

НАЦИОНАЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ НАУК ТАДЖИКИСТАН
Институт водных проблем, гидроэнергетики и экологии

УДК 556.3:556.5:556.114(575.3)

На правах рукописи



Холмирзозода Муслима Олим

**ГИДРОХИМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА СЕЗОННОЙ ИЗМЕНЧИВОСТИ
ПОВЕРХНОСТНЫХ И ПОДЗЕМНЫХ ВОД ТАДЖИКИСТАНА**
(на примере южных рек Таджикистана)

ДИССЕРТАЦИЯ

на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности
2.1. Геология, геодезия, гидрология, строительство, архитектура
(2.1.37. Гидрология суши, водные ресурсы, гидрохимия)

Научный руководитель:

доктор технических наук
Кодиров Анвар Саидкулович

Душанбе – 2026

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	5
ГЛАВА 1. ХАРАКТЕРИСТИКА ВОДНЫХ РЕСУРСОВ РЕСПУБЛИКИ ТАДЖИКИСТАНА.....	12
1.1. Климат, рельеф и водные ресурсы Центрального Таджикистана.....	12
1.2. Пути формирования химического состава природных вод.	16
1.3. Условия формирования состава природных вод.....	19
1.4. Гидрохимические исследования сезонных изменений поверхностных и подземных вод.....	27
1.5. Химический состав, классификация и некоторые особенности природных вод.....	34
1.6. Методы гидрохимических исследований и оценка качества вод рек Таджикистана.....	39
Выводы по главе 1.....	42
ГЛАВА 2. ПРИРОДНО-КЛИМАТИЧЕСКИЕ И ГИДРОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ ГИДРОХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ВОД ЮЖНОГО ТАДЖИКИСТАНА.....	44
2.1. Значение воды для общественного здравоохранения и жизнедеятельности человека.....	44
2.2. Качество и состояние водных ресурсов Республики Таджикистан.....	48
2.3. Текущее состояние качества питьевого водоснабжения в некоторых регионах Республики Таджикистан.....	61
Выводы по главе 2.....	65
ГЛАВА 3. ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ...	67
3.1. География, гидрогеология, ледники и водные ресурсы Южного Таджикистана.....	67

3.2.	Географическое положение и климатические условия бассейна реки Кафирниган.....	70
3.3.	Гидрологическая характеристика бассейна реки Кафарниган.....	79
3.4.	Анализ гидрохимических показателей реки Кафирниган...	86
3.5.	Оценка состояния подземных вод бассейна реки Кафирниган.....	95
3.6.	Сезонная гидрохимическая оценка качества воды южных рек Таджикистана.....	105
	Выводы по главе 3.....	106
ГЛАВА 4.	АНАЛИЗ СЕЗОННОЙ ГИДРОХИМИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ВОД КУЛЯБСКОЙ ЗОНЫ.....	108
4.1.	Комплексное исследование химического состава поверхностных вод Кулябской зоны (на примере рек «Тебалай» и «Момирак»).....	108
4.2.	Гидрохимическая оценка сезонных изменений качества вод Кулябской зоны.....	119
4.3.	Экологическая и санитарно-гигиеническая оценка поверхностных вод реки «Тебалай» и «Момирак».....	122
	Выводы по главе 4.....	131
	ВЫВОДЫ.....	132
	СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	135
	ПУБЛИКАЦИИ АВТОРА ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ.....	145
	ПРИЛОЖЕНИЯ.....	149

ПЕРЕЧЕНЬ СОКРАЩЕНИЙ

АН РТ	- Академия Наук Республики Таджикистан;
БПК	- Биохимическое потребление кислорода;
ВОЗ	- Всемирная организация здравоохранения;
ГОСТ	- Государственный стандарт;
ГИС	- Географическая Информационная система;
ИЗВ	- Индекс загрязнения воды;
ИКТ	- Информационно-коммуникационные технологии;
КНС	- Кафирниганская насосная станция;
НСРП	- Национальная стратегия сокращения бедности;
ПАВ	- Поверхностно-активные вещества;
ПДК	- предельно допустимая концентрация;
РФА	- рентгенно - фазовый анализ;
Скв.	- Скважина;
ХПК	- Химическое потребление кислорода;
ЮЗНС	- Юго-Западная насосная станция;
ЮЗВ	- Юго-Западная водостанция;
Cond	- Удельная проводимость;
GNIP IAEA	- Global Network of Isotopes in Precipitation;
GMWL	- Global Meteoric Water Line;
NATO	- North Atlantic Treaty Organization;
Oxi	- Оксиметр;
TDS	- Total dissolved solids.
UNICEF	- United Nations International Children's Emergency Fund;
V-SMOW	- Vienna Standard of the Mean Ocean Water;
pH	- Водородный показатель;
$\delta^2\text{H}$	- Дейтерий;
$\delta^{18}\text{O}$	- Изотоп кислорода;
$\mu\text{S/cm}$	- микро сименс на сантиметр;

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы исследования. Таджикистан обладает богатыми ресурсами питьевой воды, большая часть которых относится к поверхностным водам. Воды Таджикистана отличаются от других поверхностных вод мира прежде всего своими органолептическими свойствами, химическим составом и чистотой. В то же время поверхностные воды Таджикистана богаты кислородом.

Речной бассейн может оказывать гидрологическое и гидрохимическое воздействие на качество воды. Кроме того, значительное влияние оказывают вода из ручьев, речные потоки, тающий снег и ледники, наносы, грунтовые воды и антропогенные факторы. Одним из основных источников воды для рек Таджикистана являются ледники.

Сезонная изменчивость гидрохимического состава рек является закономерным результатом взаимодействия климатических, гидрологических, геолого-геохимических и антропогенных факторов, изменяющихся в течении водного года.

Гидрохимическая оценка сезонной изменчивости поверхностных и подземных вод Таджикистана представляет собой важный элемент анализа состояния водных ресурсов, учитывая их ключевую роль в обеспечении сельского хозяйства, энергетики и экологической устойчивости страны. В этом контексте изучение сезонной динамики гидрохимических показателей является необходимым инструментом научно обоснованного управления водными ресурсами и обеспечения требуемого качества воды для нужд населения, и функционирования природных экосистем.

С этой точки зрения данная тема в настоящее время является актуальной и своевременной и может послужить дальнейшим гидрохимическим исследованиям рек Таджикистана, направленных на изучение закономерностей формирования химического состава и минерализации вод в условиях

высокогорного рельефа, преобладания снегово-ледникового питания, резко континентального климата и возрастающего антропогенного воздействия.

Степень изученности научной темы. Исследование основывается на фундаментальных научных трудах признанных экспертов в области гидрологии, гидрохимии и водных ресурсов. В работах отечественных и зарубежных исследователей были всесторонне рассмотрены теоретические и методологические аспекты, связанные с гидрохимической, оценкой сезонных изменений водных ресурсов Таджикистана и за рубежом. Эта тема посвящена ряду трудов советских и современных ученых: Королева В.А. [41], Кондратьева С.А. [39], Лурье Ю.Ю. [48], Михайлова Н.И. [53], Никанорова А.М. [61], Оленина А.С. [69] и др. В формировании диссертационной работы (содержании и научных выводах) широко оценён вклад научных работ таджикских учёных: Сафиева Х.С. [89], Пулатова Я.Э. [71], Салимова Т.О. [82], Имомова А.И. [32], Мухаббатова Х.М. [27], Абророва Х.А. [3], Давлатова А. С. [20], Алиева А.С. [4], Баратова Р.Б. [10] и других.

Связь исследования с программами (проектами) и научной тематикой. Тема диссертационного исследования сформирована с учётом стратегических программных документов Республики Таджикистан, в том числе «Программы улучшения обеспечения населения чистой питьевой водой на период 2008–2020 годов», «Программы реформирования водного хозяйства Республики Таджикистан на 2016–2025 годы», а также в рамках научных проектов Института водных проблем, гидроэнергетики и экологии Национальной Академии наук Таджикистана. Работа выполнялась по направлениям госбюджетной НИР «Оценка состояния подземных вод города Душанбе с использованием методов изотопной гидрологии» (ГР № 0115TJ00480, срок выполнения 2015-2019 гг.); «Разработка и испытание технологии получения и применения коагулянтов и флокулянтов из местного сырья для очистки воды» (РБ № ТД2002 П1196) и «Изучение химического

состава проточных и природных вод регионов Республики Таджикистан и разработка современных методов водоочистки» (РБ № 0107ТД677).

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Цель исследования заключается в идентификации химического состава и гидрохимической оценки сезонной изменчивости поверхностных и подземных вод южных рек Таджикистана.

Задачи исследования. Для достижения поставленной цели планируется выполнение следующих задач:

- изучение и определение химического состава, гидрохимических и органолептических параметров, таких как прозрачность, вкус, запах, водородный индекс (рН), временная жесткость, постоянная жесткость, щелочность, сухой остаток, индекс коли, титр коли и др., подземных вод в бассейне реки Кафирниган, реки Тебалай и реки Момирак в Хатлонской области;

- экологическая оценка воздействия антропогенных факторов на качество и органолептические свойства вод рек Кафирниган, Тебалай и Момирак;

- гидрохимическая оценка сезонных изменений поверхностных и подземных вод бассейна реки Кафирнигана, рек Тебалай и Момирак Хатлонской области.

Объект исследования. Поверхностные и подземные воды бассейна реки Кафирниган, рек Тебалай и Момирак Хатлонского области Республики Таджикистан.

Предмет исследования. Химический состав поверхностных и подземных вод, факторы и условия влияющие на изменчивость химического состава и органолептические свойства вод.

Теоретическая основы исследования заключается в использовании результатов исследований по изучению химического состава исследуемых вод при оценке качества и органолептических свойств питьевых вод Таджикистана.

Результаты изучения сезонной изменчивости гидрохимических показателей является необходимым инструментом для научно-обоснованного управления водными ресурсами и обеспечения требованим качества воды для нужд населения и функционирования природных экосистем.

Научная новизна.

1. Более детально идентифицирован химический состав поверхностных и подземных вод Тебалай, Момирак и бассейна реки Кафирниган (транзитная часть, реки);

2. Впервые произведена гидрохимическая оценка сезонной изменчивости исследуемых водных объектов;

3. Дана научно-обоснованная оценка причин сезонной изменчивости химического состава и органолептических свойства исследуемых водных объектов.

4. Проведена экологическая оценка воздействия антропогенных факторов на качество и органолептические свойства исследуемых водных объектов.

Положения, выносимые на защиту:

- проведена гидрохимическая и экологическая оценка сезонной изменчивости поверхностных и подземных вод рек Тебалай, Момирак и бассейна рек Кафирниган;

- выявлено зависимость изотопного состава кислорода и водорода в подземных и поверхностных, питьевых водах, а также дано характеристика сезонной изменчивости изотопного состава ^{18}O и ^2H подземных вод;

- оценено сезонное колебание грунтовых, поверхностных и питьевых вод с помощью гидрохимического анализа и мониторинга качества воды.

Теоретическая и практическая значимость исследования.

Разработанные методы могут быть использованы при выполнении аналогичных исследований по изучению сезонных изменений химического состава питьевых вод. В постановке учебно-исследовательских работ по курсам

дисциплин «Гидрология и глицеология», «Экологический мониторинг» и «Комплексное использование водных ресурсов и очистке сточных вод» в Таджикском техническом университете имени академика М.С. Осими для студентов (бакалаврам и магистрам) по специальностям 1-330101-05 Инженерная защита окружающей среды, -1330104 Экологический мониторинг, менеджмент и аудит.

Практическая значимость заключается в:

- изучение проблемы санитарии и давать вывод для решения задач, связанных с проблемами санитарии;
- разработка мер по рациональному использованию для устранения проблемы с нехваткой чистой питьевой воды;
- разработка и проведение процесса очищения с помощью бентонитовых глин и коагулянтов, применение новых методов анализа, проведение мониторинга качества вод;
- определение химического состава питьевых вод по ГОСТу и стандартизованных решений, для нужд населения в горных и предгорных районах Таджикистана.

Степень достоверности результатов диссертации. Достоверность результатов диссертационных исследований обоснована использованием аналитического анализа, гидрохимических методов анализа и методов физико-химического анализа.

Достоверность полученных результатов обеспечивается применением комплекса химических, физических, рентгеноструктурных и изотопных методов исследования, а также использованием технологий геоинформационных систем. В диссертационной работе отражено применение биохимической модели и современных измерительных технологий, проведено сопоставление результатов моделирования с данными, представленными в научных трудах отечественных и зарубежных учёных, а также использованы современные методы научных исследований.

Соответствие диссертации паспорту научной специальности. Область исследования соответствует паспорту специальности 2.1.37. Гидрология суши, водные ресурсы, гидрохимия по пунктам:

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

8. Гидрохимическое состояние водных объектов суши в различных природных условиях, влияние хозяйственной деятельности на химическое загрязнение рек, прудов, озер и водохранилищ, формирование и изменение качества воды, закономерности процессов самоочищения и вторичного загрязнения природных вод, особенности смешения речных и морских вод.

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.

Личный вклад соискателя учёной степени в подготовке диссертации заключается в поиске и анализе отраслевой литературы, постановке и анализе поставленных задач, создании благоприятных условий для проведения экспериментальных лабораторных анализов, проведении полевых исследований, анализе полученных результатов, обобщении основного содержания, разработке диссертации и научных статей.

Апробация и внедрение. Процесс проверки и внедрения результатов диссертации осуществлялся практически на всех этапах исследования (2002-2025 гг.). Основные результаты диссертации рассматривались и обсуждались на международных, республиканских и научно-практических конференциях: международная научно-практическая конференция «Использование ИКТ для

снижения риска стихийных бедствий в Центральной Азии» (Душанбе, 2009 г., Эстера, НАТО); международная научно-практическая конференция «Повышение потенциала общества, науки и неправительственных организаций по охране биологического разнообразия и охране окружающей среды» (Душанбе, 2011 г.); международная научно-практическая конференция, посвященная 20-летию Государственной независимости Республики Таджикистан и 5-летию Энергетического института Таджикистана «Наука и энергетика на современном этапе» (Душанбе, 2011 г.); международная научно-практическая конференция «Комплексное использование водно-энергетических ресурсов в Центральной Азии в условиях глобального изменения климата», (Душанбе, Таджикистан, 3-4 декабря 2020 г.) и других рецензируемых журналах, рекомендуемых ВАК при Президенте Республики Таджикистан.

Публикации по теме диссертации. По результатам исследования опубликованы 20 научных статей, в том числе 9 статей опубликованы в журналах, рекомендованных ВАК при Президенте Республики Таджикистан и 1 патент № TJ 1408 от 27. 02.2023 и 1 учебное пособие.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из разделов, «Введение», «Общее описание работы», четырех глав, раздела «Выводы» с подразделами «Основные научные результаты диссертации» и «Рекомендации по практическому использованию результатов», раздела «Список литературы» с подразделами «Перечень использованных источников» и «Список научных публикаций соискателя ученой степени».

Общий объем диссертации состоит из 153 страниц компьютерного текста, состоит из 135 использованной литературы и содержит 32 рисунков и 23 таблиц.

ГЛАВА 1. ХАРАКТЕРИСТИКА ВОДНЫХ РЕСУРСОВ РЕСПУБЛИКИ ТАДЖИКИСТАН

1.1. Климат, рельеф и водные ресурсы Центрального Таджикистана

Таджикистан – страна, расположенная в центре континента, и имеет наименьшую территорию среди стран Центральной Азии. Она находится в Юго-восточной части региона между 36⁰40' и 41⁰05' N, и 67⁰31' и 75⁰14' E. Около 93% его территории покрыто горами, причем примерно половина территории находится на высоте более 3000 метров. Более низкие горные районы Таджикистана разделены на северные и южные области рядом трех горных цепей. В физическом и географическом отношении Таджикистан можно разделить на пять регионов: Центральный Таджикистан, Северный Таджикистан, Юго-Западный Таджикистан, Западный Памир и Восточный Памир. Эти регионы различаются по климату, геологической структуре, флоре, фауне и распределению населения.

«...В схеме физико-географического районирования территорию Таджикистана принято разделять на пять основных областей: Северный Таджикистан, Центральный Таджикистан, Юго-Западный Таджикистан, Западный Памир и Восточный Памир». [1, с.114]. В целом, климат является континентальным, субтропическим, и полусухим, что обусловлено тремя факторами: солнечной радиацией, атмосферной циркуляцией и сложной орографией местности

Химический состав речных вод сильно варьируется. Гидрогеологические и гидрохимические характеристики речного бассейна существенно влияют на качество воды. Седиментация, таяние снега, таяние рек, приток из крупных рек, грунтовые воды и антропогенные факторы также оказывают значительное влияние на состав воды.

В основном питание рек Таджикистана ледниковое или снеговое. В весенний период, в основном, март и апрель сопровождаются паводками, которые являются результатом таяния снега. Главное половодье рек

Таджикистана происходит в мае, когда происходит интенсивное таяние снега и ледников. Это явление достигает своего пика в июле.

«Для рек снегово-ледникового питания, формирующих основной сток в среднегорьях, интенсивное весеннее половодье рек Таджикистана происходят в мае, когда массовое таяние сезонных снегов достигает своего максимума» [2, с.84].

Приток воды уменьшается зимой, преимущественно в декабре и январе месяцах. За это время основным источником питания рек являются подземные воды. В декабре и январе уровень воды снижается и в этот период основным источником речной воды становятся грунтовые воды. Такое разнообразие источников питательных веществ в реках приводит к изменениям физико-химических характеристик воды и содержанию металлов в водных растворах, что делает их зависимыми от сезона.

Благодаря большому и разнообразному количеству ледниковых источников, Таджикистан обладает хорошо развитой речной сетью. Общая протяженность рек длиной более 10 км превышает 28 500 км. «...Всего на территории Республики Таджикистан формируется около 600 рек и временных водотоков, которые входят в крупнейшие в Средней Азии Амударьинский и Сырдарьинский бассейны» [3, с.24].

На территории Республики Таджикистан насчитывается около 600 рек, не считая временных водотоков, таких как водотоки бассейнов рек Амударьи и Сырдарьи, которые являются крупнейшими в Средней Азии. В горах Таджикистана берут свое начало крупнейшие реки Сырдарья, Амударья, Пяндж, Вахш и Зеравшан (табл. 1.1). Для этих рек в верхнем течении характерно бурное течение, тогда как в среднем и нижнем течении, а также на равнинах, течение становится более спокойным.

Алайско-Туркестанская горная цепь подразделяет речную сеть Таджикистана на три независимые водные системы, такие как Амударьинская

(в южной части республики), Зеравшанская (в центральной части) и Сырдарьинская (на севере).

Таблица 1.1. - Основные реки Таджикистана

Крупнейшие реки	Длина водотока, км
Амударья-Пяндж	1415-921
Зеравшан	877
Бартанг-Мургаб-Оксу	558
Вахш	524
Кафирниган	387

На Восточном Памире также находятся бессточные котловины с озёрами Шоркуль и Каракуль, а также рекой Маркансу. Последняя является притоком реки Кызылсу и она уходит в Китай. «...К северу от крупнейших озёр Каракуль и Шоркуль, расположена высокогорная долина реки Маркансу, которая относится к области внутреннего стока и характеризуется крайне суровыми климатическими условиями» [4, с.118].

Территория республики, расположенная к югу от Туркестанского хребта, относится к бассейну реки Амударья, в то время как небольшая часть территории республики, приблизительно 9,2% от общей площади, находится в северной части Туркестанского хребта, то есть в бассейнах рек Сырдарья и Зерафшан.

Река Пяндж, исток реки Амударья, протекает в южной части Республики Таджикистан вдоль государственной границы с Афганистаном. Источником реки является озеро Зоркуль, расположенное в горах Памира. До слияния с левым притоком, Вахандарьей, на афганской стороне река известна как Памир.

Крупные правобережные притоки Пянджа, берущие начало на территории Таджикистана, включают реки Бартанг (с притоком Гудара), Ванч, Язгулем, Гунт (с притоком Шахдара), а также Вахш (с притоком Обихингоу) и

южную Кызылсу (с притоком Яхсу). «...Основную гидрографическую сеть региона формируют реки Бартанг (с притоком Гудара), Ванч, Язгулем, Гунт (с притоком Шахдара), а также Вахш, которые отличаются высокой водностью и значительными уклонами русел» [5, с.132].

После слияния рек Пяндж и Вахш образуется река Амударья – одна из крупнейших рек Центральной Азии. Кроме того, в Амударью впадают также Сурхандарья и Кафирниган (с притоками Каратаг, Варзоб, Ханака и др).

Верховья рек Амударья и Зеравшан расположены на территории Республики Таджикистан. Здесь же формируется значительная часть стока Сырдарьи и её притоков. В пределах республики часть вод этих рек используется для орошения сельскохозяйственных культур, однако основной объём водных ресурсов Амударьи и Сырдарьи потребляется в нижнем течении, на территориях Узбекистана и Туркменистана, где они широко используются для ирригации. Лишь незначительная часть стока этих рек достигает Аральского моря. «...Сложный горный рельеф Таджикистана предопределяет глубокое эрозионное расчленение территории и создает условия для формирования мощных зон разгрузки подземных вод в речные долины» [6, с.12]. Горный рельеф Таджикистана обуславливает значительные уклоны русел рек и высокую скорость течения. Многие реки берут начало на высотах 4000–5000 м и, спускаясь в долины, расположенные на высотах 150–300 м, формируют значительные перепады высот. Это создаёт благоприятные условия для формирования значительных гидроэнергетических ресурсов, составляющих около 50% гидроэнергетического потенциала Центральной Азии.

Речные долины в горных районах нередко имеют узкие ущелья с крутыми склонами, сложенными прочными горными породами.

«...Для крупных горных рек, таких как Вахш и Пяндж, характерно преимущественно ледниково-снеговое питание, которое определяет внутригодовое распределение их стока с максимумом в летние месяцы» [7, с.78].

Наиболее целесообразно для орошения земель в условиях Таджикистана в связи с отсутствием осадков в летний период использовать, сначала реки со ледниково-снеговым питанием, после этого реки со снегово-дождевым питанием, снеговым, в последнюю очередь, реки со снегово-ледниковым питанием, потому что запасы воды в этих реках в июле-сентябре наименьшие (от 0 до 13 % годового), а также не исключаются случаи высыхания рек в летний период, когда для полива сельскохозяйственных культур необходимо большое количество воды.

1.2. Пути формирования химического состава природных вод

Все воды океанов, морей, рек и озер относятся к гидросфере Земли и являются её водными ресурсами, т.е. относятся к водной части планеты и $\frac{3}{4}$ части земной поверхности (70,8%) составляет гидросфера.

По сведениям, полученным из литературных источников, соленые воды, из общего количества водных ресурсов Земли составляют 97,5%. Сюда, в основном, относятся соленые воды морей и океанов. Пресные воды Земли составляют 2,5%. «...В глобальном балансе гидросферы около 75% пресной воды содержится в ледниках и полярных шапках, что делает ледниковый сток важнейшим стратегическим ресурсом для таких горных стран, как Таджикистан» [8, с.104].

Как показали результаты гидрохимических исследований ученых данной отрасли, 75% пресной воды содержатся в ледниках и полярных материках, в виде грунтовых вод, под землей находятся 24% пресных вод. Из оставшегося 1%, в виде влаги в почве находятся 0,5%. Также 0,01% от мировых запасов вод относятся к поверхностным водам, озерам и подземным водам. В результате литературного обзора выявлено, что остальные воды находятся в виде связанных вод (сухих вод), находящихся в виде кристаллогидратов, т.е. минералы, находившиеся в природе в своем составе, имеют кристаллогидраты, которые требуют дополнительного изучения.

Вода является одним из основных условий существования жизни на Земле, без воды не происходит процесс фотосинтеза, не развиваются живые организмы, и вода является основным компонентом существования биосферы. Вода входит в состав всех живых существ. С этой важной ролью связана способность воды растворять различные вещества. Абсолютно нерастворимых веществ в природе не существует.

В природе ни одно соединения солей, органических веществ и газов не образуется без участия воды. Любое вещество в природе, так или иначе, подвергается воздействию воды. Единственное различие в том, какое количество веществ переходит в растворе. Именно поэтому, химически чистая вода отличается от чистой воды тем, что она представляет сложный раствор, состоящий из различных химических элементов.

Состояние и состав природных вод непременно зависит от веществ, находящихся в составе воды. Совершая круговорот и взаимодействуя с различными минералами, газами и органическими веществами, вода в природе включает в свой состав большое количество химических соединений. Большинство химических элементов периодической системы Д.И. Менделеева можно отметить в составе природных вод. «...В процессе дегазации мантии, на ранних этапах формирования Земли, произошло выделение летучих компонентов, которые послужили основой для образования первичной атмосферы и гидросферы планеты» [9, с.18].

Во время дегазации мантии Земли (анионы) из недр выделяются газы, которые являются первоисточниками минерального состава природных вод. В результате химического взаимодействия воды с кристаллическими изверженными породами, которые также входят в состав природных вод образовывается земная кора. Состав приведенных газов состоит из воды, NH_3 , CH_4 , Cl_2 , H_2S , HBr и CO_2 .

Таким образом, из недр Земли извергаются кристаллические породы, высвобождая катионы, которые изменяют химический состав воды. В процессе

воздействия воды изверженные породы разлагаются. Данный процесс усиливается, когда из недр Земли поступают кислые продукты и участвуют в химической реакции. «...Продукты разрушения горных пород, образовавшиеся в данном процессе, поверхностными водами смываются в моря и океаны, где со временем превращаются в мощные слои осадочных отложений» [10, с.24]. В конечном итоге все продукты, которые образовались в данном процессе поверхностными водами смываются в моря и океаны. По своему химическому составу эти изверженные породы относятся к алюмосодержащему сырью. В отдельных случаях они могут относиться к алюмосиликатам сложного состава, или по минералогическому составу они относятся к полевым шпатам.

Не зависимо от того, что эти изверженные породы обладают определенной прочностью, они в любом случае подвергаются воздействию некоторых факторов:

- физическому (размельчение под действием температур)
- химическому (под действием воды).

