал, № 2(45) 2021. - С. 28-36.

[2-А]. **Гулаёзов М.Ш.** Водные ресурсы реки Варзоб и интегральный показатель их качества/Гулаёзов М.Ш., Амирзода О.Х., Кобули З.В.// Кишоварз-Научный журнал, № 2(92) 2021. - С. 104.

[3-А]. **Гулаёзов М.Ш.** Пространственное распределение осадков по климатическим зонам бассейна реки Варзоб/ Гулаёзов М.Ш., Кобули З.В., Яоминг Л., Кодиров А.С. // - Педунивер. Научный журнал.-2021.-№1.- С. 207-212.

[4-А]. **Гулаёзов М.Ш.** Развитие экологического предпринимательства в рамках «Экономического пояса Шёлкового пути»/ Одинаев М., Чен Ш., Гулаёзов М., Кобули З.В., Амирзода О., Аминов Дж. //Известия Национальной Академии наук Таджикистана..№2 (263)-2021. - С. 99-102.

[5-А]. **Гулаёзов М.Ш.** Мониторинг залегания снежного покрова в Таджикистане/ М.Ш. .Гулаёзов // Научный журнал «Наука и инновация». Таджикский национальный университет. Серия геологических и технических наук 2022. №1. - С.141-146.

[6-А].**Гулаёзов М.Ш.**, Географо-гидрологическое и экологическое состояние бассейна реки Варзоб// Гулаёзов М.Ш., Фазылов А.Р.// Научно-практический журнал «Водные ресурсы, энергетика и экология» Института водных проблем, гидроэнергетики и экологии национальной академии наук Таджикистана. Том 2, №3., 2022. - С 40-52.

[7-А]. **Гулаёзов М.Ш.** Мониторинг деформации плотины Сарезкого озера./ 韩军强, 涂锐, 王伟胜 赵峰, 巴音达来, Gulayozov Majid Shonazarovich, Ayubzoda Eronsho, 刘文江, 卢晓春, Журнал. «Satellite Application» На китайском языке. 2022. - С.35-40.

[8-А]. **Гулаёзов М.Ш.** Проблема устойчивого решения для снижения уровней риска в районе Сарезского озера, Таджикистан. // Джафар Ниязов, Мирзо Саидов, Маджид Гулаёзов, Мустафо Сафаров, Сухбатулло Саидов// Материалы конференции «Eurasian RISK 2019», 22-24 май, 2019 – Баку, Азербайджан. - С.108.

[9-А]. **Гулаёзов М.Ш.** Управление водными ресурсами в Республике Таджикистан//Ли Т. ,Сапаров А., Гулахмадов А., Гулаёзов М.// //American Geophysical Union, Fall Meeting 2019, abstract #GC51P-1014, December 2019.

<https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/2019AGUFMGC51P1014L/ab>

[10-А]. **Гулаёзов М.Ш.** Рациональное использование и охрана водных ресурсов бассейна реки Варзоб// Гулаёзов М.Ш., Фазылов А.Р.//Научно-практический журнал «Водные ресурсы, энергетика и экология» Института водных проблем, гидроэнергетики и экологии национальной академии наук Таджикистана. Том 2, №2., 2022. – С. 45 -53.

[11-А]. **Гулаёзов М.Ш.** Опасные природные процессы экзогенного характера бассейна реки Зеравшан (Пенджикент, Таджикистан) / Сафаров М.С., А.Р.Фазылов, Х.Д. Наврузшоев // Международный научно-практический журнал "Endless Light in Science".- Алматы, Казахстан,10.09.2022. - С. 218-227. DOI 10.244/2709-1201-2022-218-227

[12-М]. **Гулаёзов М.Ш.** Перспективы применения аэрокосмического мониторинга при проведении географо-гидрологических и экологических исследований / М.С. Сафаров, М.Ш. Гулаёзов, М.В. Охонниёзов, А.Р. Фазылов, Wang Weisheng, Bayandalai, М.Х. Муродов // Научно-практический журнал

«Водные ресурсы, энергетика и экология» Института водных проблем, гидроэнергетики и экологии национальной академии наук Таджикистана. Том 2, №2., 2022. - С. 146-155.

[13-А]. Гулаёзов М.Ш., Сафаров М.С., Фазылов А.Р., Рахимов И.М., Давлатшоев С.К. Малый патент Республики Таджикистан № ТЈ 1303. Устройство для измерения уровня жидкости в пьезометрической скважине. Бюл. 188, 2022.