В результате чего, образуются глинистые материалы и различные виды SiO_2 , а также другие сернокислые, двууглекислые или хлористые соли, которые растворяются в воде, и, которые образуют в растворе ионы Na^+ , K^+ , Ca^{+2} , Mg^{+2} , SO_4^{-2} , HCO_3^- .

Следовательно, что, анионы образовались в процессе разложения продуктов дегазации мантии, а катионы, находящиеся в составе природной воды, это результат разложения алюмосиликатов земной коры. «...Химический состав первичной гидросферы и атмосферы Земли возник в процессе разложения продуктов дегазации мантии, которые в виде летучих соединений поступали на поверхность планеты и растворялись в конденсирующейся водной фазе» [11, с.38].

В результате исследований выяснилось, что состав природных вод зависит от пути, который она прошла, т.е. процесса круговорота, совершаемого водой. Количество растворённых в воде веществ определяется химическими

характеристиками пород и соединений, с которыми вода взаимодействовала, а также физико-химическими условиями данного взаимодействия.

1.3. Условия формирования состава природных вод

Все факторы, способствующие формированию химического состава природных вод, можно разделить на две основные группы. «...Рассматривая факторы, способствующие формированию химического состава вод, необходимо выделить геологическое строение бассейна, климатические условия и биологические процессы, которые определяют миграцию элементов в гидросфере» [12, с.84].

1. Прямые факторы. Существуют факторы, которые непосредственно влияют на качество воды различными способами. К ним относятся живые организмы, почва, горные породы и антропогенные факторы.

Соли, вызывающие минерализацию природных вод, в основном извлекаются из горных пород и минералов. Существуют три группы таких солей:

- а) изверженные, магматические породы, образующие растворимые соли при их разложении;
- б) соли, рассеянные в сухом, растворенном или адсорбированном состоянии в различных осадочных породах;
- в) минералы и растворимые соли, находящиеся в виде скоплений или залежей.

Выщелачивание солей (из магматических пород), вызванное замещением ионов кальция, магния, натрия и калия в кристаллической структуре минералов ионами водорода из воды, сопровождается тенденцией к увеличению концентрации гидроксид-ионов в растворе. «...Интенсивный процесс выщелачивания солей из изверженных пород, происходит под воздействием атмосферных осадков, циркулирующих в горных регионах» [13, с.25].

Интенсивность этого процесса, а также состав формирующихся продуктов, в значительной степени определяются физико-географическими условиями, прежде всего климатическими факторами.

Существенное влияние природной среды проявляется в минералогическом составе твёрдых продуктов выветривания.

Основными результатами преобразования полевых шпатов являются глинистые минералы, свойства и тип которых зависят от температурного режима, кислотности среды и условий дренажа, обусловленных рельефом и водопроницаемостью пород. В осадочных толщах широко распространены скопления солей, выступающие устойчивым источником минерализации природных вод, в том числе карбонатные, хлоридные и сульфатные соединения кальция (Ca), магния (Mg), натрия (Na) и калия (K). «...Формирования состава природных вод тесно связано с геологическим строением территории; где в осадочных толщах широко распространены скопления солей, включая карбонатные, сульфатные и хлоридные минералы, определяющие тип минерализации» [14, с.86].

Почвенный покров играет важную роль в формировании минерализации вод. В составе почвы, состоящей преимущественно из минеральных компонентов части, доля которой составляет около 90–95 %, присутствуют органические и органоминеральные компоненты. Органическая составляющая обеспечивает продукты разложения растительных частиц и живых организмов, включая почвенный гумус, образующийся в результате сложных биохимических процессов трансформации большего органического вещества.

Минимальное содержание солей в почвенных растворах характерно для территорий с избыточным увлажнением, где почвы в незначительной степени обогащают природные воды хлоридными и сульфатными соединениями. Напротив, в условиях аридного климата почвенные растворы характеризуются высокой соленостью, что приводит к образованию воды с высокой

минерализацией. Таким образом, почва является одним из основных факторов, определяющих химический состав и степень минерализации воды.

Во время наводнений (по разным причинам, включая селевые потоки) гидрохимический состав речной воды определяется главным образом почвенными экстрактами, образующимися под действием атмосферных осадков и их взаимодействия с верхним слоем почвы. «...В период формирования поверхностного стока химический состав речных вод в значительной степени определяется почвенными вытяжками, так как фильтрующиеся атмосферные осадки активно растворяют содержащиеся в почвах минеральные и органические соединения» [15, с.58].

Жизнедеятельность организмов, обитающих в условиях водоёмов, оказывает существенное влияние на химический состав вод. «...Жизнедеятельность организмов, обитающих в условиях водоёмов, существенно трансформирует химический состав водной среды путем воздействия биогенных элементов и выделения органических продуктов» [16, с.124]. В частности, под воздействием бактерий происходит разложение остатков более крупных растений и животных, что приводит к изменению содержания растворенных веществ.

В процессе фотосинтеза и движения водных организмов изменяется газовый состав вод: вода обогащается кислородом и постоянно снижается концентрация углекислого газа. Кроме того, живые организмы активно извлекают из воды азот, фосфор, калий, углерод, кальций и различные микроэлементы для поддержания своей жизни. «...В водных экосистемах живые организмы активно участвуют в биогенной концентрации химических элементов, извлекая их из растворов для построения своих скелетов и тканей, что существенно влияет на солевой состав вод» [17, с.115].

Особое место среди факторов биогенного воздействия на химический состав природных вод имеет деятельность человека. Человек для удовлетворения своих потребностей извлекает из недр Земли огромные объемы

минеральных и органических веществ, которые вовлекаются в природные круговороты. Это приводит к трансформации гидрологического режима водоёмов, происходит загрязнение почв, поверхностных и подземных вод химическими элементами, которые до настоящего времени не входили в природную структуру почвенного покрова или структуру данного водоёма.

2. К основным факторам, определяющим взаимодействие водных веществ, относятся: топография, растительность, климат, водный режим, гидродинамические и гидрологические условия.

Уровень влияния прямых факторов на характеристики химического состава вод (поверхностных или подземных) в значительной мере определяется условиями их проявления, то есть совокупностью физико-географических и геологических характеристик окружающей среды. К числу ключевых факторов относятся климатические особенности, рельеф территории, гидрологический режим, тип и плотность растительного покрова, а также другие природные условия, определяющие характер и интенсивность протекающих процессов. «...Климат является одним из ведущих факторов, формирующих химический состав вод, так как интенсивность испарения и количество выпадающих осадков напрямую определяют концентрацию растворённых солей в поверхностном стоке» [18, стр.76]. Он определяет температуру и влагообмен территории, исходя из степени влажности ландшафтов и величины водного стока, и, следовательно, процессов разбавления или основных принципов концентрирования, а также условий растворения веществ и их осаждения.

Климатические особенности также обуславливают характер взаимодействия воды с горными породами, способствуя их выветриванию и особенностям разложения компонентов растительности, что непосредственно отражается на уровне минерализации вод. Кроме того, климат определяет количество, форму и сезонность атмосферных осадков (дождевых и снежных), а также режимы замерзания и оттаивания вод. Влияние климатических условий на химический состав водных объектов в значительной мере, так что во многих

случаях именно климат оказывает определяющее воздействие, контролируя как степень минерализации, так и качество воды.

Рельеф местности относится к числу значимых факторов, влияющих на воздействие химического состава веществ, хотя его воздействие оказывается менее непосредственным по сравнению с климатическими условиями. Морфометрические особенности территории, включая абсолютную высоту и степень открытости или степень защищённости территории от воздушных масс (атмосферного воздуха) влияет не только на климатические характеристики, но и на формирование гидрохимического режима (природных) вод. Свойства рельефа, взаимодействие поверхностного и подземного стока, солевой и водный режим почв, степень заболоченности и освещённости территории определяют специфику формирования химического состава природных вод и распределение в них химических элементов.

Водный режим водоёмов представляет собой совокупность законных изменений уровней воды, объёма, стока и водообмена во времени, обусловленных повышенными и антропогенными факторами. Он является одним из ключевых элементов, определяющих гидрохимические, гидробиологические и экологические условия.

Основными компонентами водного режима являются поступление воды в водоём с учетом атмосферных воздействий, воздушного и подземного притока, а также ее расхода, связанного со стоком, испарением, хозяйственным водопользованием и фильтрацией. Водный баланс водоема формируется при определённом соотношении вышеуказанных процессов. В результате чего в течение долгого времени устанавливается сезонная изменчивость уровня воды, условий водообмена и стока, а также, в будущем, определяется уровень минерализации и гидрохимический состав вод. «...В годовом цикле стока четко прослеживается сезонная изменчивость уровня воды, условий водообмена и стока, уровня минерализации и гидрохимического состава вод, что обусловлено сменой источников питания рек в разные фазы водного режима» [19, с.94].

Существенное влияние на водный режим оказывают климатические условия, в частности, количество и режим выпадения осадков, температурный режим и испарение. В регионах с влажным климатом преобладают условия активного водообмена и умеренная низкая минерализация воды, тогда как в засушливых зонах наблюдаются медленный водообмен и низкое содержание органических веществ.

Важную роль в формировании водного режима играют гидрологические фазы: половодье, паводки, межень и ледостав. В период половодья происходит обновление водных масс, значительное разбавление растворенных компонентов и активное поступление веществ с водосборной территории. В период маловодья, наоборот, приток воды усиливает роль пополнения подземных вод, что часто сопровождается усилением минерализации и изменением ионного состава вод, с увеличением концентраций сульфатов, хлоридов и растворимых солей кальция, магния и натрия.

В полузасушливых и засушливых регионах республики дефицит воды и испарение влияют на количественный состав раствора, поэтому водный режим играет важную роль в этих районах. Реки в этой области минерализуются только в нижнем течении и их состав меняется на сульфатно-хлоридный. К сожалению, хозяйственная деятельность человека, включая использование воды для орошения сельскохозяйственных угодий, изменяет естественный режим водотока, что приводит к вторичному засолению вод вследствие проникновения соленой воды из сточных вод.

Таким образом, одним из главных факторов, определяющих сезонный характер вод Таджикистана, а также их минерализацию и ионный состав, является режим этих рек. Конечно, на гидрохимические свойства рек, их экологическое состояние напрямую влияют баланс поверхностных и подземных вод, изменения водного потока и антропогенные изменения водного режима.

Нарушение водного режима часто сопровождается ухудшением состояния экосистемы водоёмов, усилением тенденции загрязнения и эвтрофикации.

В связи с этим, гидрологический режим является определяющим фактором формирования химического состава и состояния экосистемы водоёмов, поскольку контролирует условия водообмена, разбавления и концентрации растворённых веществ, а также взаимодействие воды с компонентами окружающей среды.

Водный режим рек Таджикистана, формирующийся в условиях высокогорного рельефа, резко континентального климата и преобладания снегово-ледникового питания, является определяющим фактором пространственно-временной изменчивости минерализации и ионного состава речных вод. Сезонная динамика стока непосредственно отражается на процессах разбавления, концентрации и миграции растворённых веществ.

Весной таяние снега и льда приводит к повышению уровня воды в реках, вызывая сезонные изменения в составе поверхностных вод. В засушливое лето, наоборот, когда приток воды уменьшается, концентрация растворённых веществ в реках увеличивается. Состав подземных вод в Таджикистане более устойчив к сезонным изменениям, но он также меняется в зависимости от сезона года. Например, количество солей и других растворённых веществ увеличивается во время летней засухи, а объём подземных вод уменьшается. Поэтому для оценки сезонных гидрохимических изменений в водах Таджикистана необходим мониторинг и изучение основных химических факторов, таких как ионы натрия, магния, калия и кальция, растворённые газы, рН, тяжёлые металлы, электропроводность и химические соединения. «...В меженный период, особенно в осенне-зимний сезон, при сокращении поверхностного притока, возрастает роль подземного питания, что ведет к закономерному росту минерализации речных вод за счет дренирования более соленых пластовых вод» [20, с.82]

Экономическая деятельность, особенно водозабор для орошения, также оказывает значительное влияние, изменяя естественный режим стока и усиливая вторичные процессы засоления из-за сброса соленых сточных вод в реки.

Таким образом, водный режим рек Таджикистана является ключевым фактором, определяющим сезонные и пространственные закономерности солености и ионного состава. Изменения стока, баланса поверхностного и подземного пополнения, а также антропогенные преобразования водного режима напрямую влияют на гидрохимические характеристики рек и их экологическое состояние.

Источники питания рек - ледники, горный снег и осадки — играют значительную роль в формировании химического состава речных вод и установлении их долгосрочного гидрологического режима. В частности, ледниковое питание оказывает значительное влияние на формирование стока южных рек Таджикистана, особенно в высокогорных районах Памира и Гиссар-Алая. Их значение определяется способностью аккумулировать твёрдые атмосферные осадки в холодный период и постепенно высвобождать их в виде талых вод в тёплый сезон, обеспечивая устойчивость речного стока и его сезонную регуляцию.

Снеговое питание создает условия для низкой минерализации вод. При этом в составе воды наблюдается повышенное содержание HCO_3^- и Ca^{2+} , которое в основном определяется химическим составом атмосферных осадков. Объясняется это тем, что в этот период почвенный покров замерзает, и талые воды не имеют возможности обогащаться растворёнными солями. В период дождей, особенно при интенсивных осадках (дождевое питание), если формируется поверхностный сток, вода также характеризуется низкой минерализацией, хотя её концентрация растворённых веществ обычно несколько выше, чем при снеговом питании. Сравнительно малую минерализацию вод обеспечивает и горно-снеговое питание. «...В период

активного таяния высокогорных снегов сравнительно малую минерализацию вод обеспечивает и горно-снеговое питание, так как талые воды характеризуются крайне низким содержанием растворённых солей и малой жесткостью» [21, стр.62].

Если уровень поверхностного стока увеличивается, то минерализация воды уменьшается, и наоборот, при его уменьшении и возрастании грунтового питания минерализация вод повышается. Немаловажную роль играет физико-географические условия местности. Гидрохимический режим в разных условиях неодинаков.

1.4. Гидрохимические исследования сезонных изменений поверхностных и подземных вод

В Таджикистане водные ресурсы играют очень важную роль, т.к. они помимо всего необходимы для сельского хозяйства, энергетической отрасли и экологии. Именно поэтому, гидрохимическая оценка сезонной изменчивости поверхностных и подземных вод очень важное мероприятие для определения состояния водных ресурсов.

Таджикистан находится в Центральной Азии и обладает такими водными ресурсами как поверхностные и подземные воды. Таджикистан богат водными ресурсами. Наши поверхностные воды состоят из рек, озер и водохранилищ, а подземные воды играют важную роль в снабжении водой сельских и удалённых районов. «...В условиях горного рельефа подземные воды играют важную роль в снабжении водой сельских и удалённых районов, так как они являются наиболее стабильным и защищенным источником питьевой воды в течение всего года» [22, с.114].

Для эффективного исследования сезонной изменчивости гидрохимических параметров вод Таджикистана важно знать несколько факторов. По степени влияния на гидрохимический состав вод в Таджикистане выделяются в основном два сезона: зимний (сухой) и летний (влажный). В

период дождевой активности количество осадков имеет тенденцию к увеличению и это значительно влияет на концентрацию веществ воды.

Таяние снега и льда весной приводит к сезонным изменениям состава поверхностных вод из-за повышения уровня воды. И наоборот, в летний сухой сезон, когда приток воды уменьшается, в отделанных реках наблюдается рост концентрации растворенных (наносов) твердых веществ.

Состав подземных вод Таджикистана является более устойчивым к сезонным изменениям, однако, в свою очередь, колеблются в зависимости от сезона. Например, во время летней засухи грунтовые воды могут истощаться, увеличивая содержание солей и других растворенных твердых веществ.

Поэтому для оценки гидрохимической изменчивости сезонных изменений в водах Таджикистана необходимо отслеживать и изучать ключевые химические параметры, такие как ионы кальция, натрия, магния и калия, pH, растворенные газы, тяжелые металлы, электропроводность и химические соединения.

Безусловно, изменения химического состава вод непосредственно влияют на экологическую систему рек, озёр и водохранилищ, а также на здоровье населения, потребляющего эту воду. Высокое содержание солей или загрязняющих веществ в воде ухудшает качество питьевой воды и отрицательно влияет на урожайность сельскохозяйственных культур. «...Повышенное содержание солей или загрязняющих веществ в воде ухудшает качество питьевой воды, существенно влияя на её органолептические свойства и пригодность для использования населением в бытовых целях» [23, с.104].

Автор в своей работе описал основные процессы химического состава вод, включая растворение минералов и взаимодействие воды с породами. «...Взаимодействие в системе вода-порода определяет основные процессы химического состава вод, включая растворение минералов и вынос продуктов химического выветривания в общий речной сток» [24, с.48].

Сформулированные им геохимические принципы широко применяются при изучении сезонных изменений химического состава воды, особенно подземных, где колебания температуры, уровня грунтовых вод и скорости водообмена влияют на изменение водного состава. «...В научной литературе принята классификация водных экосистем, в которой ключевую роль играет сезонная изменчивость гидрологического режима, определяющая жизненные циклы гидробионтов в условиях высокогорья» [25, с.92].

Классификация водных экосистем, в которой учитывается сезонная изменчивость качества воды предложена в работе по его данным сезонная изменчивость физико-химических параметров воды является одним из факторов, определяющих структуру и функционирование экосистемы поверхностных вод, поскольку она влияет на биогеохимические циклы, продуктивность, видовой состав и пространственно-временную организацию гидробионтов. Это исследование важно для понимания влияния сезонных факторов на экосистемы поверхностных вод.

Поверхностные воды (реки, озёра, водохранилища) изменяют свой химический состав в зависимости от сезона. Основные факторы сезонной изменчивости включают осадки, таяние снега, температура и степень испарения. «...Рассматривая гидрологический режим крупнейших рек Европы, следует отметить, что их сезонная изменчивость стока и химического состава определяется преобладанием дождевого и снегового питания в умеренных широтах» [26, с.156].

Работа посвящена исследованию изменений химического состава рек Европы, обнаружив, что летом происходит увеличение концентрации органических веществ и минералов, что связано с более низким уровнем воды и высоким испарением. По его данным сезонная изменчивость стока реки Европы приводит к летнему увеличению концентрации растворенных веществ и рядов минеральных компонентов, что связано с уменьшением водности и усилением. «...Для крупных речных систем России сезонные изменения химического

состава рек проявляются наиболее отчетливо в период весеннего снеготаяния, когда происходит резкое снижение минерализации воды за счет преобладания поверхностного стока над подземным» [27, с.112]. На примере рек России автор оценил сезонные изменения химического состава рек, сделав вывод, что наибольшие изменения происходят весной, в период таяния снега, когда в воду поступает значительное количество растворённых веществ, включая ионы кальция, магния и фосфаты. Максимальные изменения химического состава рек приходятся на весеннее половодье, когда за счёт снеготаяния и поверхностного стока увеличивается поступление Ca^{2+} , Mg^{2+} и фосфатов.

Подземные воды обладают меньшей сезонной изменчивостью по сравнению с поверхностными, однако и для них характерны изменения, связанные с атмосферными осадками, уровнем грунтовых вод, а также воздействием человеческой деятельности.

Автор ввёл понятие "долгосрочных и краткосрочных колебаний" химического состава подземных вод, определяя влияние дождевых и сухих сезонов на уровень минерализации. «...Режим формирования ионного баланса обуславливает природу долгосрочных и краткосрочных колебаний химического состава подземных вод, которые зависят от интенсивности инфильтрации осадков и геодинамических процессов в недрах региона» [28, с.142].

В данной работе рассматривается влияния факторов изменения климата и его влияния на состав подземных вод. При этом сказано, что весной, при увеличении грунтовых вод, наблюдается также снижение минерализации, а в сухие летние месяцы концентрация растворённых солей повышается. «...Многолетние наблюдения подтверждают прямое влияние климатических изменений на состав подземных вод, так как повышение температуры и изменение режима осадков приводят к усилению процессов испарительной концентрации солей в аэрационной зоне» [29, с.72].

«...Рассматривая антропогенную нагрузку на аквиферы, исследователи отмечают значительные изменения в химическом составе подземных вод

Южной Азии, связанные с интенсивным использованием удобрений и ростом водопотребления в аграрном секторе» [30, с. 158].

В гидрохимическом мониторинге широко используются определенные методы. Стандартные методы анализа состава воды для определения химических элементов в лабораторных условиях основаны на разработанных международных системах качества, таких как стандарты ISO или ASTM (США), которые обладают очень высокой точностью. «...В современной лабораторной практике широко применяются стандартизированные методы анализа воды для определения химических элементов, разработанные в рамках международных систем качества, включая США (ASTM) и ISO, обеспечивающие высокую точность результатов» [31, с. 172].

Авторы разработали и предложили методологию анализа изменений качества воды на основе дистанционного зондирования и использования спутниковых данных, которая позволяет эффективно отслеживать сезонные изменения на больших территориях. «...Современный мониторинг включает в себя методику анализа изменений качества воды на базе дистанционного зондирования, позволяющую оперативно оценивать спектральные характеристики поверхности водоемов и выявлять зоны антропогенного загрязнения» [32, с. 176].

Сезонная изменчивость химического состава вод также может усиливаться антропогенными факторами, такими как сельскохозяйственная деятельность, промышленное загрязнение, урбанизация и строительство плотин и водохранилищ.

Исследовав влияние сельского хозяйства на химический состав рек и озёр, автор установил, что использование удобрений и пестицидов может существенно повысить концентрацию нитратов и фосфатов в водоёмах в летний период.

М. Фостер и др. рассмотрели влияние загрязнения воды в результате антропогенных факторов на качество подземных вод в Центральной Азии,

включая Таджикистан. Их исследование показало, что в сухой сезон высокое содержание нитратов и хлоридов связано с интенсивным орошением и использованием химических удобрений. «...К основным факторам, влияющим на качество поверхностных и подземных вод, относятся промышленное загрязнение, сельскохозяйственные стоки и неправильная утилизация отходов, которые существенно изменяют гидрохимический баланс водоносных горизонтов» [33, с.176].

В контексте Таджикистана сезонная изменчивость химического состава вод изучалась в ряде локальных исследований, которые рассматривают специфические экологические и гидрологические особенности региона.

Таджикские ученые изучали химический состав вод рек Таджикистана и выявили, что наибольшее изменение концентрации растворённых веществ происходит в весенний период, когда наблюдается интенсивное таяние снегов. «...Анализируя химический состав вод реки Таджикистана, следует отметить, что наибольшее изменение концентрации растворенных веществ происходит в весенний период, когда интенсивное снеготаяние приводит к резкому опреснению речного стока» [34, с.96].

Авторы исследовали влияние сезонных колебаний уровня воды на химический состав рек региона. Они определили, что летом во время половодья концентрация минералов и солей в водах повышается и это может отрицательно повлиять на качество вод, которые используются для орошения сельскохозяйственных культур или питьевых нужд населения. «...Исследования подтверждают прямое влияние сезонных колебаний уровня воды на химический состав региона, так как в периоды паводков происходит резкое снижение минерализации за счет преобладания талых вод» [35, с.74].

Другие таджикские ученые в своих исследованиях изучили зависимость состава подземных вод от влияния чрезмерного использования воды в сельскохозяйственном секторе на состав подземных вод и указали на повышение минерализации в периоды засухи. «...Установлена прямая

зависимость состава подземных вод от чрезмерного использования воды в сельскохозяйственном современном состоянии, приводит к повышению их уровня и вторичному засолению почвогрунтов за счет инфильтрации возвратных вод» [36, с.42].

Человеческая деятельность, или антропогенное воздействие на регулирование речного стока через водохранилища, доступность поверхностных и подземных вод из источников для ирригационных систем (включая водоснабжение населения, промышленности и других водопользователей), а также возврат части использованной воды в водохранилища (естественные или искусственные) приводят к изменениям естественного гидрохимического состава воды и ее загрязнению. Характер, тенденции и степень загрязнения природных вод являются основными задачами гидрохимических исследований воды. «...Человеческая деятельность, связанная с регулированием стока реки водохранилищами, коренным образом меняет гидрологический режим, замедляет водообмен и способствуя осаждению наносов, что отражается на газовом составе и минерализации воды в сохраненном бифе» [37, с.84].

Упрощенный баланс природных вод Таджикистана можно выразить следующим уравнением:

$$P = R + E$$

где P – атмосферные осадки,

R – речной сток (где состоят из поверхностного и подземного стока),

E – испарение воды (где происходит непосредственно из почв и через растения, транспирацией воды).

Из общей суммы осадков (в среднем 68000 млн. м³/год), испаряется около 14500 млн. м³/год, более 17310 млн. м³/год поступает в крупные реки и водохранилища с поверхностным стоком. Таким образом, 21000 млн. м³/год составляет подземный сток, где остается ежегодно в виде снегов (высокогорных), со временем превращающийся в ледники, в среднем 1500 млн.

м³/год. «...Упрощенный баланс вод Таджикистана включает в себя приток поверхностных и подземных вод, атмосферные осадки и расходную часть, состоящую из водопотребления» [38, с.52].

Согласно составам минерализации, автор подразделяет реки на следующие четыре группы:

- 1) малой минерализации (до 200 мг/л солей);
- 2) средней минерализации (приблизительно 200-500 мг/л);
- 3) повышенной минерализации (500-1000 мг/л);
- 4) высокой минерализации (более 1000 мг/л).

«...В качестве примера гидрохимические общепринятые исследования классифицируют реки по величине минерализации по четырем группам, исходя из общей суммы растворенных веществ, что позволяет провести сравнительный анализ качества воды в различных климатических зонах» [39, с.86].

Таким образом, одним из важнейших аспектов гидрохимических исследований является сезонная изменчивость химического состава как поверхностных, так и подземных вод. Под воздействием температурных колебаний, климатических факторов, уровня осадков, а также человеческой деятельности происходят изменения состава вод. Для оценки этих изменений важно использовать комплексные методы мониторинга и анализа, которые позволят более точно прогнозировать изменение качества водных ресурсов и принимать меры для их охраны и устойчивого использования.

«...В современных условиях под воздействием температурных колебаний, климатических факторов, климатических изменений, а также постоянного изменения состава вод, что требует разработки новых подходов к экономическому экологическому состоянию речных экосистем» [40, с.68].

1.5. Химический состав, классификация и некоторые особенности природных вод

На Земле сосредоточены значительные запасы воды, при этом около 97,4 % её массы приходится на воды Мирового океана и морей, а водная

поверхность занимает приблизительно 71 % площади планеты. Вместе с тем природная вода не встречается в абсолютно чистом виде, поскольку она обладает высокой растворяющей способностью и является универсальным природным растворителем. В процессе взаимодействия с окружающей средой вода, прежде всего, растворяет твёрдые компоненты – горные породы, минералы и соли. Помимо этого, в неё переходят газы глубинного происхождения, такие как углекислый газ, сероводород, метан и другие, а при контакте с атмосферой вода насыщается кислородом, углекислым газом, азотом и иными газами. Существенную роль в этих процессах играет растворённая угольная кислота, которая при взаимодействии с карбонатными минералами способствует их переходу в легкорастворимые гидрокарбонатные формы. Кроме того, природные воды всегда содержат заметное количество органических веществ, образующихся в результате жизнедеятельности и разложения водных организмов. «...Комплексная оценка качества включает в себя подробную характеристику, химический состав, классификацию и некоторые особенности природных вод, которые определяются геологическими условиями залегания и режимом питания водоносных горизонтов» [41, с.84].

Широкий диапазон качественных и количественных характеристик химического состава природных вод не позволяет осуществлять их классификацию по какому-либо одному универсальному признаку. С позиций аналитической химии наиболее обоснованным считается подход, основанный на содержании основных солеобразующих компонентов, формирующих так называемую матрицу анализируемого объекта. Химические особенности этой матрицы во многих случаях являются определяющим фактором при выборе аналитического метода, подготовке проб и проведении аналитических процедур. «...В данном разделе рассматривается детальная характеристика, химический состав, классификация и некоторые особенности природных вод, знание которых необходимо для оценки генезиса и формирования водных ресурсов в различных гидрологических структурах» [42, с.116].

Количественная характеристика матрицы природных вод определяется суммарным содержанием основных ионов, образующих общую минерализацию воды, которая выражается величиной Σi (г/кг) (табл. 1.2) в зависимости от уровня минерализации природные воды подразделяются на четыре основные группы:

Таблица 1.2. - Классификации вод по минерализации

Воды	Минерализация (Σi г/кг)
Пресные (Чистые)	менее 1,0
Солоноватые (Средние)	в пределах 1 - 25
Морские (Соленые)	в пределах 25 - 50
Рапы (Рассолы)	более 50

Качество природных (подземных или поверхностных) вод в основном определяется соотношением следующих ионов: Na^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+} , Cl^- , SO_4^{2-} , а также суммарные HCO_3^- и CO_3^{2-} .

Каждый из этих ионов может составлять не менее 12,5% от общей концентрации ионов. В зависимости от анионного состава природные воды делятся на три основных класса: бикарбонатные (карбонатные), сульфатные и хлоридные. Каждый из этих классов, в свою очередь, подразделяется на группы кальция, магния и натрия в зависимости от преобладающего катиона. «...Согласно общепринятой классификации О.А. Алекина, в зависимости от преобладающего анионного компонента, воды подразделяются на три основных класса: гидрокарбонатные, сульфатные и хлоридные, каждый из которых отражает специфическое образование состава в особых условиях» [43, с.64].

При концентрировании природной водной матрицы и определении отдельных химических компонентов, особенно микроэлементов, особое внимание следует уделять качественному и количественному составу

природной водной матрицы. Например, испарение вод, содержащих бикарбонат кальция, может привести к образованию осадка карбоната кальция, на поверхности которого могут адсорбироваться органические соединения и ионы металлов. При определении органического углерода в хлоридных водах методом дихроматного окисления необходимо создать условия, предотвращающие окисление хлорид-ионов. Аналогично, при определении ионов аммония с использованием реактива Несслера в водах, содержащих сульфат натрия, следует избегать образования плохо растворимого гидроксида магния. «...При определении органического углерода в хлоридных водах методом бихроматного окисления требуется предварительное удаление или связывание хлорид-ионов, чтобы исключить их влияние на результаты анализа и обеспечить точность измерения органической составляющей» [44, с.118].

Химические ингредиенты природных вод делятся на 5 основных групп:

1. Растворенные газы (O_2 , CO_2 , H_2S , CH_4).
2. Главные ионы (HCO_3^- , CO_3^{2-} , Cl^- , SO_4^{2-} , Na^+ , K^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+}).
3. Биогенные элементы (NH_4^+ , NO_2^- , NO_3^-), органический азот, орто и натрофосфаты, фосфор органический, ортосиликаты ($Fe(II, III)$).
4. Микроэлементы (Mn , Cu , Zn , Co , Mo (биометаллы), Ni , Cr , Cd , Pb , Hg , F и др.). Органические вещества (углерод органический (C_{org}), белки, амины, аминокислоты, карбонаты и оксикарбонатные кислоты, сложные эфиры, углеводы, жиры, карбонильные соединения природного и антропогенного происхождения). «...В гидрохимии принято считать, что химические ингредиенты природных вод делятся на 5 основных групп: 1. Растворённые газы; 2. Главные ионы; 3. Биогенные вещества; 4. Микроэлементы; 5. Органические вещества, взаимодействие которых определяет качество водной среды» [45, с.18].

Химические составляющие в водах могут присутствовать в различных степени и формах, в том числе в виде взвешенных частиц, коллоидных систем и растворённых соединений. Растворённые составляющие, в свою очередь,

находятся как в молекулярной форме: O_2 , CO_2 , H_2S , спирты, альдегиды и др. Таким образом в ионном состоянии, включая нитрат-, гидрокарбонат- и сульфат-ионы, а также свободные и комплексные ионы металлов входят в состав. Разнообразие перехода фазовых состояний и степень молекулярной или ионной дисперсности (химических) веществ в водах необходимо учитывать при проведении анализах, особенно на стадиях отбора проб и пробоподготовки. «...В основу классификации химического состава положено, что, химические ингредиенты природных вод делятся на 5 основных групп: растворенные газы, главные ионы, биогенные элементы, микроэлементы и органические вещества, каждая из которых играет свою роль в экологическом состоянии водоема» [46, с.44].

Присутствие значительного количества химических компонентов в воде определяет её физико-химические, биологические и органолептические характеристики, где используются в качестве индикаторов качества воды. К этому числу наиболее важных из них относятся прозрачность, цветность, плотность, вкусовые и обонятельные свойства, кислотно-щелочная реакция среды (pH), (Eh), электропроводность, а также пятисуточное биохимическое потребление кислорода. «...Отношение сажи и количество основных компонентов определяют ее физические, физико-химические, биологические и органолептические характеристики, которые лежат в основе существующей континентальной среды и формируют качества воды как природных ресурсов» [47, с.24].

С учётом физических и географических условий формирования химического состава воды можно разделить на несколько видов: поверхностные воды (воды суши, реки, озёра, водохранилища и пруды), подземные воды (артезианские, минеральные, источник), морские и океанические воды, а также атмосферные осадки.

«...При изучении состава морской системы необходимо учитывать разнообразие фазовых состояний и степень молекулярной или ионной

дисперсности, которые могут изменяться особенностями условий отбора проб и их хранения, что требует немедленной фиксации или фильтрации проб для сохранения ее исходных характеристик» [48, с.24].

1.6. Методы гидрохимических исследований и оценка качества вод рек Таджикистана

Гидрохимические исследования рек Таджикистана направлены на изучение закономерностей формирования химического состава и минерализации вод в долинных участках, где происходит поступление дренажных и грунтовых вод, с учётом влияния высокогорного рельефа, преобладания снегово-ледникового питания, резко континентального климата и возрастающего антропогенного воздействия. Особое значение имеет оценка сезонной и пространственной изменчивости гидрохимических показателей, определяющих качество речных вод и их пригодность для хозяйственно-питьевого, оросительного и экологического водопользования.

«...В данном руководстве подробно описаны современные методы гидрохимических исследований и оценки качества воды, включая методы отбора проб, методы химического анализа и принципы экологического нормирования состояния водных объектов» [49, с.14].

Полевые работы на реках Таджикистана проводились с учётом выраженной сезонности стока, связанной с весенне-летним половодьем и зимней меженью. Отбор проб воды осуществлялся в характерные фазы водного режима - в период максимального таяния снегов и ледников, а также в меженный период, когда возрастает роль подземного питания. Пробы отбираются по поперечным профилям рек с учётом скорости течения, глубины и неоднородности потока. «...В годовом цикле стока четко определяются весенне-летнее половодье и зимние межени, а также в межени период, когда увеличивается роль подземного питания, соблюдаются стандарты соблюдения правил растворенных солей» [50, с.46].

В полевых условиях определялась температура воды, прозрачность, электропроводность, активная реакция среды (pH), содержание растворённого кислорода и окислительно-восстановительный потенциал. Эти параметры позволяют быстро оценить гидрохимическое состояние вод и выявить районы с потенциальным антропогенным воздействием, особенно в орошаемых сельскохозяйственных районах и населенных пунктах.

Лабораторные исследования речных вод в Таджикистане включают определение основных ионов, вносящих вклад в минерализацию и ионный состав. Для анализа катионов кальция, магния, натрия и калия, а также бикарбонатных, сульфатных и хлоридных анионов используются титриметрические и ионно-хроматографические методы. Полученные данные используются для классификации вод по ионному составу и определения их гидрохимического типа.

«...Комплексной мониторинг состояния морских объектов обязательно включает в себя определение основных ионов, формирующих минерализацию и ионный состав, таких как кальций, магний, натрий, гидрокарбонаты, сульфаты и хлориды, что позволяет классифицировать тип воды и ее переходность для различных состояний» [51, с. 36]

Современный мониторинг включает в себя методологию анализа изменений качества воды на основе дистанционного зондирования, которая позволяет определять спектральные характеристики уровней поверхности воды и выявлять зоны антропогенного загрязнения. В химии воды сезонные изменения могут быть вызваны промышленным загрязнением, сельскохозяйственной деятельностью, урбанизацией, строительством плотин и водохранилищ, а также другими антропогенными факторами. Гидрохимическое состояние воды можно своевременно оценить, используя эти факторы, и выявить области, находящиеся под антропогенным воздействием, особенно орошаемые сельскохозяйственные угодья.

Органическое вещество характеризуется химическим и биохимическим потреблением кислорода. Микроэлементы и тяжелые металлы анализируются методом атомно-абсорбционной спектроскопии. При этом учитываются расход воды, высота, скорость течения, мутность и наличие взвешенных твердых частиц, характерные для горных рек. «...При проведении серийных анализов на гидрохимические посты содержание биогенных элементов определяется фотометрическими методами, основанными на восстановлении окрашенных соединений фосфатов и нитритов с соответствием реагентами» [52, с. 112].

Оценка качества речной воды основана на анализе ряда гидрохимических параметров, отражающих естественные условия формирования стока и степень антропогенной нагрузки. При этом следует уделять внимание прежде всего минерализации, содержанию сульфатов и хлоридов, ионному составу, жесткости и концентрации питательных веществ. В дальнейшем полученные значения сравниваются с принятыми нормативными данными по качеству вод различных видов водопользования, включая питьевое и ирригационное.

В верховьях горных рек воды имеют низкую минерализацию, но при этом в них преобладают гидрокарбонатно-кальциевый состав. Напротив, для вод в предгорных и равнинных зонах характерно высокая минерализация и повышение ионного состава сторону сульфатно-хлоридного типа. Это прежде всего, связано с испарением и влиянием оросительных систем, а также аридными условиями климата. «...В верховьях горных рек воды имеют низкую минерализацию, в них преобладают гидрокарбонатно-кальциевый состав, так как сток стока происходит исключительно за счет талых водников и высоких снегов» [53, с.142].

Гидрохимическая оценка результатов проведенных исследований рек Таджикистана позволяет выявить основные факторы формирования качества вод, включая климатические условия, геологическое строение бассейнов, водный режим и хозяйственную деятельность. Анализ пространственно-временной изменчивости химического состава вод служит основой для оценки

экологического состояния речных экосистем, прогнозирования изменений качества вод и разработки мероприятий по рациональному использованию и охране водных ресурсов республики. «...Комплексная гидрохимическая оценка результатов проведенных исследований в Таджикистане является ведущим фактором формирования качества воды, среди которых определяющую роль играет литологический состав водосборов и влияние антропогенного воздействия в долинах» [54, с.128].

ВЫВОДЫ ПО ГЛАВЕ 1

1. Сезонная изменчивость гидрохимического состава рек является закономерным результатом взаимодействия климатических, гидрологических, геолого-геохимических и антропогенных факторов, изменяющихся в течение в пределах водного года.

2. Определяющее влияние на сезонную динамику химического состава вод оказывает сезонное перераспределение источников питания рек: в периоды снеготаяния и ледникового стока наблюдаются эффект разбавления и снижение минерализации, тогда как в меженный период возрастает роль подземного питания и увеличивается концентрация растворённых веществ.

3. Резко континентальный климат южного Таджикистана обуславливает выраженную сезонность гидрохимических показателей, которая проявляется снижением минерализации летом при высоких расходах воды и в её увеличение в осенне-зимний период.

4. Геолого-геохимические условия водосборных территорий определяют ионный состав речных вод и характер сезонной трансформации ионного состава, связанной с различной степенью участия поверхностного и подземного стока в формировании питания рек.

5. Гидрологический режим рек и смена фаз водного года сопровождаются характерными изменениями концентраций основных ионов, биогенных

микроэлементных компонентов что отражает динамику процессов выщелачивания, переноса и аккумуляции растворённых веществ.

6. Биологические процессы в водных экосистемах вносят существенный вклад в сезонную изменчивость содержания биогенных элементов, особенно в весенне-летний период года.

7. Антропогенное воздействие, характеризуется сезонной неравномерностью, усиливает естественные колебания гидрохимических показателей рек, проявляясь в повышении концентраций загрязняющих веществ и уровня минерализации вод в меженный период.

8. Таким образом, сезонная изменчивость гидрохимического состава рек южного Таджикистана носит комплексный характер и должна рассматриваться на основе комплексного подхода, учитывающего влияние природных и антропогенных факторов на формирования гидрохимического режима.

ГЛАВА 2. ПРИРОДНО-КЛИМАТИЧЕСКИЕ И ГИДРОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ ГИДРОХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ВОД ЮЖНОГО ТАДЖИКИСТАНА

2.1. Значение воды для общественного здравоохранения и жизнедеятельности человека

Вода является ключевым природным ресурсом, необходимым для всех аспектов жизнедеятельности человека. Вместе с тем, около одного миллиарда человек в мире не имеют доступа к безопасной питьевой воде, а примерно половина населения планеты лишена надлежащих систем водоочистки и санитарии. Глобальное водопотребление увеличивается быстрыми темпами и, по оценкам, удваивается каждые 20 лет.

Если нынешние тенденции сохранятся, к 2025 году до пяти миллиардов человек могут столкнуться с нехваткой питьевой воды, которая необходима для удовлетворения основных потребностей, включая питье, приготовление пищи и личную гигиену. Учитывая высокий риск опасных инфекционных заболеваний, связанных с загрязненными источниками воды и неадекватными санитарными условиями, обеспечение населения безопасной питьевой водой имеет первостепенное значение. «...Огромное значение воды для общественного здравоохранения и жизнедеятельности определяется не только ее ролью в обеспечении санитарно-эпидемиологического изменения населения, но и влиянием ее химического состава на логические процессы в организме человека» [55, с.12].

Численность населения Земли продолжает увеличиваться в среднем на 77 млн. человек в год. Основной прирост населения приходится на развивающиеся страны, где в период 2000–2015 гг. было сосредоточено около 90 % глобального демографического роста. По прогнозам, к 2025 году численность населения мира достигнет 7–9 млрд человек, а к 2050 году – около 9,3 млрд. При этом темпы роста населения в наименее развитых странах остаются существенно выше, чем в развитых, что усиливает нагрузку на водные ресурсы.

«...Несмотря на небольшое снижение темпов роста населения Земли, численность населения Земли продолжает составлять в среднем 80-90 миллионов человек в год, что вызывает колоссальную нагрузку на мировые запасы пресной воды и продовольствия» [56, с.62].

Одновременно с ростом численности населения наблюдается процесс урбанизации. Доля городского населения в мире возросла с 47 % в 2000 году до более чем 53 % в 2015 году, причём наиболее интенсивно этот процесс протекает в развивающихся странах. Расширение городских территорий сопровождается ростом водопотребления, сокращением естественного пополнения водных ресурсов и усилением эксплуатации подземных вод. В ряде регионов это приводит к просадке земной поверхности и проникновению солёных вод, что повышает риск наводнений и особенно затрагивает социально уязвимые группы населения. «...Параллельно с общим ростом численности населения наблюдается процесс урбанизации, который приобретает глобальный характер и ведет к концентрации огромных масс людей в крупных агломерациях, что радикально меняет структуру водопотребления» [57, с.78].

Сочетание ускоренного демографического роста, сокращения подземных вод, неисправность дренажа и увеличения уровня мирового океана представляет серьёзную угрозу для крупных прибрежных городов. «...Совокупность факторов ускорения роста населения, истощения подземной воды, недостаточного дренажа и повышения уровня моря является серьёзной величиной для достижения уровня развития прибрежных регионов и требует немедленного пересмотра стратегий управления водными ресурсами» [58, с.78].

Дефицит и высокая стоимость воды для бедных слоёв населения приводят к снижению уровня личной гигиены и, как следствие, к росту инфекционных и паразитарных заболеваний. По оценкам, около 60% младенческой смертности обусловлено заболеваниями инфекционной природы, значительная часть которых связана с водным фактором. «...В странах, где качество питьевой воды не соответствует санитарным нормам, около 60%

младенческой смертности вызвано заболеваниями инфекционной природы, которые передаются водным путем и вызывают острые кишечные расстройства» [59, с.154].

При этом обеспечение доступа к безопасной питьевой воде и санитарии способно снизить заболеваемость и смертность почти на 75 % «...Многолетние исследования подтверждают, что адекватное обеспечение питьевой водой и санитарией способно снизить заболеваемость кишечными инфекциями на 25-40%, что является ключевым фактором в улучшении здоровья населения» [60, с.82].

В развивающихся странах болезни, связанные с качеством воды, остаются одним из основных факторов, препятствующих формированию здорового населения. Особую уязвимость к таким заболеваниям проявляют дети раннего возраста, беременные женщины и лица с ослабленным иммунитетом. Высокие показатели младенческой и материнской смертности во многом обусловлены инфекциями, передающимися водным и фекально-оральным путями. «...Критическая ситуация сложилась в детской больнице, где болезнь, связанная с качеством воды, и отсутствием элементарной санитарии, становятся главными факторами, что приводит к формированию здорового населения и нормальному социально-экономическому развитию региона» [61, с.194].

Следовательно, ключевую роль воды в поддержании благосостояния населения, доступность и качество водных ресурсов во многих регионах мира продолжают ухудшаться. Около половины мировых рек характеризуются высокой степенью истощения и загрязнения, а порядка 80 стран, в которых проживает около 40 % населения Земли, испытывают хронический дефицит воды. В развивающихся странах до 95 % сточных вод и около 70 % промышленных отходов сбрасываются в поверхностные водоёмы без очистки, что существенно ухудшает санитарно-гигиеническое состояние водных объектов. «...Острота проблемы загрязнения гидросферы проявляется в том,

что в ряде развивающихся стран до 95% сточных вод и значительная часть промышленных отходов сбрасываются в поверхностные водоёмы без очистки, что приводит к необратимой деградации водных экосистем» [62, с.88].

Большую часть заболеваний, передающихся через воду, вызывают фекально-оральные пути заражения. Это подчеркивает важность развития санитарной инфраструктуры, повышения уровня гигиенического образования населения и защиты водных источников от загрязнений. Исследования показывают, что качественное улучшение системы водоснабжения и санитарии позволяет снизить заболеваемость диарейными болезнями на 20–26%, а выполнение элементарных гигиенических норм, включая регулярное мытье рук, — на 35%. «...Обеспечение бактериальной безопасности водоснабжения остается приоритетной защитой, так как большинство заболеваний, связанных с водными источниками, передаются фекально-оральным путем, что диктует необходимость развития санитарной занятости и эффективных методов обеззараживания на станциях водоподготовки» [63, с.15]

Приоритетной задачей остается обеспечение бактериальной безопасности систем водоснабжения. Загрязненная вода часто становится причиной вирусных и бактериальных инфекций, таких как вирусный гепатит, холера, амебиаз и другие опасные заболевания. Особенно уязвимы перед этими заболеваниями дети, беременные женщины и люди с ослабленным иммунитетом. В развивающихся странах ежегодно миллионы людей умирают от болезней, связанных с водой, причем значительную часть жертв составляют дети до пяти лет.

Многочисленные эпидемиологические исследования подтверждают связь между нарушением санитарных норм водопользования и вспышками таких инфекций.

В странах с неудовлетворительными санитарными условиями также распространены паразитарные заболевания, например, гельминтоз и шистосомиаз. Эти болезни не только сказываются на общем состоянии

здоровья и физическом развитии населения, но особенно опасны для беременных женщин из-за повышенного риска анемии, осложнений при беременности и увеличенной материнской смертности. Часто такие заболевания связаны с использованием загрязненных водных источников, куда попадают неочищенные сточные воды. «...Многие паразитарные заболевания, такие как гельминтозы и шистосомозы, широко распространены в странах, где человечество использует для хозяйственно-бытовых нужд воду из открытых водоемов, загрязненных неочищенными стоками» [64, с.114].

2.2. Качество и состояние водных ресурсов Республики Таджикистан

Вода – это не просто химическое соединение, это основа жизни на Земле, краеугольный камень существования всех живых организмов, от микроскопических бактерий до гигантских китов. Она играет критически важную роль в поддержании здоровья экосистем, обеспечивает функционирование человеческого общества и определяет экономическое благополучие многих стран. Несмотря на то, что наша планета на 70% покрыта водой, доступ к пресной, пригодной для питья воде – это проблема, с которой сталкивается все большее число регионов. «...Комплексный мониторинг контролирует, что качество и состояние водных ресурсов Республики Таджикистан в верховьях характеризуется низкой минерализацией и высокой чистотой, однако в ходе течения увеличивается антропогенная нагрузка, требующая усиления санитарного контроля» [65, с.56].

Острая необходимость в воде для всех форм жизни обусловлена ее уникальными свойствами. Она служит универсальным растворителем, участвует в бесчисленных биохимических реакциях, регулирует температуру тела, транспортирует питательные вещества и удаляет отходы жизнедеятельности. Для растений вода – это основной компонент фотосинтеза, процесса, который обеспечивает производство кислорода и питательных веществ. Животные, в свою очередь, полагаются на воду для поддержания гидратации, пищеварения и многих других жизненно важных функций.

Человеческая деятельность оказывает огромное влияние на водные ресурсы планеты. Рост населения, урбанизация, индустриализация и интенсификация сельского хозяйства приводят к увеличению потребления воды и одновременно к ее загрязнению. Загрязнение водоемов промышленными стоками, агрохимикатами и бытовыми отходами делает пресную воду непригодной для потребления. Климатические изменения, спровоцированные выбросами парниковых газов, усугубляют проблему, нарушая водный баланс планеты: меняется количество осадков, тают ледники, поднимается уровень моря. Это ведет к нехватке воды, учащению засух и наводнений, а также угрожает прибрежным территориям. Ситуацию осложняет неравномерное распределение водных запасов. Страны с большими ресурсами, такие как Канада, Китай, Бразилия и Россия, контрастируют с регионами, испытывающими острый дефицит, например, в Африке и на Ближнем Востоке. Такой дисбаланс может спровоцировать конфликты, вынужденную миграцию и ухудшение качества жизни. «...Климатические изменения, спровоцированные выбросами парниковых газов, устраняют проблему дефицита водных ресурсов, вызывая перераспределение осадков и таяние ледников, что в последнюю очередь происходит на стоке реки в аридных зонах» [66, с.312].

Таджикистан, расположенный в сердце Центральной Азии, является настоящим кладом водных ресурсов (рис. 2.1). Его обширные ледники, реки и озера делают страну незаменимым звеном в региональной системе водоснабжения. Реки Сырдарья и Амударья, чьи истоки находятся в горах Кыргызии, обеспечивают жизненно важными запасами воды сельское хозяйство и промышленность Узбекистана, Туркменистана и Казахстана.

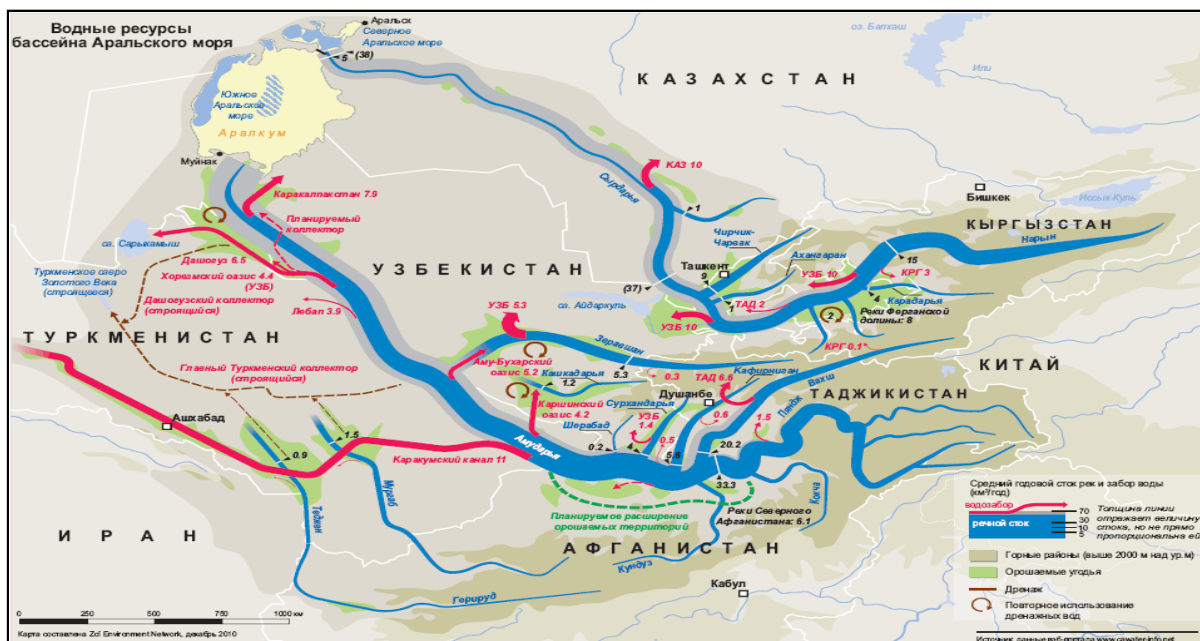


Рисунок 2.1. - Основные водные потоки Центральной Азии [67, с.44-51].