[14-А]. Гулаёзов М.Ш., Сафаров М.С., Фазылов А.Р., Рахимов И.М., Давлатшоев С.К. Малый патент Республики Таджикистан № ТЈ 1304. Способ измерения уровня жидкости в пьезометрической скважине. Бюл. 188, 2022.

ПРИЛОЖЕНИЕ

ҶУМҲУРИИ
ТОҶИКИСТОН



ИДОРАИ
ПАТЕНТӢ

ШАҲОДАТНОМА

Шаҳрванд Гулаёзов М.Ш.

муаллифи ихтирои *Дастгоҳ барои чен кардани сатҳи моеъ дар чохи пезометрӣ*

Ба ихтироъ нахустпатенти № ТҶ 1303 дода шудааст.

Дорандаи нахустпатент Давлатшоев С.К.

Сарзамин Ҷумҳурии Тоҷикистон

Ҳаммуаллиф(он) Сафаров М.С., Фазылов А.Р., Рахимов И.М., Давлатшоев С.К.

Аввалияти ихтироъ 28.06.2022

Таърихи рузи пешниҳоди ариза 28.06.2022

Аризаи № 2201708

Дар Феҳристи давлатии ихтироъҳои Ҷумҳурии Тоҷикистон

17 октябри с. 2022 ба кайд гирифта шуд

Нахустпатент

этибор дорад аз 28-июни с. 2022 то 28-июни 2032 с.

Ин шаҳодатнома ҳангоми амали гардонидани ҳуқуқи имтиёзхое, ки барои муаллифони ихтироот бо қонунгузорию чорӣ муқаррар гардидаанд, нишон дода мешавад

ДИРЕКТОР

Исмоилзода М.

ҶУМҲУРИИ
ТОҶИКИСТОН



ИДОРАИ
ПАТЕНТӢ

ШАҲОДАТНОМА

Шахрванд Гулаёзов М.Ш.

муаллифи ихтирои *Тарзи чен кардани сатҳи моеъ дар чоҳи пезометри*

Ба ихтироъ
нахустпатенти № ТҶ 1304 дода шудааст.

Дорандаи
нахустпатент Давлатшоев С.К.

Сарзамин Ҷумҳурии Тоҷикистон

Ҳаммуаллиф(он) Сафаров М.С., Фазылов А.Р., Рахимов И.М.,
Давлатшоев С.К.

Аввалияти ихтироъ 28.06.2022

Таърихи рӯзи пешниҳоди ариза 28.06.2022

Аризаи № 2201709

Дар Феҳристи давлатии ихтироъҳои Ҷумҳурии Тоҷикистон

17 октябри с. 2022 ба қайд гирифта шуд

Нахустпатент

этибор дорад аз 28 июни с. 2022 то 28 июни 2032с.

Ин шаҳодатнома хангоми амали гардонидани ҳукуку
имтиёзхое, ки барои муаллифони ихтироот бо қонунгузории
ҷорӣ муқаррар гардидаанд, нишон дода мешавад

ДИРЕКТОР

Исмоилзода М.



«УТВЕРЖДАЮ»

Проректор по науке и инновациям



Таджикского Национального
университета, д.х.н., профессор

Сафармамадзода С.М.

« 10 » 11 2022г.

СПРАВКА

о внедрении в учебный процесс результатов диссертационного исследования **Гулаёзова Маджида Шоназаровича** на тему: **«Географо-гидрологическая и экологическая оценка состояния бассейна реки Варзоб»** представленная на соискание учёной степени кандидата географических наук, по специальности 25.00.27- Гидрология суши, водные ресурсы, гидрохимия.

Результаты диссертационной работы Гулаёзова Маджида Шоназаровича на тему: «Географо-гидрологическая и экологическая оценка состояния бассейна реки Варзоб» внедрены в учебный процесс по подготовке бакалавров, магистров и докторов PhD при Физическом факультете Таджикского национального университета и используются студентами данного факультета в процессе изучения теоретических и лабораторно-практических дисциплин: «Метеорология и климатология», «Гидрология суши», «Гидрохимия», «Физическая география», «Гляциология».