Однако, несмотря на это богатство, Таджикистан сталкивается с серьезными вызовами в области управления водными ресурсами. Среди них – потребность в модернизации ирригационных систем, развитии гидроэнергетического потенциала и адаптации к меняющемуся климату. Трагедия Аральского моря ярко демонстрирует, к каким экологическим катастрофам может привести неразумное обращение с водными ресурсами.

В советское время чрезмерный забор воды из Сырдарьи и Амударьи для выращивания хлопка имел катастрофические последствия: Аральское море почти исчезло, земли превратились в пустыню, почвы засолились, а здоровье людей ухудшилось. Чтобы вернуть Аральское море к жизни, необходимы общие действия стран Центральной Азии и поддержка мирового сообщества. «...В советское время чрезмерный забор воды из Сырдарьи и Амударьи для выращивания привел к резкому сокращению притока воды в Аральском море, что стало причиной главной катастрофы региона» [68, с.12].

Рациональное управление водными ресурсами требует интегрированного подхода, включающего несколько ключевых направлений:

1. Эффективное использование воды. Применение водосберегающих технологий в сельском хозяйстве, промышленности и быту позволяет снизить потребление без ущерба для социально-экономического развития.

2. Очистка сточных вод. Строительство современных очистных сооружений способствует предотвращению загрязнения окружающей среды и расширяет возможности повторного использования воды.

3. Международное сотрудничество. Совместное управление трансграничными водными ресурсами требует налаживания тесной координации между странами региона.

4. Образование. Работа по повышению осведомленности населения о важности рационального пользования водными ресурсами является залогом их долгосрочного сохранения.

5. Адаптация к изменению климата. Необходимо разрабатывать стратегии по минимизации последствий изменения климата, включая строительство водохранилищ и диверсификацию источников водоснабжения. Вода – это незаменимый ресурс, который важно сохранить для будущих поколений. Только объединенными усилиями можно обеспечить доступ к чистой воде для всех и предотвратить ухудшение экологической ситуации. Центральноазиатский регион, богатый реками и водохранилищами, испытывает значительные изменения своего гидрологического режима в последние годы. «...Критическая ситуация сложилась в бассейне Аральского моря, где верхний сток воды постепенно снижается, что вызывает серьезные экологические и косвенные последствия, связанные с прогрессирующим обмелением водоема и засолением прилегающих территорий» [69, с. 196].

Особенно остро эти изменения ощутимы в бассейне Аральского моря, где наблюдается сокращение водных ресурсов, приводящее к экологическим и экономическим проблемам. Уменьшение притока воды в этот регион провоцирует обмеление водоемов и засоление прилегающих территорий. Подобная ситуация вызывает серьезную озабоченность, поскольку снижение

водных ресурсов негативно сказывается на сельском хозяйстве, играющем ключевую роль для местной экономики.

Таджикистан является страной с богатым потенциалом водных ресурсов, которые преимущественно используются в сельскохозяйственных целях — на орошение приходится около 85% общего водопотребления. Разработка месторождений полезных ископаемых также оказывает воздействие на природные ресурсы страны с середины XX века из-за необходимости обеспечения роста экономики и повышения уровня жизни населения. В последние годы Таджикистан активно работает над внедрением интегрированного подхода к управлению водными ресурсами, ориентируясь на рациональное их использование в различных секторах экономики.

Это связано с тем, что климат региона отличается значительной засушливостью, и для получения высоких урожаев необходимо использовать орошение. На промышленные нужды используется всего 6-7% воды, на водоснабжение — 8-9%, а остальные 2-3% идут на другие нужды. «...В результате водопотребления республики водные ресурсы Таджикистана в основном используются в сельском хозяйстве, где на орошение уходит около 85% от общего объема забираемой воды, что делает ирригацию ключевым сектором национальной экономики» [70, с.34].

Нехватка воды и высокие цены для малоимущих приводят к плохой личной гигиене и, как следствие, к увеличению числа инфекционных и паразитарных заболеваний. По оценкам, примерно 60% младенческой смертности обусловлено инфекционными заболеваниями, значительная часть которых связана с водой.

Важно также предупреждать и ликвидировать вредное воздействие на водные ресурсы. В последние годы Таджикистан начинает разрабатывать комплексный подход к интегрированному управлению водными ресурсами, эти мероприятия состоят не только в охране водных объектов, но и в их рациональном использовании. «...Учитывая глобальные вызовы и

региональную специфику, в последние годы Таджикистан начинает разрабатывать комплексный подход к интегрированному управлению водными задачами, направленный на разумные меры между секторами экономики и охраны экосистем» [71, с. 34].

Актуальность ситуации, связанной с сокращением водных ресурсов, существенно возросла, особенно учитывая их влияние на сельское хозяйство — ключевую отрасль в данном регионе.

Таджикистан, богатый на полезные ископаемые, ресурсами которого начали активно пользоваться с середины XX века, в значительной степени зависит от водных запасов, большей частью предназначенных для сельскохозяйственного орошения. Сегодня около 85% от общего объема водопотребления страны связано именно с этой сферой. На фоне глобальных экологических вызовов и региональных особенностей Таджикистан предпринимает активные шаги к внедрению интегрированных методов управления водными ресурсами.

Цель этой стратегии — эффективное использование воды в различных секторах, охрана экономических и природных систем, а также обеспечение устойчивого развития. Внедрение современных технологий и улучшение методов управления представляют собой важный шаг к рационализации водопользования. Это приобретает особое значение в условиях изменения климата и нарастающей нехватки воды, негативно отражающихся на экологии.

Эффективное использование и охрана водных ресурсов, а также интегрированный подход к их управлению, являются ключевыми факторами для устойчивого развития страны и обеспечения благосостояния населения. Важно, чтобы дальнейшие действия направлялись на баланс между экономическим развитием и охраной окружающей среды, что является залогом будущего для Таджикистана и всего региона Центральной Азии. «...Современные достижения в области экологии и управления водными ресурсами позволяют внедрить замкнутые системы водопользования, что

снижает антропогенную нагрузку на природные водоемы и способствует сохранению их биологического разнообразия» [72, с.114].

Амударья - одна из крупнейших рек Центральной Азии берет начало от слияния рек Вахш и Пяндж и протекает по территории четырех стран - Таджикистана, Афганистана, Туркменистана и Узбекистана - общей протяженностью 1 415 км (рис. 2.2). На протяжении первых 180 км река Амударья питается за счет крупных притоков.

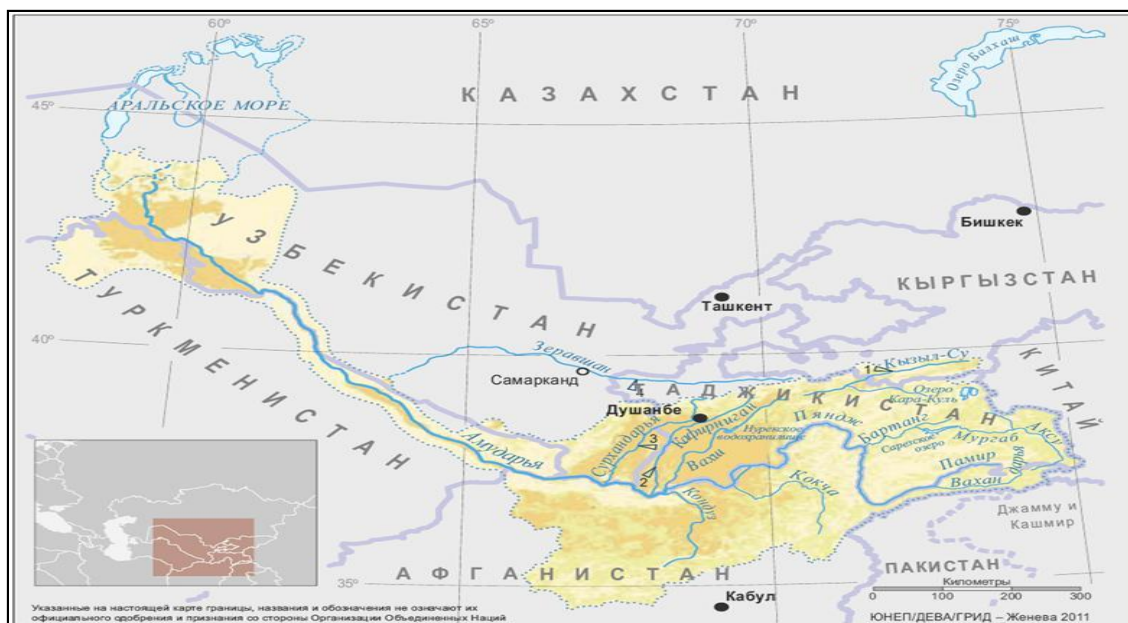


Рисунок 2.2. - Бассейн реки Амударья. [73].

Основным источником воды для Амударьи является снег, объем которого уменьшается летом и достигает минимума в январе-феврале. Амударья протекает в основном по равнинам и поэтому большая часть воды теряется по пути за счет испарения. «...Комплексный анализ ситуации в области экологии и управления водными проблемами ЦА и в Таджикистане отмечают необходимость перехода к новым методам рационального водопользования, учитывающего трансграничный характер речного запаса и экологического региона» [74, с.114].

В притоках Амударьи расход воды повышается обычно в марте месяце, когда происходит таяние снега. В этот период могут наблюдаться также наводнения, которые тоже являются результатом таяния снега. Пик расходов воды

в Амударье происходит в период с июнь по август, летом, когда наибольшее таяние и снега и льдов.

В Кельках средний расход воды составляет $2\,000\text{ м}^3/\text{с}$ или $63\text{ км}^3/\text{год}$. Мутность воды в реке Амударья около $3,3\text{ кг}/\text{м}^3$. Среди рек мира нерегулируемый сброс реки Амударьи один из самых высоких и составляет 210 млн тонн в год. «...Гидрологические наблюдения показывают, что в Келифе средний расход воды составляет около $2000\text{ м}^3/\text{с}$ или $63\text{ км}^3/\text{год}$, при этом мутность воды в реке Амударья является одной из самых высоких в мире и достигает в среднем около $3,3\text{ кг}/\text{м}^3$ » [75, с.28].

При слиянии рек Памир, берущей начало из озера Зоркуль и Вахондаря образуется река Пяндж, которая протекает между Исламской Республикой Афганистан (левый берег) и Таджикистаном, площадь бассейна которого составляет 114 000 кв. км, а длина реки 921 км. Расход воды в этой реке в среднем составляет $1000\text{ м}^3/\text{с}$. Река Пяндж в основном используется для орошения сельскохозяйственных культур. Река Гунт является главным притоком реки Пяндж. Она берет свое начало в горах Памира (после выхода из озера Яшилкуль). Ниже по течению Гунт соединяется с главным притоком рекой Шахдара на ее левом берегу. Площадь бассейна реки составляет 14,84 тыс. кв. км², а длина - 246 км. «...В системе бассейна Верхнего Пянджа река Гунт является главным притоком реки Пяндж, обеспечивающим значительную часть притока воды в период интенсивного таяния высокогорных снегов и ледников» [76, с.54].

Реки Шуробдара и Сурхоб являются притоками реки Пяндж-Кызылсу, площадь бассейна которых составляет 8,63 тыс. км², а общая длина - 230 км. Река берет начало на южном гребне хребта Вахш. Ее водные источники разнообразны, и зимой она не замерзает. Правым притоком реки Пяндж является река Яхсу, минерализация воды которой, в устье составляет 500-800 мг/л, ниже по течению - 800-1000, сульфатно-известковый компонент. В связи с этим, по всей длине этой реки расположены 14 ирригационных водозаборов. «...Правым притоком реки Пяндж (через систему Кызылсу) является река Яхсу, минерализация воды

которой, по имеющимся данным, в устье составляет 500-800мг/л, ниже по течению-800-1000 мг/л, что объясняется дренированием соленосных отложений в предгорной зоне» [77, с.76].

Река Бартанг является правым притоком реки Пяндж. Площадь бассейна реки составляет 24,7 тыс. км², а длина - 528 км. Питание реки снего-ледниковое, и она в основном протекает в течение года. В июле наблюдается максимальный расход воды. В устье реки минерализация воды составляет 130-310 мг/л, а ниже по течению - 360 мг/л. Имеются горячие источники (миражи), которые находятся выше по течению. Расход воды в среднем составляет 131 м³/с, а расход наносов составляет - 130 кг/с. Правым притоком реки Пяндж также является река Ванч, площадь бассейна которого составляет 207 0 км², а длина - 103 км. «...Крупным правым притоком реки Пяндж также является река Ванч, площадь бассейна которой составляет около 2070км², а питание осуществляется традиционно за счет ледников Дарвазского и Академии Наук хребтов» [78, с.58].

Одним из главных притоков Амударьи является река Кафирниган, протекающая через Гиссарскую долину, частично вдоль государственной границы с Республикой Узбекистан. Источник реки расположен недалеко от села Ромит; её русло образовано слиянием рек Средняя Сарда и Сорборо, которые текут по склонам Гиссарского хребта.

Длина реки Кафирниган составляет 387 км, а площадь её водосборного бассейна - 11 600 км². Её водные ресурсы широко используются для орошения; в бассейне действуют 26 гидроэлектростанций. К основным притокам Кафирнигана относятся реки Варзоб и Хонако (правый берег) и река Элок (левый берег). «...Сырдарья является одной из континентальных артерий Средней Азии, играющей с Амударьей решающую роль в заключении водного баланса Аральского бассейна и развития ирригационного земледелия в регионах» [80, с.14].

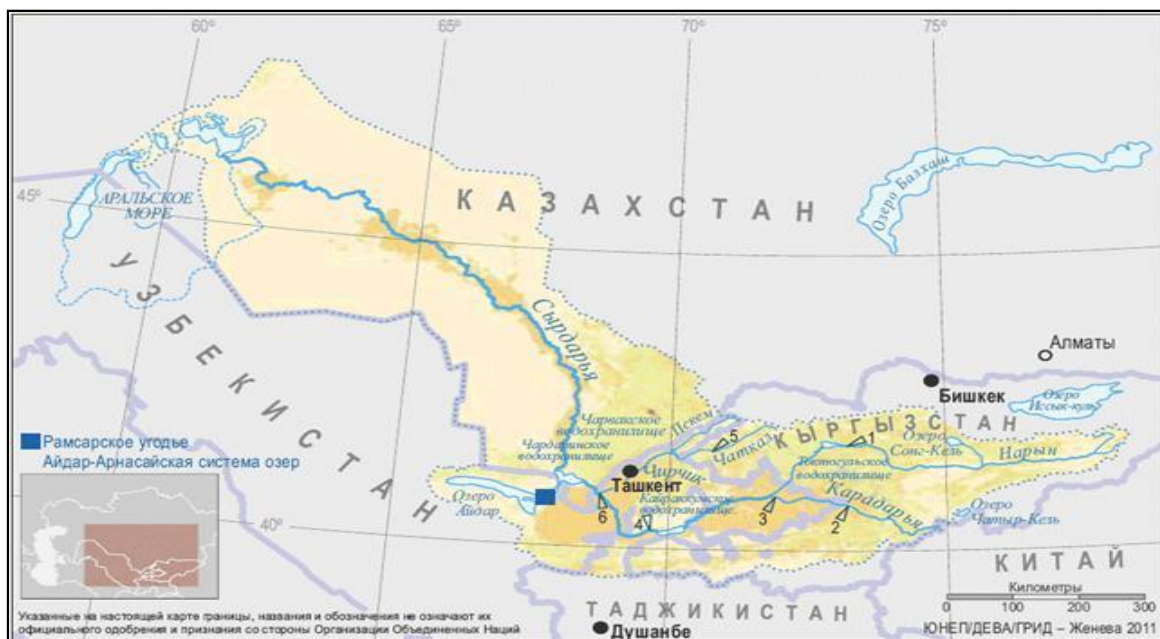


Рисунок 2.3. - Карта реки Сырдарья [79].

Река Сырдарья является одной из крупнейших водных артерий Центральной Азии. Площадь её бассейна составляет около 462 тыс. км², из которых 223 тыс. км² приходится на горную часть. Общая протяжённость реки от истоков Нарына до устья достигает 2670 км (рис. 3). Она берёт свое начало в живописной Ферганской долине, в месте слияния двух мощных рек – Нарына и Карадарьи. Ширина реки при выходе из долины достигает внушительных размеров – до 15 километров, напоминая скорее озеро, чем реку. Интересно, что в этой области сохранились следы старого русла Сырдарьи – заболоченная долина с разбросанными по ней озерами, свидетельствующая о динамичной природе реки и её способности менять свое течение.

В своем нижнем течении, особенно во время весенних половодий и образования ледовых заторов, Сырдарья проявляет свой непостоянный характер, часто меняя русло, подмывая берега и заливая обширные низменности. Этот процесс эрозии и аккумуляции на протяжении веков формировал ландшафт прилегающих территорий. Приближаясь к Аральскому морю, Сырдарья разветвляется на множество рукавов и протоков, образуя обширную дельту. К сожалению, в последние десятилетия дельта значительно

сократилась из-за падения уровня Аральского моря, вызванного интенсивным забором воды для орошения.

Страна уже реализует множество международных инициатив, направленных на улучшение управления водными ресурсами. Из них особенно важны проекты, посвященные трансграничным рекам. Эти водные артерии, проходящие через соседние государства, требуют согласованных действий для их рационального использования. Такое сотрудничество способно не только предотвратить потенциальные конфликты вокруг водных ресурсов, но и поддерживать устойчивость региона. Тем не менее, экологические проблемы, например пересыхание Аральского моря и упадок экосистем дельты Сырдарьи, свидетельствуют о необходимости дальнейших экологических мероприятий и координированной работы.

Режим питания Сырдарьи смешанный, с преобладанием снегово-ледникового. Весеннее половодье, вызванное таянием снега в равнинных и предгорных районах, начинается в марте-апреле. В мае стартует второй, более мощный паводок, связанный с интенсивным таянием ледников в высокогорьях Тянь-Шаня. Пик этого паводка приходится на июнь-июль. Зимой, в декабре-январе, наблюдается самый низкий уровень воды – межень. Амплитуда колебаний уровня воды в течение года может достигать значительных величин – от 2 до 4,4 метров, как это было зафиксировано в 1946 году. «...Режимы уровней отличаются резкими сезонными изменениями. Амплитуда изменения уровня воды за год может иметь значительную величину – от 2 до 4,4 метра, как это было зафиксировано в 1946 году во время катастрофического паводка» [81, с.42].

Эти колебания уровня воды оказывают существенное влияние на жизнь местного населения, занимающегося преимущественно сельским хозяйством.

Как уже упоминалось, главными составляющими стока Сырдарьи являются реки Нарын (77%) и Карадарья (23%). Средний многолетний расход

воды реки Сырдарьи на выходе из Ферганской долины, в районе города Беговат, составляет 541 м³/с (рис. 2.4).

Однако этот показатель подвержен значительным сезонным колебаниям. К сожалению, объемы воды в Сырдарье в последние десятилетия существенно сократились из-за интенсивного забора воды на орошение сельскохозяйственных угодий и накопления воды в многочисленных водохранилищах, построенных вдоль реки. Важную роль в водной системе региона играют реки Ферганской долины, включая Нарын и Карадарью. Эти реки обеспечивают орошение больших сельскохозяйственных территорий.

«...Гидрологическая карта и расход воды в Ферганской долине отражают сложную систему распределения стока, где основные объемы рассчитываются за счет рек Нарын и Карадарья, обеспечивая орошение обширных массивов земель» [82, с.76].

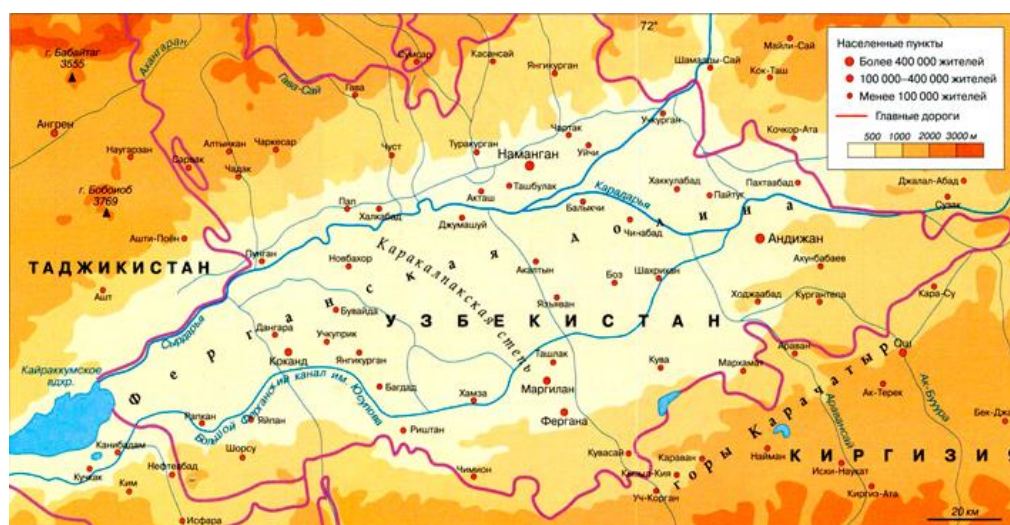


Рисунок 2.4. – Водосброс в Ферганской долине

Нарын, крупнейший приток Сырдарьи, представляет собой значимый гидрологический объект с водосборным бассейном площадью 59 900 км². Его истоки расположены в ледниках Центрального Тянь-Шаня, благодаря чему река питается талой водой и горными ручьями. По мере летнего потепления, начиная с мая до августа, в Нарыне наблюдается интенсивное увеличение уровня воды, достигающее максимума в июне-июле.

В верхнем течении в зимний период наблюдается ледостав. Минерализация воды в реке относительно невысока и составляет 200–500 мг/л, однако в зонах впадения притоков и в районах влияния оросительных каналов возможен её рост. «...Рассматривая бассейн реки, следует отметить, что основные притоки Сырдарьи продолжаются в горных сферах; к ним относятся Нарын, Карадарья, а также Чирчик и Ангрен, которые вносят решающий вклад в водность главных артерий Ферганской долины» [83, с.368].

Карадарья, второй по величине приток Сырдарьи, также играет важную роль в формировании её стока. Она образуется в результате слияния рек Кара-Кульджа и Тар. Его длина составляет 180 км, а площадь – 30,1 тысячи квадратных километров. Основные его ответвления: Куршабский - слева; Яссы, Кугарт и Караункюр - справа. Протекая через Ферганскую долину, Карадарья, как и Нарын, используется для орошения обширных сельскохозяйственных территорий. В летний период значительная часть стока Карадарьи не достигает Сырдарьи, разбиваясь на орошение. «...Гидрографическая сеть и основные притоки Сырдарьи, такие как Нарын, Карадарья, Чирчик и Ангрен, определяют не только водный режим магистрального русла, но и специфику формирования аллювиальных почв в пределах Ферганской и Голодностепской равнин» [84, с.26].

Следует отметить, что Сырдарья является жизненно важной артерией Центральной Азии, источником воды для миллионов людей и основой сельского хозяйства региона. Однако, в последнее время неэффективное использование вод Сырдарьи стало причиной экологических проблем, которые требуют комплексного международного решения.

Требуется разработка и имплементация комплексных стратегий рационального водопользования. Целью данных стратегий является сохранение целостности речной экосистемы и гарантирование доступности водных ресурсов для будущих поколений. Ключевыми направлениями работы станут модернизация оросительных систем, внедрение передовых водосберегающих

технологий и укрепление международного партнерства в сфере управления водными ресурсами. «...Необходимым условием адаптации к меняющимся гидрологическим условиям является разработка и имплементация комплексных стратегий рационального водопользования, которые должны учитывать долгосрочные прогнозы водности и растущие потребности различных секторов экономики» [85, с.344].

2.3. Текущее состояние качества питьевого водоснабжения в некоторых регионах Республики Таджикистан

В Таджикистане 90% городских жителей и 30% сельских жителей имеют доступ к питьевой воде. Горный рельеф страны создает значительные проблемы для расширения сети водоснабжения. По данным ЮНИСЕФ, в настоящее время доступ к воде имеют 57% населения (3,7 миллиона человек), в том числе 93% городского населения и 47% сельского. Чуть более 10% (650 000 человек) используют родниковую воду, 3,7% (235 000 человек) - речную воду, и почти 25% (1,52 миллиона человек) - воду из горных источников и оврагов, ирригационных каналов или водосборных бассейнов. Доступ к питьевой воде означает больше, чем просто доступ к безопасной питьевой воде. Душанбе - яркий тому пример: 16% воды, поступающей в систему водоснабжения Душанбе, напрямую отводится из реки Варзоб в местные распределительные сети без какой-либо очистки [5-A].

Результаты нашего исследования показывают, что существующая система водоснабжения и канализации в Таджикистане не находится на безопасном и достаточном уровне.

На основе данных Министерства здравоохранения РТ, из 699 существующих централизованных систем водоснабжения не функционируют около 113, также 358 не соответствуют санитарным требованиям, существующие системы водоснабжения работают с перебоями и не гарантируют стабильного и устойчивого доступа к воде [5-A].

Таджикистан, с предполагаемым годовым объемом водных ресурсов более 13 000 кубических метров на душу населения, является одной из самых богатых водой стран мира. Таким образом, доступ к питьевой воде обеспечен лишь 59% населения (таблица 2.1) [5-А].

Следовательно, республика имеет самый низкий уровень доступа к безопасной питьевой воде (среди страны СНГ), а вспышки заболеваний, связанных с водой, представляют значительную угрозу для здоровья. Повышенные показатели заболеваний, связанных с водой, в районах с неадекватными системами водоснабжения и канализации являются одной из основных факторов детской смертности и недоедания [5-А].

Таблица 2.1. - Доступ к источникам питьевой воды

	Таджикистан	Города	Село
Безопасный	59,0%	92,9%	46,9%
Опасный	41,0%	7,1%	53,1%
Итого	100%	100%	100%

Также в сельской местности, где менее половины населения имеют доступ к улучшенным источникам воды, большая их часть использует воду из арыков, каналов, прудов, водохранилищ, рек и других неочищенных источников воды.

По отношению санитарии, почти все домохозяйства имеют доступ к выгребным ямам, но большинство из них плохо построены и представляют опасность для здоровья населения.

В многочисленные сельские школы и медучреждений отсутствуют услуги и системы водоснабжения. Согласно [5-А] из 3694 школ (546 в городах и 3148 в селах) только 1718 имеют водопровод. В остальных отсутствует доступ к безопасной, чистой питьевой воде, в 140 сельских школах страны отсутствуют канализации.

Аналогичная ситуация наблюдается в некоторых из 3352 медицинских учреждений. Из-за ухудшения состояния водопроводных сетей и других ключевых систем водопользования процент населения, обеспеченного чистой водой из сети водоснабжения, снижается.

Несоответствующее состояние водоснабжения и канализации в Таджикистане обусловлено несколькими факторами. Как и в других секторах, трудности, вызванные постсоветским переходом к рыночной экономике и гражданской войной, привели к ухудшению состояния инфраструктуры. Недостаточный уровень местных бюджетных ассигнований и трудности со сбором платы серьезно сказываются на внутреннем финансировании, которое оказалось недостаточным для удовлетворения основных потребностей в системах водоснабжения. Также финансирование было увеличено, сомнительно, что водохозяйственные органы смогли бы эффективно распределять средства в этом секторе, учитывая его многочисленные потребности в водопользовании. Для увеличения эффективности услуг и усиления стимулов к рациональному водопотреблению, кроме инвестиций, необходимы институциональные реформы [5-А].

С целью достижения Единого интегрированного плана (ЕИП) по водоснабжению стране необходимо обеспечить доступ к безопасной воде для дополнительного около 3,5 млн. населения в период с 2025 по 2030 год. На основе вышеуказанного необходимо построить новую инфраструктуру водоснабжения, с целью обеспечения доступ к воде еще для 3 млн. населения, подавляющее большинство которых проживает в деревнях. Согласно Национальной стратегии сокращения бедности (НПРС) правительства Таджикистана, поскольку городские районы уже имеют в большей степени доступ питьевой воды, политика должна быть сосредоточена на улучшении предоставления услуг сельских местностей. Однако, до настоящего времени в этой области не достигнуты значительный прогресс, если положения существенно не изменятся в ближайшем будущем, Таджикистан вряд ли

достигнет запланированного Единого интегрированного плана (ЕИП) по водоснабжению [5-А].

В программном документе Регионального отделения ВОЗ для Европы «Цели в области здоровья для всех» особое внимание уделяется качеству воды (Копенгаген, 1991 г.). К 2030 году все человечество должно иметь доступ к надежным системам питьевой (надёжной) воды, а загрязнение вод Земли (рек, озер и морей) не должно представлять угрозу для здоровья людей.

Данный план обусловлен тем, что, по данным CART, 80% всех заболеваний в мире, таким или иным образом, связаны с низким качеством воды и неадекватными санитарными и гигиеническими стандартами.

Заболевания, связанные с водой, затрагивают около 2 миллиардов человек. По данным Всемирного банка [5-А] около 14% воды в Душанбе поступает в городскую систему водоснабжения без достаточной очистки. Около 65% систем водоснабжения находятся в аварийном состоянии и нуждается в ремонте.

Недостатки воды особенно сильно сказываются на образовательных учреждениях и других общественных организациях. Исследование, проведённое ЮНИСЕФ и АСТЕД в рамках санитарного проекта, охватившего 600 школ Хатлонской и Согдийской областей, показало, что около 45% школ не имеют доступа к безопасной питьевой воде.

Недостаточная квалификация специалистов и персонала, а также значительное сокращение финансирования привели к 50-процентному снижению мощности очистных сооружений - с 245 миллионов кубических метров в 1990 году до 120 миллионов кубических метров в 2000 году. Менее 10% воды в основной водопроводной сети проходит очистку, что составляет 44 литра чистой воды на душу населения в день. В Душанбе 16% речной воды поступает в распределительную сеть неочищенной (рис. 3). В деревнях водопроводные трубы находятся в плохом состоянии, установлены стояки, отсутствует лабораторный мониторинг, и водоснабжение осуществляется всего

2-3 часа в сутки, что приводит к падению давления в сети и проникновению загрязняющих веществ. Например, в 35 системах водоснабжения, которые в основном снабжают население районных центров, 47% из существующих 270 насосов глубоких скважин не работают, а в районах республиканского подчинения не функционируют 42,8% из 285, в Курган-Тюбе зоне Хатлонской области не работают 67% из 127 [5-А].

ВЫВОДЫ ПО ГЛАВЕ 2

1. Установлено, что южные реки Таджикистана – Вахш, Пяндж, Кафирниган и их притоки – протекают в условиях высокогорного рельефа, резко континентального климата и значительной высотной поясности, что формирует их характерный гидрологический режим и специфику гидрохимического состава вод.

2. Климатические условия бассейнов характеризуются ярко выраженной сезонностью осадков и температур. Основная часть годового стока формируется в весенне-летний период за счёт таяния сезонного снежного покрова и ледников. Зимний период отличается минимальными расходами воды и преобладанием подземного питания.

3. Для исследуемых рек установлен смешанный тип питания с преобладанием снегово-ледникового, что обуславливает высокую межгодовую и внутригодовую изменчивость водных расходов. Максимальные значения стока наблюдаются в период с июня по август, минимальные – с декабря по февраль.

4. Показано, что гидрологический режим рек напрямую влияет на формирование гидрохимических характеристик, поскольку изменение расходов воды определяет степень разбавления растворённых веществ и интенсивность взаимодействия воды с горными породами.

5. Геологическое строение бассейнов, представленное преимущественно карбонатными, силикатными и сульфатсодержащими породами, является

одним из ключевых факторов, формирования ионного состава вод, особенно в периоды межени, когда возрастает роль подземного питания.

6. Антропогенная нагрузка в пределах южных рек Таджикистана проявляется неравномерно и связана главным образом с ирригационным водопользованием, гидроэнергетикой и деятельностью населённых пунктов, что может усиливать сезонную трансформацию химического состава воды, особенно в нижних участках рек.

7. В целом природно-географические и гидрологические условия южных рек Таджикистана обуславливают выраженную сезонную изменчивость качества воды, что требует комплексного подхода к её гидрохимической оценке и обоснования необходимости долгосрочного мониторинга.

ГЛАВА 3. ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

3.1. География, гидрогеология, ледники и водные ресурсы Южного Таджикистана

К Южному Таджикистану относятся Вахшская долина и частично Гиссарская и Хатлонская группы районов областного центрального подчинения.

В рассматриваемую область входят предгорья Гиссарского и Каратегинского хребтов, частично предгорья Вахшского хребта. Среднегорные части этих хребтов отделяют область от Центрального и Восточного Таджикистана. На западе границей области служит хребет Баба-Таг, на юге пограничные реки Аму-Дарья и Пяндж.

Южный Таджикистан по природным условиям отличается от Северного Таджикистана. Его территория в геологическом отношении представляет также молодую (мезо кайнозойскую) впадину, получившую название Таджикской, депрессия. По периферии области на севере и востоке проходят тектонические разломы, которыми она резко отделяется от Гиссарского и Дарвазского хребтов.

В отличие от высокогорных районов республики Южный Таджикистан состоит из низких горных хребтов и обширных котловин. Важнейшие хребты тянутся в юго-восточном или южном направлении.

От Каратегинского хребта ответвляется пучок горных складок, в который входят горы Ренган-Тау, Гардани-Ушти, Ак-Тау, хребет Баба-Таг и др., от Вахшского хребта отходят несколько горных цепей.

Между горными хребтами располагаются котловины со значительными плоскими или волнистыми, иногда наклонными лёссовыми равнинами. Важнейшие из них: Гиссарская, Нижне-Вахшская, Нижне-Кафарниганская, Фархарская, Кулябская, Яванская, Дангаринская, Муминабадская и Ховалингская. Они располагаются на высоте 300 – 400 до 1200 метров над уровнем моря. Составляя значительно меньше половины всей территории

области, лёссовые равнины представляют наиболее экономически развитые территории, в которых размещены основные хлопковые поля, сады и виноградники. «...Географический облик региона определяют горные хребты и межгорные впадины южного Таджикистан, среди них: Гиссарская, Нижне-Вахшская, Нижне-Кафарниганская, Фархарская, Кулябская, Яванская, Дангаринская, Муминабадская и Ховалингская, которые являются основными районами сельскохозяйственного развития» [86, с.154].

В предгорьях располагается пояс лёссовых холмов и гряд – адыров сравнительно мягких очертаний. Адыры составляют переходную полосу между хребтами и равнинами. Они по форме делятся на сопочные и грядовые, а по крупности форм на мелкие и средние. Мелкие адыры часто бывают очень расчлененными и, в земледелии не используются, пригодны только в качестве зимних и весенних пастбищ. Средние адыры представляют округлые сопки или вытянутые гряды. Богарные посевы находятся в основном на средне сопочных адырах. Более расчлененные средне грядовые адыры обычно служат в качестве пастбищ.

В Южном Таджикистане часто встречаются также низкогорные гряды, имеющие один крутой, другой пологий склоны. Исключительное распространение в этих горах имеют поверхности выравнивания. Благодаря им рельеф носит ярусный, иногда ступенчатый характер. Возвышенности нередко имеют сглаженные водоразделы или представляют плато. Особенно много плато встречаются в восточной части области. Форму плато имеет и соляный купол Ходжа Сартис, поверхность которого представлена воронкообразным рельефом. «...Характеризуя географию и водные ресурсы Южного Таджикистана, необходимо выделить бассейны реки Вахш и Кафирниган, которые являются источниками орошения и гидроэнергетики в данных регионах, обладая значительным запасом, формирующимся в высоких зонах» [87, с.214].

Соляные купола состоят из смеси NaCl и гипса и с поверхности покрыты лёссами и лессовидными суглинками.

Климат данной местности характеризуется длительными жаркими и засушливыми периодами, а также более короткими холодными и влажными периодами. В границах региона погодные условия колеблются в ограниченных рамках. На равнинных территориях, достигших высоты до 1200 метров над уровнем моря, в июле, средний показатель температуры воздуха обычно превышает 23 градуса Цельсия. Самые низкорасположенные равнины в этот месяц демонстрируют среднюю температуру около 30 градусов Цельсия.

В зимний период наблюдаются незначительные заморозки. На равнинных территориях снежный покров сохраняется всего лишь пару-тройку дней. На большинстве участков данной местности среднемесячные температуры не опускаются ниже нуля, кроме восточных областей и возвышенных горных массивов.

В предгорных районах Гиссарского и Дарвазского горных массивов летние месяцы отличаются умеренной жарой и засушливостью, тогда как зимний период характеризуется низкими температурами и повышенной влажностью.

В областях с искусственным поливом летние месяцы характеризуются высокой температурой, иногда достигающей экстремальных значений, тогда как зимний период отличается низкими температурами, хотя они несколько выше по сравнению с предгорными районами.

Все котловины и долины Южного Таджикистана по природным условиям удобны для развития хлопководства и разведения различных субтропических культур. Наиболее жаркими являются Нижне-Кафирниганская, а также Нижне-Вахшская долины (южные части Шартузского, Пянджского и Кумсангирского районов), где средняя месячная температура в июле превышает 35°C. «...Наиболее засушливыми и жаркими являются Нижне-Кафирниган, а также Нижне-Вахшская долины, где среднегодовые температуры воздуха и

продолжительность вегетационного периода достигают максимальных значений для всей территории республики» [88, с. 34].

По количеству тепла выделяются Бахтарское, Пархарско-Кулябская и Дангаринская равнины, где средние температуры июля достигают 30–32 °С. Очень тепло также в Яванской долине, однако водные ресурсы там ограничены.

В Гиссарской долине наиболее теплой является западная часть (Регарский район) и предгорные районы города Вахдата, где средняя температура июля превышает 28 °С.

Распределение осадков играет ключевую роль в формировании растительного покрова, так как тепла повсеместно достаточно. Северная часть исследуемой территории (север бассейна рек) получает 600–1000 мм осадков в год, тогда как южная часть (юг бассейна рек) характеризуется значительно меньшим количеством осадков – менее 600 мм, а на большинстве равнин юга Таджикистана – всего 400–140 мм в год. При этом южные территории практически полностью орошаются, поэтому естественные осадки здесь играют второстепенную роль. «...Основные климатические характеристики, температура воздуха и режим выпадения осадков в южных регионах зоны воздействия аридных масс ветра, что обуславливает продолжительное сухое лето и мягкую зиму» [89, с. 86].

Гиссарская, Яванская, Дангаринская, Пархарско-Кулябская равнины по количеству осадков принадлежат к степному поясу.

3.2. Географическое положение и климатические условия бассейна реки

Кафирниган

Ещё одна ключевая водная артерия южного Таджикистана — река Кафирниган. Она берет начало на склонах Гиссарского хребта на высоте свыше 4000 метров над уровнем моря и снабжает большим количеством воды региональные экосистемы. Проходя через узкие ущелья и высокогорные зоны, она формирует живописные природные ландшафты и играет важную роль в питании окружающей флоры и фауны. Карта бассейна реки Кафирниган

отражает гидрографическую сеть от истока до её впадения в реку Пяндж, включая притоки и ключевые районы водопользования. Однако сезонные колебания уровня воды создают как возможности, так и вызовы для региона. Зимой ледяной покров затрудняет использование речной воды местными жителями. Летом повышенная температура активизирует таяние снега в горах, приводя к сильному увеличению речного стока, особенно в июле-августе. Это явление подчеркивает сложную взаимосвязь между географическими характеристиками территории, климатом и человеческой деятельностью. «В данном разделе представлена схема расположения бассейна реки Кафирниган на территории Таджикистана, иллюстрирующая гидрографическую сеть от верховьев в Гиссарском хребте до впадения в р.Пяндж, с указанием основных притоков и водохозяйственных участков» [90, с.84].

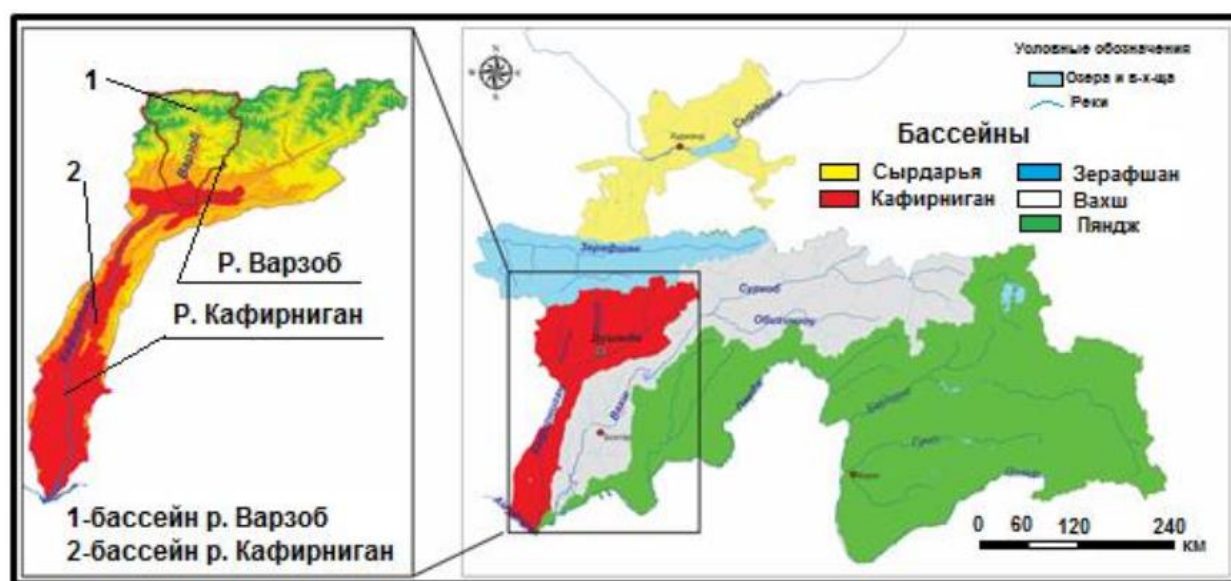


Рисунок 3.1. - Схема расположения бассейна реки Кафирниган на территории Таджикистана

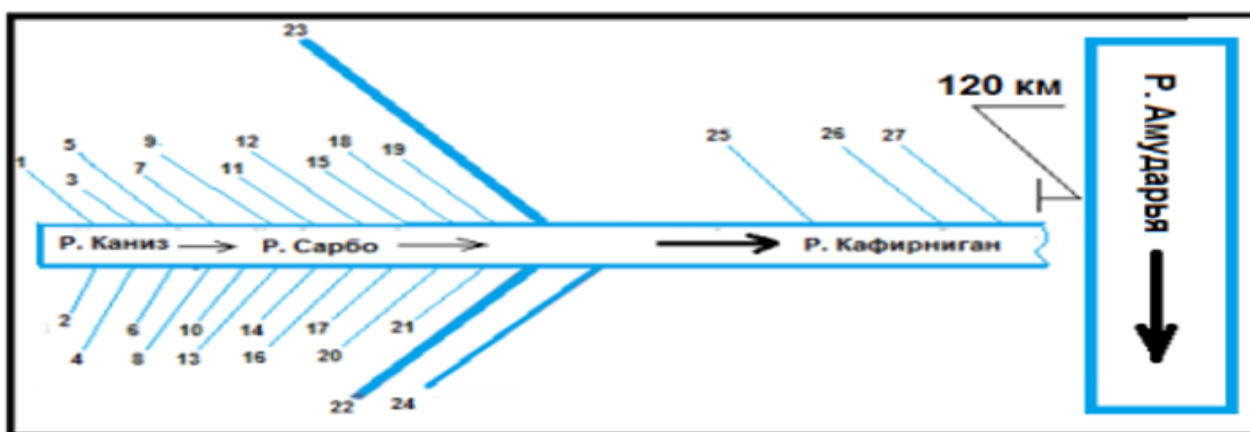
В среднем течении река проходит через более широкие предгорные долины, где течение становится менее бурным и более спокойным, что создает благоприятные условия для сельского хозяйства. Находясь вблизи границы с Узбекистаном, в этой части река достигает равнинной территории.

Бассейн реки Кафирниган в административном делении, охватывает несколько районов, включая Раштскую долину, а также такие города, как Душанбе, Вахдат и Турсунзаде. В связи с этим, река является важным водным ресурсом не только для местного населения, но и для экономики всего региона. Площадь водосборного бассейна реки Кафирниган достигает примерно 11600 км², а общая длина реки составляет около 387 км. Тем самым подчеркивается значимость р. Кафирниган как источника воды для сельского хозяйства, промышленности и бытового водоснабжения.

«...Рассматривая бассейн реки Кафирниган в административном делении, следует отметить, что он рассматривает несколько округов, включая территорию республиканского подчинения, и границы с бассейнами рек Вахш и Сурхандарья, охватывая в том числе предгорье, приближающееся к Раштской долине, где направляются его верхние притоки» [91, с.245].

Площадь бассейна реки Кафирниган составляет 11600 км², а длина - 387 км. Река берёт свои истоки двумя источниками с южных склонов (из ледников) Гиссарского хребта и протекает по долине Гиссар. В основном питание - снеговое. Расход воды в устье в среднем за год составляет 156 м³/сек. Средняя годовая мутность воды свыше 1500 г/м³ (низовье). Притоки: реки Варзоб, Ханака, Каратаг – справа; река Иляк – слева и т.д. (рис. 3.2). Воды используются для орошения. В низовьях берега покрыты камышом и тугайными лесами.

Климатические условия в бассейне реки Кафирниган можно характеризовать как резко континентальные. Это означает, что здесь наблюдаются значительные сезонные колебания температуры и осадков. В районе расположения реки Кафирниган формирование климата происходит в зависимости от рельефа местности, широтного положения и циркуляционных процессов. В совокупности все эти элементы создают уникальные климатические условия, которые оказывают влияние на экосистему региона.



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

Рисунок 3.2. - Гидрографическая схема бассейна р. Кафирниган.

«...В представленном разделе приведена детальная гидрографическая схема бассейна реки Кафирниган, включающая ее основные притоки – Варзоб, Ханака и Иляк, а также сеть ирригационных водоемов, определяющих водный баланс долины» [92, с.82].

В результате могут возникать наводнения, а также заиление русла реки. Добавим к этому сезонное загрязнение, связанное со стоком удобрений и пестицидов с сельскохозяйственных угодий, после сильных осадков.

Растительный покров играет ключевую роль в регулировании этих процессов. В горных районах леса и луга удерживают почву, способствуют поглощению воды и регулируют ее поступление в реку, помогая выравнять уровень воды. Однако по мере снижения высоты рельефа растительность сменяется полупустынными и сельскохозяйственными ландшафтами.

Активное использование химических удобрений и пестицидов на полях в низинах является основным источником антропогенного загрязнения. Эти вещества, попадая в воду через стоки или дождевые потоки, могут накапливаться в водной среде, отрицательно сказываясь на экосистеме реки, качестве питьевой воды и здоровье населения. Кроме того, воздействие

человека в сочетании с глобальными изменениями климата усилило нагрузку на эту водную систему в последние десятилетия.

Рост среднегодовой температуры ускоряет процесс таяния ледников и уменьшает объем снежного покрова, что изменяет гидрологический режим реки. Летом ситуация особенно острая, так как тогда возникает риск нехватки воды. Еще одним фактором воздействия являются интенсивное использование водных ресурсов для орошения сельхозугодий и снабжения городов, а также строительство плотин и различных гидротехнических сооружений. Последние направлены на регулирование водного потока, однако их наличие нарушает естественные процессы в экосистеме реки и создает препятствия для обитателей водной среды.

Таблица 3.1. - Среднемесячные температуры воздуха на ключевых метеостанциях в бассейне реки Кафирниган

ГМС	Месяцы											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Файзаба д	1,21	2,37	8,29	13,85	18,6 5	23,2	26	25,2	20,1 5	15,1	8,9	3,4
Майхур а	-6,8	-3,8	0,45	6,25	11,9 5	65,8 5	18,7 5	18,2 5	14,3	7,88	1,1	-5
Душанб е	3,49	5,36	11,6 8	16,8	21,2 2	26,3 6	28,4 3	27,1	22,2 8	15,3 7	9,55	5,1 6
Исанбай	3,91	6,16	12,5 5	17,69	23,3 4	28,8 3	31,2 8	30,3 5	24,1 2	17,2 3	10,1 4	4,8
Айвадж	5,06	6,12	13,1	19,46	23,8 1	30,1 1	32,6 5	30,8	25,1 2	17,7 5	10,6 3	5,2
Ходжа Оби гарм	-3,1	-1,4	2,1	8,2	13,7	18,0	22,1	21,7	17,3	10,4	4,2	-0,1

«...В разделе метеорологические наблюдения по центральному региону республики измеряются средние температуры воздуха на основных метеостанциях в бассейне Кафирнигана, включая данные на станциях Душанбе, Яван и Айвандж за весь период наблюдений» [93, с. 118].

В связи с этим река Кафирнигон остаётся важным объектом для научных исследований и мер по охране окружающей среды. Эффективное управление её

ресурсами служит значимым фактором для устойчивого развития региона и повышения жизненных стандартов местного населения.

Осадки играют критическую роль в поддержании водного баланса региона. Их количество варьируется в зависимости от высоты: в горных районах выпадает от 800 до 1641 мм ежегодно, тогда как на равнинах этот показатель значительно ниже — всего 200–300 мм в год. Наибольшее количество осадков приходится на весну и осень, с пиком в марте и апреле. Однако летние месяцы часто характеризуются засушливыми условиями, что усиливает необходимость рационального подхода к управлению водными ресурсами.

Большая часть осадков выпадает в период с весны до осени, достигая пика в марте и апреле. Летом количество осадков минимально, и в некоторых регионах может наблюдаться засуха. «...В представленных таблицах приведены среднemesячные температуры воздуха по основным метеостанциям бассейнов Кафирнигана, таким как Душанбе, Анзоб и Шаартуз, что позволяет отслеживать динамику термического режима от высоких до южных изменений» [94, с.148].