В частности внедрены в учебный процесс:

1. При подготовке специалистов в бакалавриате, магистратуре и докторантуре (доктора философии (PhD), доктора по специальности 6D061000 - Гидрология), по специальности по специальности 1-31 02 01 02 09 - «Метеорология и климатология», 6D061000-«Гидрология», 6D080500-«Водные ресурсы и водопользование» и 6D061200-«Метеорология», 6D060900-«Физическая география»;

2. *Внедрены в учебно-методические комплексы и рабочие программы следующих дисциплин:*

- **«Физическая география»**. Автором в разделе **«Физико-географическая характеристика Республики Таджикистан»** приведены результаты анализа географического положения, гидрологических и климатических условий, освещены вопросы водно-ресурсного потенциала и водообеспеченности, орографии бассейнов отдельных рек, особенности формирования стока рек, рассмотрены условия развития климатических и других природных процессов в

горно-предгорной зоне Таджикистана. Проанализированы также процессы, определяющие гидрологическое состояние и режим водных объектов бассейна реки Кафирниган. Проведён анализ водных ресурсов, природных условий речных бассейнов Республики Таджикистан и выявлены их основные характеристики. Отмечено, что горные системы с ответвлениями образуют гидрогеографические области РТ, формируя речные системы рек Амударья и Сырдарья. Гидрографическая сеть РТ включает в себя 25800 рек, протяженностью 69,2 тыс. км, а главные речные бассейны по гидрографическому положению выделены в отдельные речные бассейны: Сырдарья, Вахш, Пяндж, Зерафшан, Кафирниган. Установлено, что 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%-тах территории отсутствуют совсем.

- «Гидрология суши». Изучены орографические особенности Таджикистана, а также удаленность от обширных водных пространств, специфически влияют как на климатические, так и на особенности режима водных артерий. Основным фактором влияющим на процессы формирования речного стока являются климатические переменные. Река Кафирниган, правый приток реки Амударья, одна из крупных РТ, с общей водосборной площадью бассейна в 11600 км² кв., орошает своими водами одну из наиболее плодородных и наиболее густо заселенную, Гиссарскую долину. Значительная расчленённость южного склона Гиссарского хребта благоприятствует образованию множества рек и речек, являющихся первого, второго, третьего рода притоками реки Кафирниган, одним из основных считается - **река Варзоб**. **Получены результаты:** изучения влияния изменения климата на водный баланс малых горных рек, на примере бассейна р. Варзоб; исследований по климатическим зонам пространственное распределение атмосферных осадков и температурный фон бассейна реки Варзоб; осуществлен мониторинг влияния залегания снежного покрова и оледенения территории бассейна реки Варзоб, в условиях климатических изменений, на его сток; исследованы особенности экологической ситуации водных ресурсов в Варзобском районе.

- «Гидрохимия». На основе полученных результатов исследований образцов воды реки Варзоб установлено, что они являются нейтральной (рН=6.9). Практически все показатели, за исключением мутности воды, находятся в пределах значений нормативной величины-предельно-допустимых концентраций воды хозяйственно-питьевого типа (ПДКх-п). В период паводка при увеличении величины мутности воды реки Варзоб, для водоснабжения рекомендуется увеличить дозировку используемого коагулянта. По показателям качества воды водоисточников Варзобского района в большей или меньшей степени отвечают требованиям ГОСТ. Определение качества воды должно сопровождаться анализом и оценкой температуры, величины расходов и скоростей течения, а также кинетики изменения уровня в реке. 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 с применением следующих современных оборудований: **Атомно-абсорбционный спектрометр Hitachi ZA3000; Ионный хроматограф Dionex ICS-900.**

На базе Центра экологии и охраны окружающей среды, при содействии соискателя, меморандум о совместной учебно-научно-исследовательской работе, с применением современных приборов, студенты могут провести не только лабораторные, но также экспедиционно-полевые работы по отбору проб с использованием портативных и лабораторных приборов для определения физико-химических и изотопных параметров исследуемых вод в курсах переподготовки магистров и докторов PhD.

- Гляциология. По состоянию на 1980 год в бассейне р. Варзоб насчитывалось 147 ледников, размерами более 0,1 км², общей площадью 26,99 км². Установлено, что с 1953 по 1980 гг. и за период с 1980 по 2001 гг. *площадь оледенения уменьшилась на 0,1%*. Такая тенденция выявлена и в 2021 г., а исследования ледников в бассейне реки Зидды, (14-16.07.2022 г.), с использованием БПЛА подтвердили тренд уменьшения площади оледенения. Основными причинами уменьшения площади оледенения, являются: учет в конце зимы, территорий заснеженных склонов верхних зон ледников, а также увеличение климатической температуры воздуха. Подтверждено, что в условиях горного рельефа, современных методов геоинформационных технологий и данных дистанционного зондирования земли, в том числе с применением беспилотных летательных аппаратов значительно расширяют возможности мониторинга с воздуха, обеспечивают высокую детализацию в процессе аэрофотосъемки, способствуют получению оперативной информации о состоянии исследуемой территории.

Заведующий кафедрой «Метеорология и климатология»
физического факультета Таджикского
национального университета,
д.х.н., профессор



Норматов И.Ш.