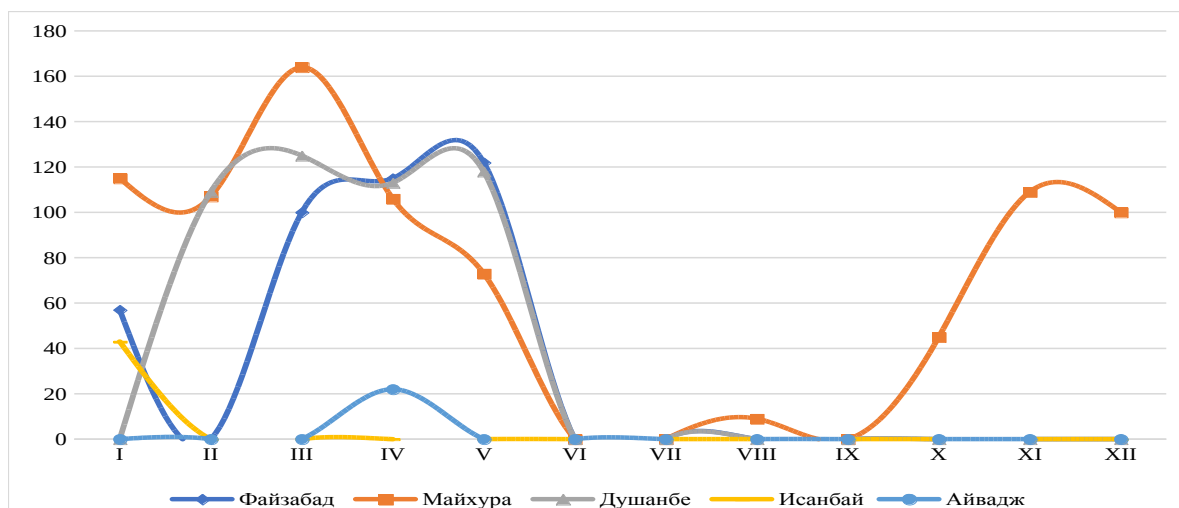


Рисунок 3.3. - Среднemesячное распределение осадков в зависимости от различной высотной зоны бассейна р. Кафирниган

Для низинных районов характерно высокое испарение, вызванное высокими летними температурами и интенсивным солнечным излучением.

В этом регионе испарение достигает 1000-1500 мм в год, что значительно превышает количество осадков. Этот дисбаланс приводит к недостатку влаги, особенно летом, что необходимо учитывать при изучении сезонных изменений состава поверхностных вод.

«...Гидрологические характеристики бассейна включают среднемесячные значения расходов воды в реке Кафирниган, которые демонстрируют выраженную сезонность с максимумом в период весенне-летнего снеготаяния и устойчивым минимумом в зимние месяцы» [95, с.74].

Режим стока реки Кафирниган в основном определяется таянием снега и ледников, а также осадками. Вода в реке образуется за счет:

- таяния снега и ледников, вызывающего весенние и летние паводки (с апреля по июнь);
- дождевой воды, являющейся основным источником воды, главным образом в осенние и весенние месяцы;
- пополнения грунтовых вод, хотя и менее интенсивного, но обеспечивающего основной источник воды зимой.

Половодье начинается в марте и достигает пика в мае-июне, затем происходит постепенное снижение уровня воды. Согласно табл.3.2 наименьшие расходы по р. Дагане фиксируются в октябре, ноябре, январе и феврале.

Таблица 3.2. - Среднемесячные значения расходов воды в реке Кафирниган (по данным многолетних наблюдений), м³/с

ГП	Месяцы											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Дагана	10,8	13,8	72,5	109	109	74,9	39,4	19,5	15,9	13,9	11,9	43,7
Тартки	55,7	108	172	382	450	405	307	158	107	110	125	117

«...Для анализа гидрологического режима обеспечить среднемесячные температуры воздуха на ключевых метеостанциях бассейна Кафирнигана, что необходимо для расчета эффективности снеготаяния и прогнозирования запаса в весенне-летний период» [96, с.92].

В верховьях и притоках река характеризуется быстрым течением и малой минерализацией воды, тогда как в нижнем течении наблюдается рост солесодержания и снижение скорости потока, особенно в период низкого водного стока (рис. 3.4).

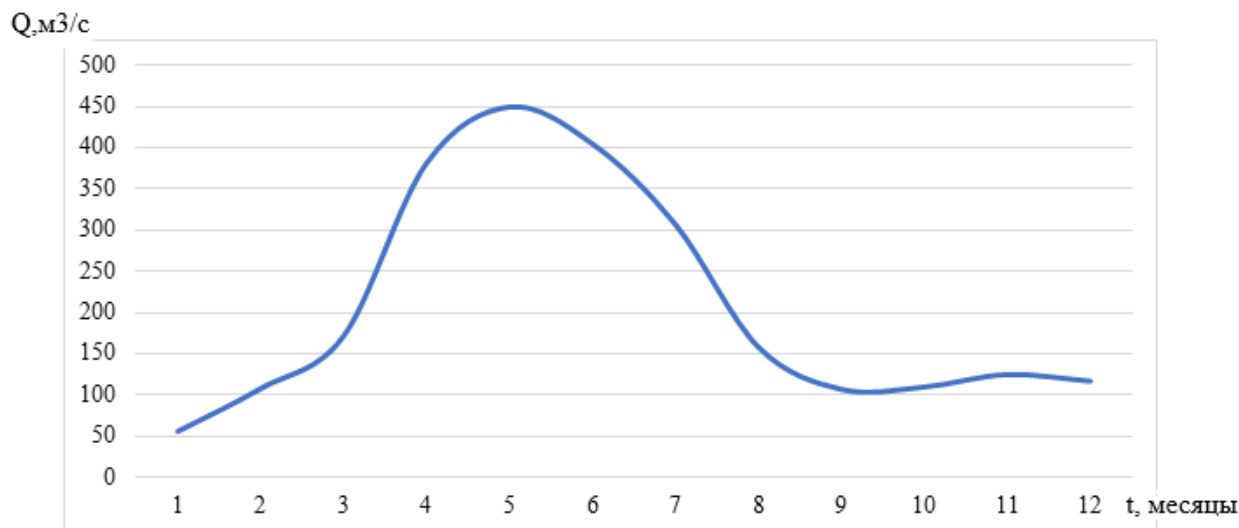


Рисунок 3.4. - Годовая кривая стока реки Кафирниган.

«...Анализ гидрологического режима показывает, что годовая кривая стока реки Кафирниган имеет типичный для горных рек вид с резким подъемом в весенне-летний период и продолжительностью зимней меженью, что отражает исключительно снежное и ледниковое питание бассейна» [97, с.92].

Ледники выполняют важную функцию в поддержании водного баланса реки, особенно в летний период, когда их таяние компенсирует недостаток осадков (табл. 3.3).

Если бы не они, летом уровень воды значительно снижался бы, что могло бы повлечь серьезные экологические и социально-экономические проблемы, включая ограничение доступа к воде. Тем не менее крутые склоны в предгорьях создают условия для ускоренного поверхностного стока, что приводит к эрозии почвы и переносу загрязняющих веществ в реку. Особенно активно этот процесс происходит весной, во время таяния снега и обильных дождей.

Интенсивное использование водных ресурсов для сельскохозяйственного орошения и водоснабжения населенных пунктов также оказывает значительное влияние на течение реки.

Таблица 3.3. - Основные антропогенные источники воздействия на водные ресурсы бассейна р. Кафирниган.

Источник воздействия	Характер воздействия	Примеры объектов
Сельское хозяйство	Сброс сточных вод с остатками удобрений и пестицидов	Ирригационные системы, фермерские хозяйства
Промышленность	Загрязнение тяжёлыми металлами, нефтеотходами	Заводы, нефтебазы, промышленные зоны
Коммунально-бытовые сточные воды	Микробиологическое и органическое загрязнение	Канализационные сбросы из городов и посёлков
Горнорудная деятельность	Загрязнение вод рудными остатками, тяжёлыми металлами	Карьеры, обогатительные фабрики
Строительство и инфраструктурное развитие	Уменьшение фильтрационных способностей водоносных горизонтов	Дороги, плотины, застройка берегов
Лесозаготовка и вырубка	Повышение эрозии почв, заиление русел рек	Незаконные и неустойчивые вырубки
Туризм и рекреация	Локальное загрязнение, сброс мусора и бытовых отходов	Зоны отдыха, кемпинги

Строительство плотин и гидротехнических сооружений, хотя и направлено на регулирование водного потока, может изменить естественный режим течения реки, нарушая экосистемы и изменяя среду обитания водных организмов. Загрязнение вод сточными водами промышленных и сельскохозяйственных предприятий ухудшает качество воды, внося в нее тяжёлые металлы, нефтепродукты и другие вредные вещества.

В итоге, все эти факторы – рельеф, растительность, сельскохозяйственная деятельность, глобальное потепление и развитие инфраструктуры – оказывают комплексное воздействие на водные ресурсы бассейна реки Кафирниган. [98]

Наиболее критичным является сочетание этих воздействий, особенно в период летне-осеннего маловодья, когда отсутствует разбавляющее действие паводковых вод, и концентрация загрязняющих веществ достигает максимальных значений. Обеспечение устойчивого водопользования в бассейне Кафирнигана требует внедрения комплексной стратегии управления. Данная стратегия предполагает рациональное водопользование, интеграцию природосберегающих технологий в аграрный сектор, формирование защитных лесных насаждений и регулирование антропогенного прессинга на речную экосистему [99].

3.3. Гидрологическая характеристика бассейна реки Кафарниган

Протяженность реки Кафирнигон составляет около 387 километров, что делает ее важным гидрологическим объектом в регионе, где вода является ценным ресурсом. Водосборный бассейн площадью 11 600 квадратных километров поражает своим масштабом и разнообразием природных зон — от суровых заснеженных вершин Гиссарского хребта до спокойных равнинных участков. На территории Таджикистана расположено около 250 километров длины реки, что подчеркивает значительный вклад этой страны в формирование ее водного режима. [100].

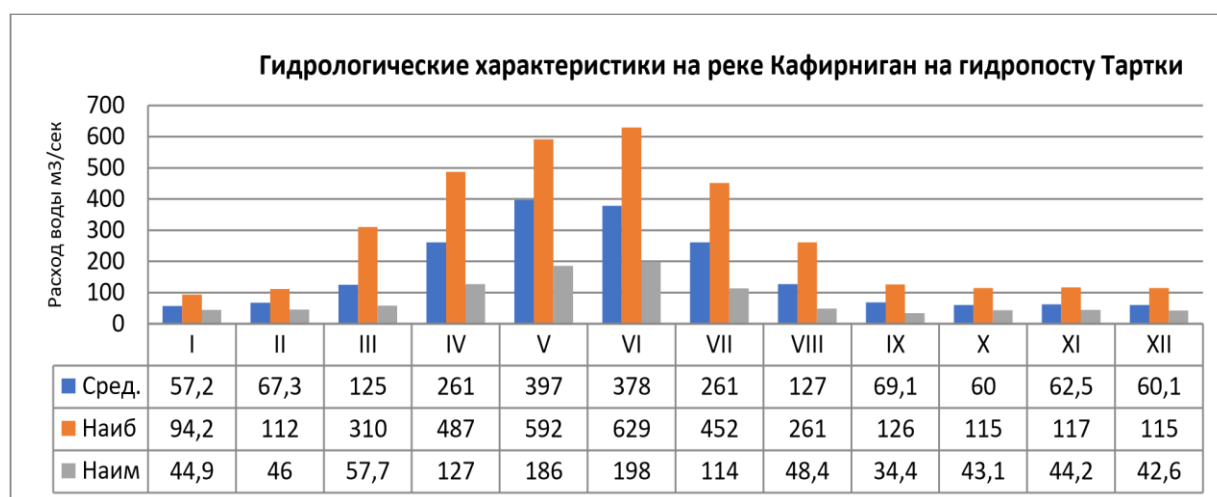


Рисунок 3.5. - Гидрографическая карта бассейна реки Кафирниган с указанием основных притоков и гидрологических постов.

Река берет начало высоко в горах, в западной части хребта Гиссар, среди крутых скал и заснеженных вершин. В верхнем течении р. Кафирниган предстает перед нами как типичная горная река – бурная, быстрая, с узким, извилистым руслом, прокладывающим себе путь через скалистые ущелья. Здесь, в царстве горных ледников и снежников, основным источником питания реки является талая вода, обеспечивающая мощный весенний паводок. Река несет в себе мощь горных потоков, её воды кристально чисты и ледяны. Крутые склоны гор, окаймляющие русло, создают живописные пейзажи, привлекающие туристов и исследователей [101, 102].

Спускаясь с возвышенностей, река постепенно трансформируется, переходя от горного характера к равнинному. На этих участках русло расширяется, а течение, сохраняя мощь, становится менее бурным. Равнинный ландшафт отличается сглаженным рельефом, наличием пойм и террас. Здесь, помимо основного снегового и ледникового питания (особенно выраженного весной), значительную роль начинает играть дождевое.

Река Кафирниган впадает в Амударью на границе с Узбекистаном, образуя величественное слияние двух крупных водных артерий. Этот гидрологический узел имеет ключевое региональное значение.

Бассейн р. Кафирниган характеризуется развитой гидрографической сетью с многочисленными притоками. Среди левых выделяются Вахшдора, Варзоб, Лахш и Элок, а среди правых – Каратаг и Ширкент. Эти притоки, особенно горные, существенно пополняют реку, особенно в период весеннего половодья. Их водность сильно колеблется в течение года, достигая максимума весной и летом за счет таяния высокогорных снегов и ледников. Детальные характеристики притоков (длина, площадь бассейна, среднегодовой сток) представлены в таблице 3.4 [103, 104].

Таблица 3.4. - Гидрографическая сеть бассейна реки Кафирнигана.

Левая сторона	Правая сторона
Вахшдора	Варзоб

Продолжение таблицы 3.4

Лахш	Элок
	Каратаг
	Ширкент

Река Кафирниган получает питание преимущественно смешанного типа, где доминируют снеговые и ледниковые источники. Снеговое питание играет ключевую роль в верхнем течении, обуславливая интенсивные весенние половодья. Ледниковый сток, в свою очередь, обеспечивает поддержание водности реки в летний период, компенсируя снижение атмосферных осадков за счет таяния ледников (табл. 3.5). [105].

В нижнем течении реки к снеговому и ледниковому питанию добавляется дождевое, хотя его роль все же менее значительна, чем в верхнем течении.

Этот смешанный тип питания определяет специфический гидрологический режим реки Кафирниган, с ярко выраженным весенним половодьем и сравнительно меньшим стоком в осенне-зимний период.

Таблица 3.5. – Основные притоки реки Кафирниган: длина, площадь бассейна, среднегодовой сток.

Река	Позиция		Расположение
	Широта	Долгота	
Сардаи миёна	38,7286	69,322	Выше образования Кафирнигана
Сарбо	38,7276	69,327	Выше образования Кафирнигана
Кафирниган I	38,4935	68,7847	1 км выше слияния с р. Варзоб
Еляк	38,479	68,7867	1 км выше впадения в реки Кафирниган
Кафирниган 2	38,4569	68,7364	3 км ниже слияния с р. Еляк
Хонако I	38,6515	68,5768	Верховье

Продолжение таблицы 3.5

Рогова	38,6498	68,5726	Слияние с р.Хонако
Хонако 2	38,5815	68,5559	Выше Гиссара
Кафирниган 3	37,2513	68,1526	Шаартуз
Кафирниган 4	36,9463	68,0413	Устье

Изучение этого режима имеет ключевое значение для эффективного управления водными ресурсами региона, для планирования оросительных мероприятий и для обеспечения потребностей населения и промышленности. Понимание особенностей гидрологии реки Кафирниган – это залог рационального использования ее потенциала и сохранения экологического баланса в этом важном регионе Центральной Азии [106].

Сезонная динамика стока реки Кафирниган демонстрирует выраженную зависимость от климатических условий и антропогенного воздействия. Ее водный режим можно разделить на четыре различных периода, каждый из которых характеризуется специфическими особенностями.

- весна: в этом времени года наблюдается интенсивные таяния снега в горных районах речного бассейна р. Кафирниган. Снежный запас, накопившийся на зиму, начинает быстро таять под воздействием температуры воздуха (когда повышается температура) и солнечной радиации. Данный процесс приводит к резкому увеличению уровня воды в отдельных частях реки. Значительная часть годового стока - от 40 до 50% - приходится на этот период. Интенсивный приток воды вызывает высокую скорость течения и увеличение объема стока. Этот период потенциально опасен из-за возможного наводнения, особенно если таяние снега происходит быстро во время внезапного потепления или сильных осадков.

- летний период (июнь-август): высокий уровень воды в реке сохраняется и летом, хотя и несколько снижается по сравнению с пиком весеннего половодья. Основным источником питания в этот период становится таяние

ледников, расположенных в верховьях реки. Значительный сток в июне и июле месяцах поддерживается обычно наиболее обильным таянием ледников. В летний период температурные колебания могут повлиять на скорость таяния ледников и, соответственно, на уровень воды в реке.

- осенний период (сентябрь-ноябрь): с наступлением осени начинается постепенное снижение уровня воды. Температура воздуха понижается, таяние ледников замедляется, и объём поступающей воды уменьшается. В октябре и ноябре наблюдается наиболее резкое падение уровня воды, что связано с окончанием ледникового питания и сокращением осадков. Этот период характеризуется относительно стабильным, но постепенно уменьшающимся стоком.

- зимний период (декабрь-февраль): зимой уровень воды в реке достигает своего минимума. Снежный покров вновь нарастает, а ледники покрываются толстым слоем льда. Основным источником питания реки в это время становится подземный сток, который формируется за счёт грунтовых вод. Доля зимнего стока составляет всего 5-10% от годового объёма. Река мелеет, её течение замедляется, и в некоторых участках может даже образовываться лёд [107,108].

Среднегодовой расход воды в среднем течении реки Кафирниган (в районе Душанбе) составляет приблизительно 47-55 м³/с. Однако, в верховьях, где преобладает ледниково-снежное питание, колебания стока значительно более выражены. В мае-июне, во время пика половодья, расход воды может превышать 100 м³/с. Река Кафирниган становится всё более чувствительной к климатическим изменениям и человеческой деятельности из-за засушливых периодов, когда осадков меньше, а ледники тают быстрее. Это приводит к значительным колебаниям уровня воды, что повышает риск дефицита водных ресурсов таянием снегов и ледников, вследствие интенсивного водозабора на нужды орошения, тревожное снижение общего годового стока реки за последние десятилетия. Причинами этого являются:

Глобальное потепление: Уменьшение снегопадов и ускоренное таяние ледников сокращают приток воды. Высокие температуры также усиливают испарение, уменьшая водные ресурсы.

Увеличение ирригации: растущий спрос как в промышленности и экономике, так и в народном хозяйстве с точки зрения роста уровня населения приводит к проблемам и повреждению нисходящего потока.

Гидротехнические сооружения: длительная эксплуатация и ухудшение инфраструктуры, требующие ремонта и выхода из строя, требуют рационального и эффективного использования.

Эрозия и оползни: в результате оползней речные воды поглощают большое количество наносов, изменяя течение воды за счет речных вод и вызывая наводнения. При этом они также наносят вред почве, вызывая эрозию [109].

Таким образом, климатические изменения и антропогенное воздействие в совокупности приводят к сокращению водоснабжения реки Кафирниган, что создает серьезные вызовы для экологии и водопользования в регионе. Для преодоления этой ситуации необходим комплексный подход к управлению водными ресурсами, включающий в себя внедрение водосберегающих технологий, оптимизацию водопользования и борьбу с эрозией почвы. Только такой всесторонний процесс может гарантировать сохранение водных ресурсов реки Кафирниган и устойчивое развитие региона.

Река Кафирниган, играющая важнейшую роль в водоснабжении Таджикистана, особенно столицы Душанбе, подвергается существенному воздействию со стороны человека. Это воздействие имеет серьезные последствия для окружающей среды и социально-экономической сферы. Естественный режим реки, характеризующийся выраженной сезонностью, был изменен из-за строительства многочисленных гидротехнических сооружений в ее бассейне [110].

Река Кафирниган обеспечивает водой регион для питья и орошения. Она является основным источником питьевой воды для Душанбе и его окрестностей, а также снабжает водой сельское хозяйство. Однако эта зависимость порождает серьезные проблемы. Летом и осенью, когда вода активно используется для орошения, уровень воды падает, что вызывает напряженность между городскими и сельскими потребителями. Конфликты из-за воды усугубляются с ростом населения и изменением климата (изменение осадков, таяние ледников), влияющим на водный баланс. Качество воды также ухудшается из-за возвращаемой оросительной воды, содержащей удобрения и пестициды, что вредит экосистемам [111].

Для эффективного решения актуальных проблем, связанных с водными ресурсами в бассейне реки Кафирниган, необходимо внедрить комплексную и структурированную стратегию управления. Эта стратегия должна предусматривать улучшение систем орошения, использование водосберегающих технологий в сельском хозяйстве, жесткий контроль за потреблением воды, регулярный мониторинг её качества, а также разработку мер по предотвращению загрязнения.

Ключевым приоритетом является проведение детального гидрологического мониторинга, который позволит глубже понять динамику реки и повысить эффективность управления водными ресурсами в условиях изменений климата и роста численности населения. Важным дополнением служит укрепление взаимодействия между различными государственными структурами и привлечение общественности к активному участию в решении вопросов управления водными ресурсами. Только всесторонний подход, объединяющий эти меры, позволит достичь рационального использования ресурсов р. Кафирниган и сохранить его экологический баланс для будущих поколений. [112].

3.4. Анализ гидрохимических показателей реки Кафирниган

Вода обладает отражающим свойством и оказывает влияние на внешний мир, включая антропогенное отношение, рациональное и экономное потребление, а также ряд факторов, влияющих на ее состав. Таяние снега и ледников добавляет в состав воды различные вещества, которые не всегда могут иметь положительный характер, растворение минералов из твердых веществ является естественным фактором и обогащает экосистему водоемов.

Основным загрязнителем воды является сам человек, который также увеличивается день ото дня из-за роста населения. Неправильное использование санитарных норм, сброс бытовых и промышленных отходов вокруг водоемов ухудшают качество воды, а загрязненная смесь на свалках неизбежно добавляется в сезон дождей, что приводит к распространению болезней [113].

Химический состав воды реки Кофарниган определен органическим и биогенным анализом ионов кальция, магния, хлоридов, гидрокарбонатов и сульфатов. Также в теплое время года повышенное испарение из-за повышения температуры и других процессов, смешивание сложных веществ в зависимости от слоев грунта в водоеме, также скопление интенсивности и глубины, может утяжелить состав воды [114].

Водородный индекс (pH) определяет кислотность или щелочность воды и оказывает существенное влияние на условия жизни водных организмов. Согласно стандартам (включая стандарты, основанные на ОСТ 15.372-87) и требованиям к составу и свойствам воды в зонах отдыха, пунктах водоснабжения и рыбных промыслах, значение pH не должно превышать диапазон 6,5–8,5 [115].

Взвешенные вещества, присутствующие в водотоках, состоят из частиц глины, песка, ила, суспендированных органических и неорганических веществ, планктона и различных микроорганизмов. Концентрация взвешенных частиц зависит от сезонных факторов и режима стока, зависит от пород, слагающих

русло, а также от антропогенных факторов, таких как сельское хозяйство, горные разработки и т.д. В соответствии с требованиями ГОСТ 2761-84 «Источники централизованного бытового и питьевого водоснабжения» к свойствам и составу воды (в водоемах) в местах бытового, питьевого и культурно-хозяйственного назначения, содержание взвешенных твердых частиц (наносы) в результате сброса сточных вод не должно увеличиваться более чем на 0,25 - 0,75 мг/дм³.

Мутность природных вод вызвана присутствием тонкодисперсных примесей, обусловленных нерастворимыми или коллоидными неорганическими и органическими веществами различного происхождения. На основе гигиенических требований (СанПиН 1.2.3685-21) к качеству питьевой воды мутность не должна превышать 1,5 мг/дм³ [116].

Показатель цветности воды, характеризующий интенсивность окраски воды и обусловленный содержанием окрашенных соединений; выражается в градусах платиново-кобальтовой шкалы. Определяется путем сравнения окраски испытуемой воды с эталонами.

Цветность природных вод обусловлена главным образом присутствием гумусовых веществ и соединений трехвалентного железа. Количество этих веществ зависит от геологических условий, водоносных горизонтов, характера почв, наличия болот вблизи бассейна реки и т.п. Предельно-допустимая величина (ПДВ) цветности в водах, используемых, т.е. для питьевых целей, согласно требованиям ГОСТ 31868-2012 «Вода. Методы определения цветности», составляет 35 градусов по платиново-кобальтовой шкале. Минерализация, представляющая собой общую концентрацию растворённых веществ, характеризует соленость воды. Жесткость воды определяется содержанием ионов кальция и магния (суммарная концентрация Ca^{2+} и Mg^{2+}), которая влияет на ее пригодность для технических целей и бытового использования. Полное представление о химическом составе воды даёт анализ ионного состава воды. К ним относятся основные катионы (Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^{+} ,

K^+) и анионы (Cl^- , SO_4^{2-} , HCO_3^-). Это детальное определение концентраций основных катионов (кальция, магния, натрия, калия) и анионов (хлоридов, сульфатов, гидрокарбонатов). [117]

Биохимическое потребление кислорода (БПК) является важным показателем уровня органического загрязнения. Высокое значение БПК указывает на наличие значительного количества органических веществ, разлагаемых микроорганизмами, которые в процессе разложения потребляют кислород. Это может привести к дефициту кислорода в воде и гибели водных организмов. Концентрации тяжелых металлов (свинца, кадмия, цинка, меди и других) являются критическими показателями, поскольку эти металлы токсичны для живых организмов и могут накапливаться в пищевых цепях. Нитраты, нитриты и аммоний являются индикаторами азотного загрязнения, часто связанного с сельскохозяйственной деятельностью. Для утверждения об антропогенном воздействии на воды и их загрязнении необходимо определить присутствие пестицидов, фенолов и поверхностно-активных веществ (ПАВ). Все эти параметры измерялись с учетом предельно-допустимых концентраций (ПДК) для питьевой воды, установленных санитарными нормами. В лабораторных условиях наряду с $BPK_{п}$ определяется BPK_5 – биохимическая потребность в кислороде за 5 сут. В поверхностных водах значения BPK_5 изменяются обычно в пределах 0,5-4 мг $O_2/дм^3$ и подвержены сезонным и суточным колебаниям. Сезонные колебания зависят в основном от изменения температуры и от исходной концентрации растворенного кислорода [118].

Для оценки пространственной изменчивости гидрохимического состава воды (табл. 3.6) в бассейне реки Кафирниган были отобраны пробы воды в четырех различных точках:

- участок 1 (Верхнее течение, район Варзоба): этот участок характеризуется относительно нетронутой природой, и ожидается, что влияние антропогенных факторов здесь минимально. Образцы воды, собранные в этом районе, послужат базой для сравнения с другими точками отбора.

- участок 2 (среднее течение, Душанбе): в Душанбе, крупном городе, ожидается сильное антропогенное воздействие (сточные воды, промышленные выбросы). Анализ проб здесь показал степень влияния человека на воду.

- участок 3 (нижнее течение, Турсунзаде): (здесь какая речка?) этот участок также испытывает антропогенное давление, возможно, меньшее, чем в Душанбе. Сравнение данных с участков 2 и 3 показал, как меняется качество воды вниз по течению.

- участок 4 суточные и сезонные колебания температуры воды, как на поверхности, так и в глубинных слоях, зависят от объёма поступающего тепла извне, а также от интенсивности и глубины перемешивания гидросферы [120].

Предоставленные данные были подвергнуты статистическому анализу с учетом гидрохимических показателей и мест отбора проб. Это позволит определить масштаб и характер загрязнения, а также предложить меры по улучшению качества воды в бассейне реки Кафирниган. Итогом исследования станет комплексный анализ, объединяющий все собранные данные для полноценного понимания гидрохимического состояния реки и разработки стратегий решения экологических проблем в регионе.

Таблица 3.6. - Список гидрохимических показателей, отобранных для анализа, с единицами измерения и предельно допустимыми концентрациями (ПДК) для питьевой воды [119].

Наименование показателя	Единица изм.	Норматив	Метод испытания
Водородный показатель, pH			
		6,0-9,0	Измеряется при pH-метре любой модели со стеклянным электродом с погрешностью измерений, не превышающей 0,1рН
Железо (Fe)	мг/дм ³ , не более	0,3	По ГОСТ 4011-72
Жёсткость общая	моль/м ³ , не более	7,0	По ГОСТ 4151-72
Марганец (Mn)	мг/дм ³ , не более	0,1	По ГОСТ 4974-72
Медь (Cu ²⁺)	мг/дм ³ , не более	1,0	По ГОСТ 4388-72
Полифосфаты остаточные (PO ³⁻ ₄)	мг/дм ³ , не более	3,5	По ГОСТ 18309-72
Сульфаты (SO ²⁻ ₄)	мг/дм ³ , не более	500	По ГОСТ 4389-72

Продолжение таблицы 3.6

Сухой остаток	мг/дм ³ , более	не	1000	По ГОСТ 18164-72
Хлориды (СГ)	мг/дм ³ , более	не	350	По ГОСТ 4245-72
Цинк (Zn ²⁺)	мг/дм ³ , более	не	5,0	По ГОСТ 18293-72
Запах при 20 ⁰ С и при нагревании	балы, более	не	2	По ГОСТ 3351-74
Вкус и привкус при 20 ⁰ С	балы, более	не	2	По ГОСТ 3351-74
Цветность,	градусы, более	не	20	По ГОСТ 3351-74
Мутность, по стандартной шкале	мг/дм ³ , более	не	1,5	По ГОСТ 3351-74

Основные сезонные изменения гидрохимии вод налицо. Полевые исследования проводились в течение четырех сезонов: зимой, весной, летом и осенью [121]. Весна (март–май), это период активного таяния снега и ледников вызывает значительный прирост стока воды, что способствует снижению минерализации и концентрации ионов. Соленость уменьшается на 20-30% по сравнению с зимним уровнем (например, минерализация воды реки Вахш снижается до 320 мг/л, Панджа – до 290 мг/л). Уровень жесткости также падает за счет уменьшения содержания кальция и магния. Важно отметить, что рН воды остается стабильным в диапазоне от 7,2 до 7,4, что создает благоприятные условия для хозяйственного использования воды.

Весна является оптимальным временем для экономичного потребления водных ресурсов благодаря их улучшенным качествам. Лето (июнь–август) характеризуется интенсивным таянием ледников, что приводит к пиковому водотоку, в результате чего минерализация достигает минимальных значений: для реки Вахш она составляет 280 мг/л, для р. Пандж – 250 мг/л, для р. Кафирниган – 270 мг/л. Концентрация ионов кальция (Ca²⁺) и магния (Mg²⁺) снижается, что способствует уменьшению общей жесткости воды. Уровень рН слегка понижается до 7,1–7,3. Химический состав воды в этот период наиболее

благоприятен как для орошения, так и для бытового применения, а повышенное водопотребление снижает риск накопления токсичных элементов. [122]

- Осень: умеренные концентрации, постепенное снижение уровней загрязняющих веществ.

- Зима: наблюдается низкий расход воды и высокая концентрация растворённых веществ из-за слабого разбавления.

Индекс загрязнения воды (ИЗВ). Расчет индекса водопотребления для поверхностных вод выполняется только для строго ограниченного числа компонентов. Результаты анализа по каждому показателю усредняются (определяется среднее арифметическое). Количество анализов, необходимых для определения среднего арифметического, должно составлять не менее четырех [123, 124].

Данный индекс (индикатор) является типичным аддитивным коэффициентом и представляет собой среднее значению превышения предельно допустимой концентрации загрязняющих веществ (ПДК) для строго ограниченного числа отдельных компонентов:

$$ИЗВ = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{C_i}{ПДК_i}$$

C_i – измеренная концентрация i -го вещества;

$ПДК_i$ - предельно допустимая концентрация для питьевой воды;

n – число показателей.

Предполагаем, что показатель биохимического потребления кислорода (БПК₅) является суммарным показателем наличия легкоокисляемых органических веществ. С увеличением содержания окисляемых органических веществ качество воды ухудшается более резко (содержание растворенного кислорода уменьшается), МАК для этих показателей определяется на основе таблиц 3.7 и 3.8 [125].

Таблица 3.7. - ПДК для показателя БПК₅

Потребление O ₂ , БПК ₅	Величина мгO ₂ /л, принимаемая за норматив
До 3 мгO ₂ /л включительно	3
От 3 до 15 мгO ₂ /л	2
Свыше 15 мгO ₂ /л	1

Таблица 3.8. - ПДК для растворенного кислорода

Доля растворенного O ₂ , мг/л	Величина мгO ₂ /л, принимаемая за норматив
Свыше 6	6
6...5	12
5...4	20
4...3	30
3...2	40
2...1	50
1...0	60

Для определения класса качества воды используются данные, представленные в таблице 3.9 [126].

Таблица 3.9. - Оценка класса качества 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

При расчёте индекса загрязнения вод (ИЗВ) для совокупности нормируемых показателей, включая водородный показатель рН, биохимическое потребление кислорода за 5 суток (БПК₅) и концентрацию растворённого кислорода, определяют отношением фактической концентрации каждого компонента (C_i) к соответствующей предельно допустимой концентрации (ПДК).

Полученные приведённые концентрации упорядочивают по убыванию. Значение ИЗВ рассчитывают на основе шести показателей с наибольшими величинами независимо от превышения ПДК. Устанавливается требование, чтобы индексы загрязнения воды сравнивались для водных объектов одной

биогеохимической провинции и сходного типа, в разные периоды времени и на разных участках течения, а также с учетом фактической водности текущего года [127].

Качество воды рек бассейна р. Кафирниган в рассматриваемый период в целом характеризуется как очень чистое (I класс качества), при этом на отдельных участках водотоки относятся ко II классу (чистые воды) [128].

Вместе с тем по показателю минерализации качество воды варьирует в диапазоне от I до III классов, а по содержанию органических веществ – от I до IV класса, что свидетельствует о неоднородности гидрохимических условий в пределах бассейна. Указанные обстоятельства обуславливают необходимость проведения детальных и дифференцированных исследований качества воды данного бассейна. С учётом выраженной сезонной изменчивости гидрохимических показателей для получения репрезентативной оценки состояния водотоков недопустимо ограничиваться анализом единичной пробы воды (табл. 3.10) [129].

- физическое и географическое (топография, геология, климат, выветривание, почвенный покров);

- геологические (состав пород, гидрогеологические условия, тектоническая структура): Карбонатные породы обуславливают высокие значения гидрокарбонатов и кальция.

- климатические условия: Засушливый климат способствует испарению и накоплению солей.

- городское водопользование: сбросы из коммунальных и промышленных источников, особенно в Душанбе. Стандарты сброса бытовых сточных вод принимаются равными 80-90% от стандарта водопотребления, поскольку 10-20% воды никогда не попадает в канализационную систему. Естественно, эти стандарты являются приблизительными и могут значительно варьироваться в зависимости от климатических и социально-экономических условий.

Таблица 3.10. - Факторы формирования химического состава поверхностных вод в бассейне реки Кафирниган

Факторы формирования и результаты их воздействия	Атмосферные осадки (дождь, снег)	Поверхностные воды (реки, ручьи, озера, болота)	Подземные воды
Прямые факторы формирования	Почвы, породы, растения, соли с поверхности снега, газы, пыль и др.	Атмосферные осадки, почвы, породы, растения, под земные воды, сточные воды	Поверхностные воды, почвы, породы, физико-химические процессы
Результаты воздействия прямых факторов на состав воды	Переход в растворимое состояние солей	Поступление химических веществ в различных формах	Поступление химических веществ в растворенной форме
Косвенные факторы формирования	Климат	Климат, рельеф, растительность, водный режим	Климат, рельеф, геологические условия
Результат воздействия косвенных факторов на состав воды	Обогащение атмосферных осадков химическими веществами в различных концентрациях в зависимости от климатических условий и интенсивности антропогенного воздействия	Дифференциация поступления химических веществ в поверхностные воды во времени	Изменение химического состава воды по минерализации

- гидротехнические сооружения: задержка стока, застой воды, изменение процессов самоочищения [130].

Следствием антропогенного загрязнения, обусловленного избыточным поступлением с водосборной площади биогенных элементов, прежде всего соединений фосфора и азота, является интенсивное развитие отдельных видов цианобактерий (явление «цветения» воды), сопровождающееся увеличением продукции органического вещества. Факторы формирования химического

состава поверхностных вод в бассейне р. Кафирниган представлены в таблице 3.10.

Исследования химического состава воды в бассейне р. Кафирниган выявил чётко выраженные пространственные и сезонные закономерности.

В верхнем течении вода сохраняет хорошие качественные характеристики, однако в среднем и нижнем течении, особенно летом, фиксируются признаки антропогенного воздействия. Наибольшее влияние оказывают сельскохозяйственные возвратные воды и коммунальные сбросы [131]. Для обеспечения надёжного и устойчивого водоснабжения и охраны здоровья населения необходимы:

- мониторинг качества воды,
- рациональное использование воды в ирригации,
- очистка сточных (производственных) вод,
- охрана зон водозабора (водохранилище).

3.5. Оценка состояния подземных вод бассейна реки Кафирниган

Исследование проводилось в формирующейся зоне бассейна р. Кафирниган, расположенной в долине Гиссар. В северной части долины с запада на восток простирается Гиссарский хребет, который сложен из карстовое-трещиноватыми породами, интрузий и меловых отложений. В отдельности встречаются участки неогеновых отложений (включая песчаник, конгломерат и гипс). Дно долины заполнено многометровым слоем четвертичных отложений и представляет собой плоскую равнину шириной до 15 км и длиной до 100 км. Данные породы, заполняющие желобообразную котловину долины, являются подходящим резервуаром для накопления подземных вод. По долине протекает р. Кафирниган, берущая начало из двух притоков на южных склонах хребта Гиссар, где основным источником является снег [4-А].

Образцы были проанализированы с помощью лазерного изотопного анализатора Picarro L2110-i, изотопные составляющие выражены в относительных единицах:

$$\delta X = (R_{np}/R_{ст} - 1) \cdot 1000\%$$

где R - изотопов водорода ($2H/1H$) или кислорода ($^{18}O/^{16}O$) в пробе (пр) и стандарте (ст), X - изотоп.

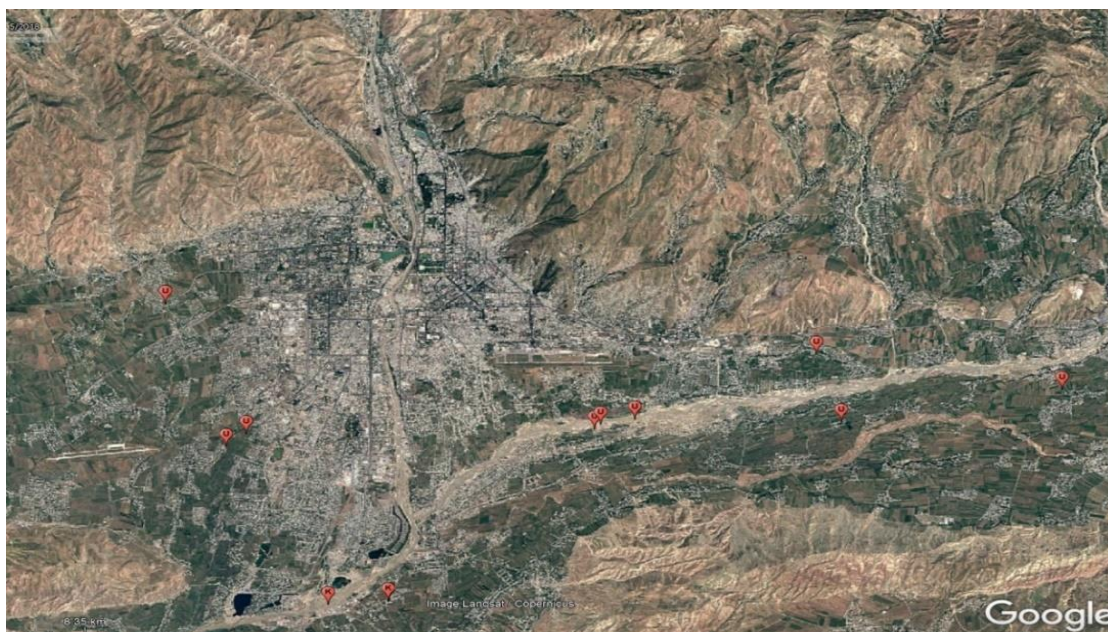


Рисунок 3.6. - Карта точек отбора проб.

Величина сигма (δ) показывает, насколько проба обеднена ($\delta < 0$) или обогащена ($\delta > 0$) тяжелым изотопом относительно стандарта ($\delta = 0$).

Были установлены осадкоотборники во дворе Института водных проблем, гидроэнергетики и экологии НАНТ (под номером 3883600). Были собраны осадки, после чего отсылаются в Вену (Австрия), в лабораторию GNIP IAEA для измерения стабильных изотопов δ^2H , $\delta^{18}O$ и радиоактивного изотопа δ^3H . Также нами анализировались пробы осадки на изотопный состав δ^2H и $\delta^{18}O$ в институте [4-А]. Результаты измерений изотопного состава среднемесячных осадков, выпавших в городе Душанбе в октябре и ноябре 2018 года, приведены в таблице 3.11.

Таблица 3.11. – Изотопные характеристики среднемесячных осадков, выпавших в октябре и ноябре 2018 года в городе Душанбе.

Месяц, год	Расположение	^{18}O	^2H	d-excess
10.2018	ИВП,ГЭиЭ НАНТ	-13.51	-90.1	18.0
11.2018	ИВП,ГЭиЭ НАНТ	-11.45	-70.5	21.1

Таблица 3.12. - Результаты анализа изотопного состава (^{18}O и ^2H) исследованных вод бассейна р. Кафирниган

Дата проведения анализа	Бассейн реки	Способ водосна- бжения	С.Ш.	В.Д.	^{18}O	^2H	d- excess
ВЕСНА							
2.05.2018	Нижний Тезгар	скв.	N38 ⁰ 32,976	E068 ⁰ 54,589	-10.45	-66.1	17.5
2.05.2018	Зарнисор	скв. Из колодца	N38 ⁰ 32,248	E068 ⁰ 59,462	-11.04	-68.3	20.0
2.05.2018	Джангалабад	скв. Из колодца	N38 ⁰ 31,586	E068 ⁰ 55,083	-11.07	-68.2	20.4
2.05.2018	КНС скв. 44	скв. Из колодца	N38 ⁰ 31,644	E068 ⁰ 50,981	-11.23	-69.3	20.5
2.05.2018	КНС скв. 30	скв. Из колодца	N38 ⁰ 31,533	E068 ⁰ 50,303	-11.14	-69	20.1
2.05.2018	Кафирниган	река	N38 ⁰ 31,444	E068 ⁰ 50,180	-11.15	-68.6	20.6
2.05.2018	ЮЗВ скв. 16	скв.	N38 ⁰ 31,340	E068 ⁰ 43,247	-10.85	-66.1	20.7
2.05.2018	ЮЗВ скв. 1	скв.	N38 ⁰ 31,074	E068 ⁰ 42,848	-11.09	-68.6	20.1
2.05.2018	Чорьяккорон	скв.	N38 ⁰ 34,011	E068 ⁰ 41,645	-10.77	-67.8	18.4
3.07.2018	Нижний Тезгар	скв.	N38 ⁰ 32,976	E068 ⁰ 54,589	-10.32	-65.5	17.1

Продолжение таблицы 3.12

ЛЕТО							
3.07.2018	Зарнисор	скв.	N38 ⁰ 32,248	E068 ⁰ 59,462	-10.58	-66.7	17.9
3.07.2018	Джангалабад	скв.	N38 ⁰ 31,586	E068 ⁰ 55,083	-10.74	-67.1	18.8
3.07.2018	КНС скв.44	скв.	N38 ⁰ 31,644	E068 ⁰ 50,981	-10.85	-67.8	19.0
3.07.2018	КНС скв.30	скв.	N38 ⁰ 31,533	E068 ⁰ 50,303	-10.91	-68.8	18.5
3.07.2018	Кафирниган	река	N38 ⁰ 31,444	E068 ⁰ 50,180	-11.21	-71.1	18.6
3.07.2018	ЮЗВ скв. 16	скв.	N38 ⁰ 31,340	E068 ⁰ 43,247	-10.49	-65.4	18.5
3.07.2018	ЮЗВ скв. 1	скв.	N38 ⁰ 31,074	E068 ⁰ 42,848	-10.84	-67.8	18.9
3.07.2018	Чоряккорон	скв.	N38 ⁰ 34,011	E068 ⁰ 41,645	-10.42	-66.5	16.9
ОСЕНЬ							
24.10.2018	Нижний Тезгар	скв.	N38 ⁰ 32,976	E068 ⁰ 54,589	-10.69	-65.1	20.4
24.10.2018	Зарнисор	скв.	N38 ⁰ 32,248	E068 ⁰ 59,462	-11.11	-67.1	21.8
24.10.2018	Джангалабад	скв.	N38 ⁰ 31,586	E068 ⁰ 55,083	-11.1	-67.3	21.5
24.10.2018	КНС скв.44	скв.	N38 ⁰ 31,644	E068 ⁰ 50,981	-11.34	-68.9	21.8
24.10.2018	КНС скв.30	скв.	N38 ⁰ 31,533	E068 ⁰ 50,303	-11.14	-68.5	20.6
24.10.2018	Кафирниган	река	N38 ⁰ 31,444	E068 ⁰ 50,180	-11.47	-70.4	21.4
24.10.2018	ЮЗВ скв. 16	скв.	N38 ⁰ 31,340	E068 ⁰ 43,247	-11.13	-67.9	21.1

Продолжение таблицы 3.12

24.10.2018	ЮЗВ скв. 1	скв.	N38 ⁰ 31,074	E068 ⁰ 42,848	-10.86	-65.6	21.3
24.10.2018	Чоряккорон	скв.	N38 ⁰ 34,011	E068 ⁰ 41,645	-10.86	-66.9	20.0
24.10.2018	Дехконобод	кол.	N38 ⁰ 30,872	E068 ⁰ 56,363	-11,22	-67,5	22,5
24.10.2018	Элок	река	N38 ⁰ 31,392	E068 ⁰ 56,394	-11.09	- 68	20.7
ЗИМА							
13.02.2019	Нижний Тезгар	скв.	N38 ⁰ 32,976	E068 ⁰ 54,589	-10.64	-64.5	20.6
13.02.2019	Джангалабад	скв.	N38 ⁰ 31,586	E068 ⁰ 55,083	-11.19	-67.2	22.3
13.02.2019	КНС скв. 44	скв.	N38 ⁰ 31,644	E068 ⁰ 50,981	-11.34	-68.3	22.4
13.02.2019	КНС скв. 30	скв.	N38 ⁰ 31,533	E068 ⁰ 50,303	-11.45	-68.9	22.7
13.02.2019	Кафирниган	река	N38 ⁰ 31,444	E068 ⁰ 50,180	-11.37	-68.8	22.2
13.02.2019	ЮЗВ скв. 16	скв.	N38 ⁰ 31,340	E068 ⁰ 43,247	-10.82	-65.2	21.4
13.02.2019	ЮЗВ скв. 1	скв.	N38 ⁰ 31,074	E068 ⁰ 42,848	-11.2	-67.5	22.1
13.02.2019	Чоряккорон	скв.	N38 ⁰ 34,011	E068 ⁰ 41,645	-10.84	-66.7	20.0
13.02.2019	Дехконобод	кол.	N38 ⁰ 30,872	E068 ⁰ 56,363	-11.06	-67.2	21.3
13.02.2019	р. Элок	река	N38 ⁰ 31,392	E068 ⁰ 56,394	-10.86	-66.4	20.5

Таблица 15 показывает, что изотопный состав бассейна р. Кафирниган характеризуется самой легкой водой весной из-за таяния ледников. Из-за

повышения температуры (летом), и испарения, изотопный состав исследуемой реки становится несколько тяжелее, где осенью и зимой изотопный состав уменьшается.

По сравнению с р. Элок, изотопный состав р. Кафирниган легче, что указывает на то, что р. Кафирниган берет начало из более высоких источников воды, чем р. Элок.

В летний период (июнь-август) во всех исследованных образцах наблюдается рост стабильными изотопами. В таблице 3.13 показаны результаты исследования испарения относительно весенних образцов.



Рисунок 3.7. - Результаты исследования стабильных изотопов по р. Кафирниган (2018-2019 годы).

Изменение изотопного состава в природных водах обусловлен тем, что происходит процесс фракционирования во время фазовых переходов. В природных условиях наибольшему фракционированию подвергаются изотопы водорода (H). Испарение воды приводит к синтезу изотопов (с увеличением относительного содержания $\delta^{18}\text{O}$ и $\delta^2\text{H}$ в жидкой фазе).

По результатам изотопного исследования, в осенне-зимний период почти все водные объекты имеют единый изотопный состав и обеднены тяжелыми изотопами. Это объясняется похолоданием и выпадением большого количества

осадков. Как видно из данных таблицы 3.13 в октябре месяце осадки имели более легкий изотопный состав по сравнению с ноябрем месяцем [4-А].

В осенне-зимний и весенний сезоны атмосферные осадки характеризуются более легким изотопным составом, тогда как в летний период они обогащаются тяжелыми изотопами. Исследование изотопного характеристика природных вод бассейна р. Кафирниган показывает, что большинство вод на территории реки пресные и имеют инфильтрационные явления. Подземные воды реки формируются преимущественно за счет локальных атмосферных осадков. Данный район отличается высокими скоростями водообмена неглубокозалегающих грунтовых вод [4-А].

Таблица 3.13. - Результаты сравнительного анализа испарения воды летом по сравнению с весной в бассейне реки Кафирниган

Место	Вид образца	Утяжеление $\delta^{18}\text{O}$, в ‰	Утяжеление $\delta^{18}\text{O}$, в ‰	Утяжеление $\delta^2\text{H}$, в ‰	Утяжеление $\delta^2\text{H}$, в ‰
Нижний Тезгар	скв.	-0.13	1.24	-0.6	0.91
Зарнисор	скв.	-0.46	4.16	-1.6	2.34
Джангалабад	скв.	-0.33	2.98	-1.1	1.61
КНС скв. 44	скв.	-0.38	3.38	-1.5	2.16
КНС скв. 30	скв.	-0.23	2.06	-0.2	0.29
ЮЗВ скв. 16	скв.	-0.36	3.32	-0.7	1.06
ЮЗВ скв. 1	скв.	-0.25	2.25	-0.8	1.16
Чорьяккорон	скв.	-0.35	3.25	-1.3	1.92

Также нами были выполнены отбор проб и экспресс анализы с помощью портативных приборов (кондуктометр, рН-метр, оксидометр) для определения физико-химических характеристик исследуемых водных объектов, полученные результаты приведены в таблице 3.14.

Таблица 3.14. - Физико-химические показатели подземных вод бассейна реки Кафирниган

Дата	Место	Вид	Ox _i , в мг/л	Ox _i ,в %	Cond., в mS/cm	Cond., в Sal	pH	mV
2.05.2018	Ниж. Тезгар	скв.	5,05	53,5	1486	0,7	7,22	-24,4
2.05.2018	Зарнисор	скв.	6,02	57,7	1101	0,5	7,28	-27,7
2.05.2018	Джангалабад	скв.	4,58	45	806	0,3	7,29	-28,3
2.05.2018	КНС скв. 44	скв.	6,00	56,8	573	0,2	7,71	-52,7
2.05.2018	КНС скв. 30	скв.	6,75	64,3	416	0,1	8,02	-71,0
2.05.2018	Кофирнихан	река	8,37	74,5	315	0,1	8,20	-81,7
2.05.2018	ЮЗВ скв. 16	скв.	5,80	57,5	1144	0,5	7,24	-25,6
2.05.2018	ЮЗВ скв. 1	скв.	5,97	64,5	1198	0,5	7,21	-23,9
2.05.2018	Чоряккорон	скв.	6,40	68,6	1758	0,8	7,64	-48,7
3.07.2018	Ниж. Тезгар	скв.	3,28	40,0	1468	0,7	7,01	-11,6
3.07.2018	Зарнисор	скв.	4,76	57,6	1099	0,5	7,31	-29,3
3.07.2018	Джангалабад	скв.	3,70	43,1	819	0,3	7,37	-32,8
3.07.2018	КНС скв. 44	скв.	4,92	56,5	566	0,2	7,51	-41,0
3.07.2018	КНС скв. 30	скв.	4,75	58,9	423	0,1	7,81	-58,3
3.07.2018	Кофирнихан	река	6,05	76,9	249	0,0	8,13	-77,2
3.07.2018	ЮЗВ скв. 16	скв.	5,25	78,3	1156	0,5	7,09	-16,9
3.07.2018	ЮЗВ скв. 1	скв.	5,96	72,6	1187	0,5	7,22	-24,0
3.07.2018	Чоряккорон	скв.	5,33	52,1	2060	1,0	7,50	-40,1
13.02.2019	Ниж. Тезгар	скв.	4,37	44,7	1458	0,7	7,23	-21,4
13.02.2019	Джангалабад	скв.	3,62	39,4	847	0,3	7,43	-32,9
13.02.2019	КНС скв. 44	скв.	3,53	35,5	603	0,2	7,59	-41,7
13.02.2019	КНС скв. 30	скв.	4,7	43,4	384	0,1	7,91	-61,3
13.02.2019	Кафирниган	река	6,05	56,4	320	0,1	8,21	-78,4
13.02.2019	ЮЗВ скв. 16	скв.	3,64	40,7	1183	0,5	7,16	-17,3
13.02.2019	ЮЗВ скв. 1	скв.	4,14	46,8	1198	0,5	7,22	-20,7
13.02.2019	Чоряккорон	скв.	4,54	51,6	1881	0,9	7,69	-48,3

Анализ физико-химических характеристик воды показал, что воды бассейна имеют слабощелочную реакцию. Значения pH в отобранных пробах воды варьируются от 7,01 до 8,21. Самое высокое значение pH обнаружено в реке Кафирниган (pH 8,21), а самое низкое — в пробе 10 реки нижней Тезгар (pH 7,01) [4-А]. Минимальное содержание растворенного кислорода в воде для нормального развития рыб составляет приблизительно 5 мг/л; любой более низкий уровень неблагоприятен. Избыточное насыщение кислородом также вредно для развития рыб.

Анализ физико-химических параметров воды, представленный в таблице 17, показал, что вода во всех образцах была достаточно насыщена кислородом. Самая высокая концентрация кислорода (8,37 мг/л) наблюдалась в образце 6 реки Кафирниган [4-А].

Удельная проводимость (Cond) воды напрямую зависит от концентрации растворенных солей. Удельная электропроводность воды зависит от температуры, природы ионов и их концентрации. На рисунке 3.8 показаны результаты удельной проводимости за три сезона.

Самые низкие значения удельной проводимости были зафиксированы в образцах 6, 15 и 34 бассейна реки Кафирниган, составив 249–320 мкСм/см, тогда как самые высокие были обнаружены в образцах 9, 18 и 37 джамоата Чоряккорон, где значения достигли 1758–2060 мкСм/см. Как видно из таблицы, большинство образцов характеризуются высокой электропроводностью, что обусловлено повышенной концентрацией солей. Вероятно, это связано с антропогенным воздействием в бассейне реки Кафирниган [4-А]. Кроме того, испарение и уменьшение притока воды оказывают существенное влияние на концентрацию солей, приводя к ее увеличению.

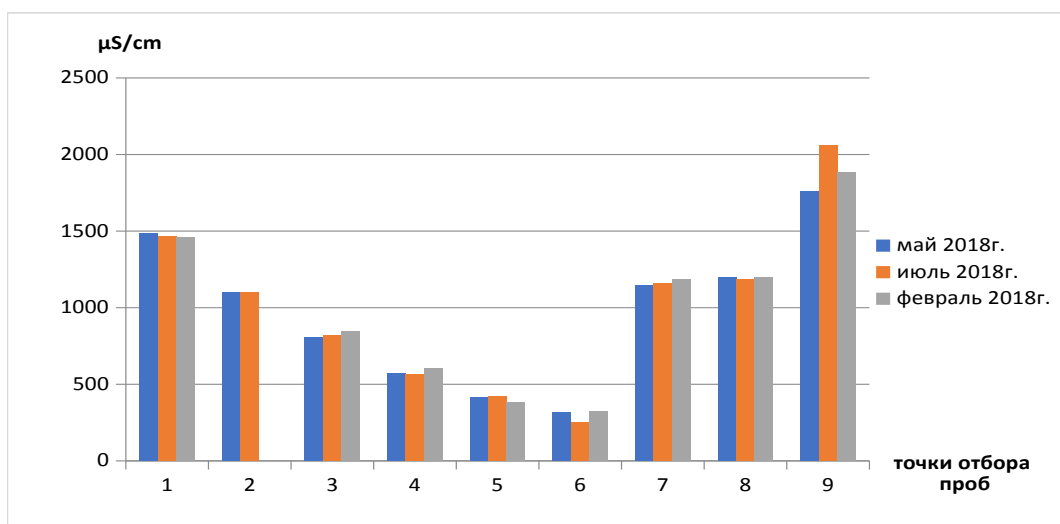


Рисунок 3.8. - Распределение удельной проводимости в 3 сезона.

Таким образом, с помощью гидрохимических и физико-химических методов было установлено, что индексы стабильных изотопов и физико-химические параметры используются для оценки качества подземных вод, их происхождения, образования, движения и распределения, а также времени их удержания в водоносных горизонтах в исследуемой области. Результаты анализа стабильных изотопов ($\delta^{2}\text{H}$ и $\delta^{18}\text{O}$) показали, что в реки и колодцы попадают не только легкие воды из недавних осадков, но и более старые воды из глубоких водоносных горизонтов.

В конце марта и начале апреля талые воды и весенние осадки в долине Гиссар проникают в грунт на глубину до 45 м, что подтверждается гидрогеологическими наблюдениями и измерениями уровня грунтовых вод.

Летом, из-за повышенных температур и высокого испарения, вода во всех колодцах имеет более высокий изотопный состав. В таблице 17 показано, что в октябре наблюдалось резкое похолодание и значительное количество легких осадков. Это объясняется тем, что изотопный состав всех исследованных скважин в бассейне реки Кафирниган был обогащен легкими изотопами $\delta^{2}\text{H}$ и $\delta^{18}\text{O}$ [4-A].

3.6. Сезонная гидрохимическая оценка качества воды южных рек

Таджикистана

Сезонные колебания гидрохимического состава южных рек Таджикистана объясняются горным рельефом их бассейнов, типом питания (снеговым, ледниковым или дождевым), а также влиянием климатических и антропогенных факторов. Основные показатели качества воды - минерализация (TDS), содержание катионов (Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+) и анионов (HCO_3^- , SO_4^{2-} , Cl^-), жесткость и pH - изменяются в течение года, что необходимо учитывать при оценке пригодности водных ресурсов для хозяйственных и экологических целей [132]

Таблица 3.15. - Сезонные гидрохимические параметры рек южного Таджикистана [133].

Показатель	Реки	Зима (Янв)	Весна (Апр)	Лето (Июль)	Осень (Окт)	Ед. изм.
TDS минерализация	Вахш	450	320	280	400	мг/л
	Пяндж	380	290	250	360	мг/л
	Кафирниган	410	300	270	380	мг/л
pH	Вахш	7.4	7.3	7.2	7.4	-
	Пяндж	7.5	7.4	7.3	7.5	-
	Кафирниган	7.3	7.2	7.1	7.3	-
Ca^{2+}	Вахш	60	45	40	55	мг/л
	Пяндж	55	40	35	50	мг/л
	Кафирниган	58	42	38	52	мг/л
Mg^{2+}	Вахш	25	18	15	22	мг/л
	Кафирниган	24	17	15	21	мг/л
Na^+	Вахш	15	12	10	14	мг/л
	Пяндж	13	10	8	12	мг/л
	Кафирниган	14	11	9	13	мг/л
HCO_3^-	Вахш	220	180	160	200	мг/л
	Пяндж	200	160	140	180	мг/л
	Кафирниган	210	170	150	190	мг/л

ВЫВОДЫ ПО ГЛАВЕ 3

1. Проведенные исследования на реке Кафирниган показывают ее природные, географические, гидрологические и гидрохимические особенности, а также влияние воздействия человеческой деятельности на качество поверхностных вод. Полученные результаты позволяют всесторонне оценить текущее состояние водных ресурсов данного региона и создают основу для последующего анализа сезонных изменений химического состава воды, используемой в питьевых целях.

2. Бассейн реки Кафирниган охватывает юго-западную часть территории Таджикистана и частично затрагивает Узбекистан. Уникальность этого региона заключается в значительных перепадах высот — от высокогорий до предгорных равнин. Такая топографическая специфика напрямую влияет на формирование дренажной системы, обеспечивающей стоковую и гидрологическую динамику реки.

3. Климат региона отличается резкой континентальностью и выраженными сезонными контрастами. Жаркое, засушливое лето сильно отличается от холодной зимы, что приводит к значительным температурным колебаниям. Кроме того, уровень влажности оказывает существенное влияние как на водный режим реки, так и на сезонную изменчивость ее гидрохимических параметров.

4. Гидрологические и гидрохимические характеристики бассейна реки Кафирниган играют ключевую роль для обеспечения водоснабжения в регионе. Эта река, являясь правым притоком Амударьи, имеет стратегическое значение для удовлетворения бытовых и питьевых нужд значительной части населения Таджикистана. Водный режим реки тесно связан с количеством осадков, интенсивностью таяния снега в горах и поступлением грунтовых вод. При этом сезонные колебания уровня воды остаются значительными, что объясняется неравномерным распределением осадков по сезонам года и периодическим таянием ледников.

5. Особое внимание уделяется влиянию антропогенных факторов на качество воды в бассейне реки Кафирниган. Сброс неочищенных коммунально-бытовых и промышленных сточных вод, применение минеральных удобрений и пестицидов в сельском хозяйстве, а также вырубка лесных массивов способствуют загрязнению водных объектов различными веществами, включая органические и неорганические соединения, тяжёлые металлы, пестициды и другие агрохимикаты.

ГЛАВА 4. АНАЛИЗ СЕЗОННОЙ ГИДРОХИМИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ВОД КУЛЯБСКОЙ ЗОНЫ

4.1. Комплексное исследование химического состава поверхностных вод Кулябской зоны (на примере рек Тебалай и Момирак)

Подземные воды играют важную роль в обеспечении населения республики питьевой водой. Водные ресурсы как один из наиболее динамичных компонентов природной экосистемы, способны быстро переносить различные загрязняющие вещества на большие территории. Дело в том, что это в первую очередь относится к поверхностным водам, подземные воды не являются исключением. Это происходит, главным образом, из-за постоянного динамического взаимодействия между поверхностными и подземными водами, что приводит к проникновению и диффузии загрязняющих веществ в подземные водоемы. Ранее было установлено, что состав нитратов в подземных водах подвергается значительным периодическим колебаниям: в засушливые периоды она не превышает 1 мг/дм^3 , а в сезон дождей достигает до 18 мг/дм^3 [2-А]. Таким образом, согласно СанПиН 2.1.4.1074-01, такие показатели считаются допустимы.

Учитывая актуальность и своевременность данной темы, мы провели исследование химического состава подземных вод массового водоснабжения в Кулябской зоне, используя в качестве примеров рр. Тебалай и Момирак (рис. 4.1). Для химического исследования вод использовались установленные стандарты.

Пробы воды от рек, для анализа на загрязненность отбирали в соответствии с ГОСТ Р 51592-2000 и хранение проб воды проводили в соответствии с требованиями ГОСТ 17.1.5.01-80.

Ниже (в таблице 4.1) приведены результаты химического анализа природных вод вышеупомянутых источников.

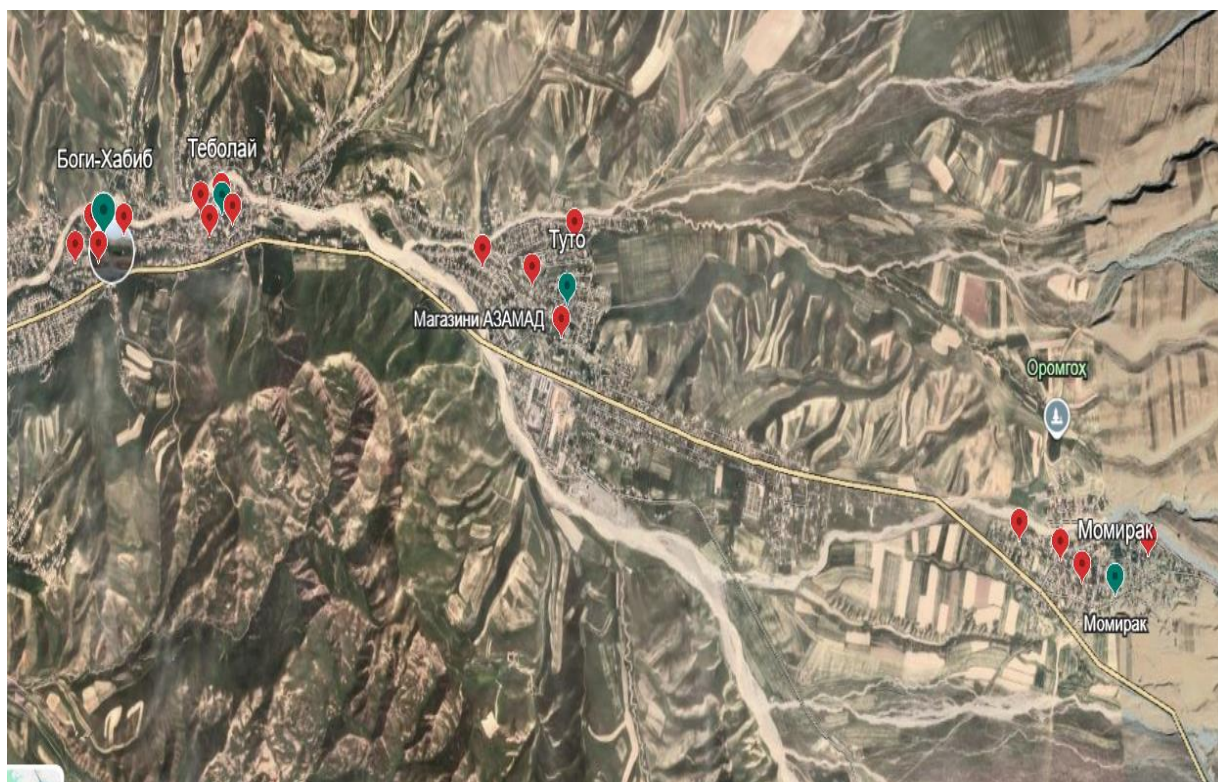


Рисунок 4.1. - Карта точек отбора Тебалай и Момирак проб рек.

Как показывают результаты, несмотря на незначительные расстояние между этими двумя источниками (2,5-3,0 км), вода р. Тебалай содержит значительно более высокие уровни сульфатных, хлоридных и нитратных ионов щелочноземельных металлов [2-А].

Согласно нашей гипотезе, полученные результаты можно объяснить тем, что различными гидрогеологическими особенностями и различной степенью влияния поверхностных вод на эти два подземных источника.

Следует отметить, что установление особенностей фактора влияния поверхностных вод на химический состав подземных источников массового водоснабжения является одной из актуальных проблем в условиях глобального изменения климата и формирование паводков, селей и наводнений.

Разработка научно-обоснованных механизмов взаимодействия поверхностных и подземных вод позволяет установить ряд резервных массивов подземных вод, которые могут быть использованы в экстремальных ситуациях, стихийных бедствиях и масштабных наводнениях.

Таблица 4.1. - Результаты химического анализа подземных вод Кулябской зоны Хатлонской области Республики Таджикистан

Наименование показателей	Название источника	
	Момирак	Тебалай
Запах (в баллах)	0	0
Привкус (в баллах)	0	0
Цветность (в баллах)	0	0
Прозрачность (см)	>30	>30
Мутность (мг/дм ³)	2.5	0
Активная реакция (рН)	8.1	7.35
Жесткость (мг.экв/л)	4.15	6.1
Щелочность (мг.экв/л)	4.4	5.1
Хлориды (мг/л)	9	31.5
Кальций (мг.экв/л)	1.05	3.7
Магний (мг.экв/л)	3.1	2.4
Сумма К+Na (мг.экв/л)	1.75	2.55
Сульфаты (мг/л)	59.95	132.66
Сухой остаток (мг/л)	316.0	492.0
Аммиак (мг/л)	н/обн	н/обн
Нитриты (мг/л)	н/обн	н/обн
Нитраты (мг/л)	7.29	22.32

Минералогический и химический анализ твёрдых осадков, формирующихся после упаривания, оказывает заметный вклад в пополнение информации о химическом составе исследуемых вод. В таблицах 4.2 и 4.3 обобщены минералогический и химический анализ твердых осадков вод источников Тебалай и Момирак соответственно.

Таблица 4.2. - Химический состав твердых осадков вод рек Тебалай и Момирак.

Наименование показателей	Источники, % мас.	
	Тебалай	Момирак
Ca ²⁺	1.84	1.21

Продолжение таблицы 4.2

Mg ²⁺	1.19	3.58
Na ⁺	0.63	1.01
K ⁺	0.63	1.01
SO ₄ ²⁻	66.25	69.27
Cl ⁻	15.73	10.39
NO ₃ ⁻	11.14	8.42
CO ₃ ²⁻	2.54	5.08

Таблица 4.3. - Минералогический состав твердых осадков вод рек Тебалай и Момирак

Наименование показателей	Источники, % мас.	
	Тебалай	Момирак
CaSO ₄	28.15	12.30
MgSO ₄	18.20	36.41
Na ₂ SO ₄	9.94	10.27
K ₂ SO ₄	9.94	10.27
CaCl ₂	6.68	1.84
MgCl ₂	4.32	5.46
KCl	2.36	1.54
NaCl	2.36	1.54
KNO ₃	2.90	1.51
NaNO ₃	2.90	1.51
Mg(NO ₃) ₂	5.32	5.38
CaCO ₃	1.079	0.90
K ₂ CO ₃	0.38	0.75
Na ₂ CO ₃	0.38	0.75
Mg CO ₃	0.27	2.67

В таблицах показано, что исследованные водные объекты преимущественно состоят из сульфатных солей щелочных и щелочноземельных элементов с небольшим количеством их нитратов. Это подтверждается результатами рентгенофазового анализа, представленными на рис. 4.2 [2-А].

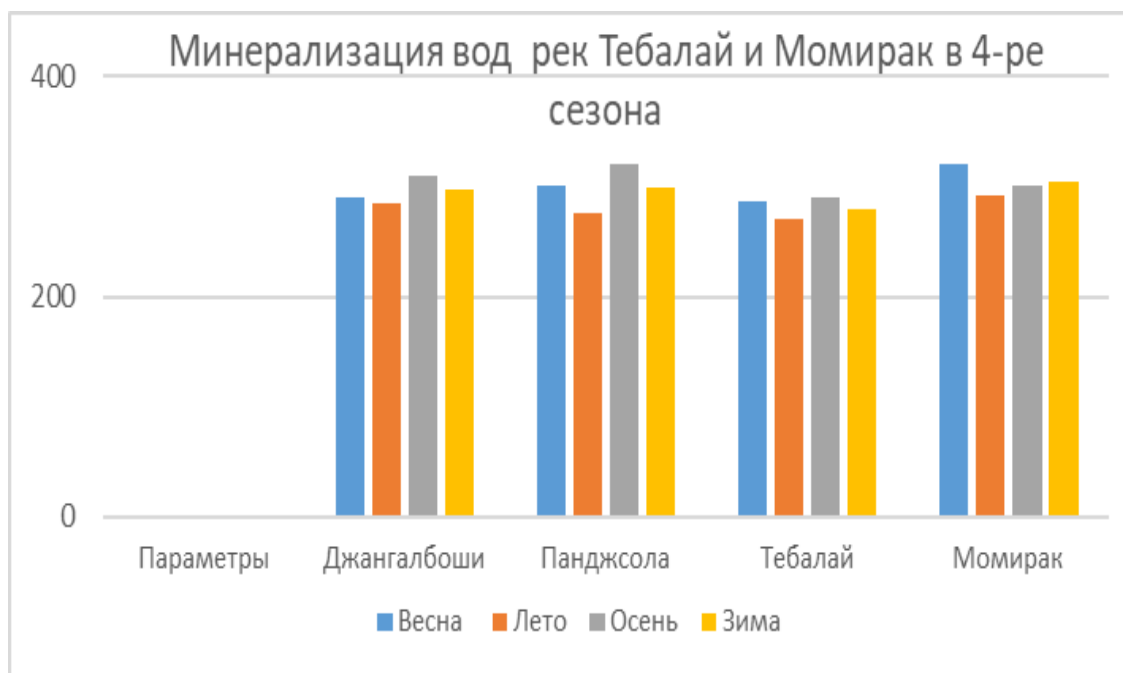


Рисунок 4.2– Минерализация исследуемых вод в 4-ре сезона



Рисунок 4.3. - Минерализация вод рек Тебалай и Момирак в 4-ре сезона

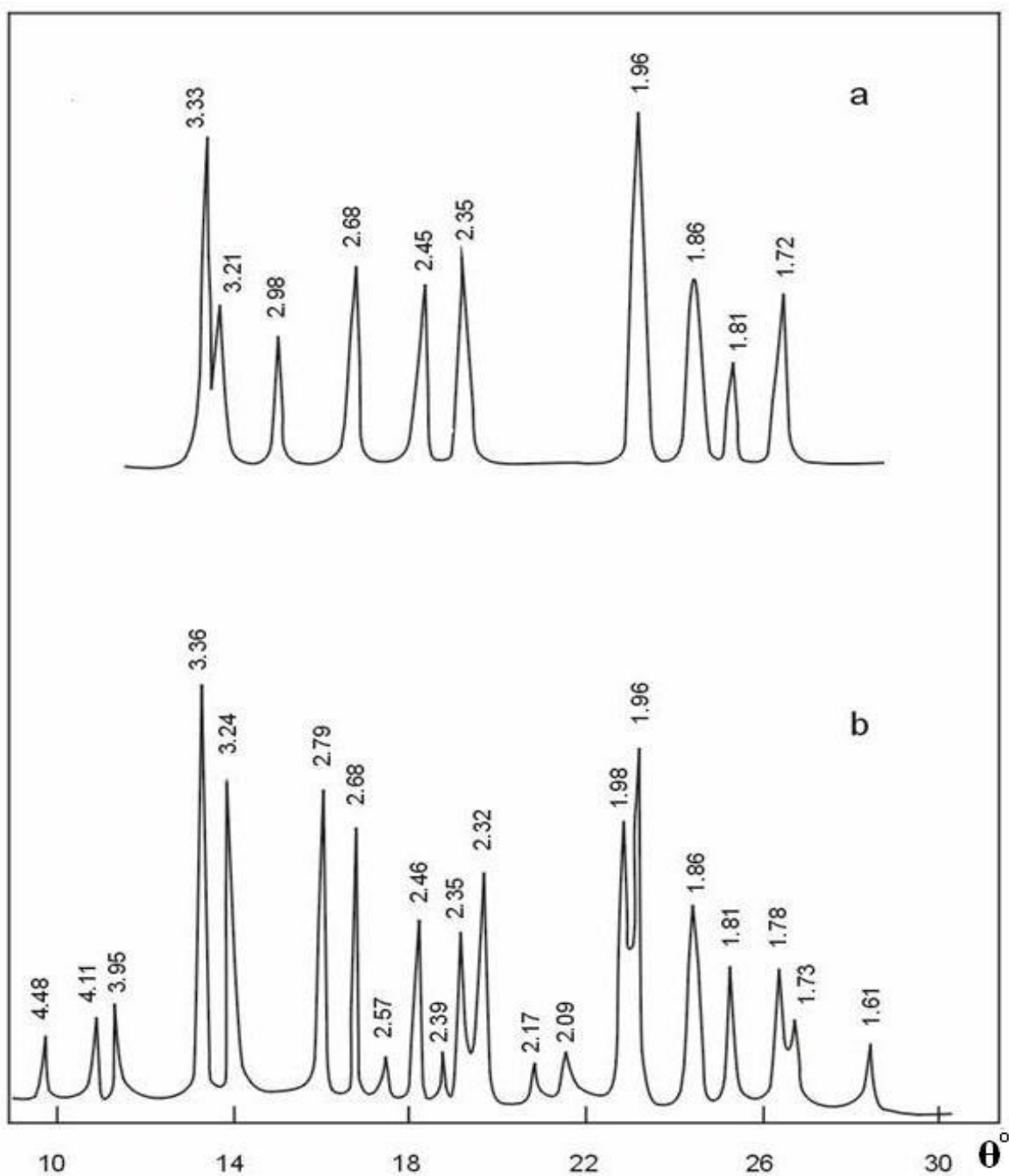


Рисунок 4.4. - Рентгенограмма осадков воды источников Момирак (а) и Тебалай (b).

Минерализация воды в реки Момирак и Тебалай, во время проведенных исследований, колебалась от 270 до 320 мг/дм³ (табл. 4.4). Как показывают результаты исследования, существенных сезонных изменений минерализации воды не наблюдалось. рН воды оставался в диапазоне 7,3-8,8 на протяжении всего периода исследования, что типично для малых водотоков. Во время зимних и

весенних паводков в реках Момирак и Тебалай наблюдалось небольшое повышение рН [2-А].

Таблица 4.4. - Сезонные изменения гидрохимических показателей исследуемых рек.

Наименование Показателей	Реки	Весна	Лето	Осень	Зима	Ед.изм.
Ph. Вод.показ.	Джангалбоши	7,95	7,93	8,1	7,93	-
	Панчсола	7,85	7,68	8,5	7,83	-
	Тебалай	7,80	7,69	8,8	8,5	-
	Момирак	7,80	7,80	8,7	8,3	-
Температура	Джангалбоши	14,3	20	12,2	4,3	t°C
	Панчсола	16,1	22,2	17,5	4,5	t°C
	Тебалай	13	18,3	17,2	4,2	t°C
	Момирак	15	19,1	15,9	3,8	t°C
O ₂ кислород	Джангалбоши	7,7	7,3	7,6	7,5	(мг/л)
	Панчсола	7,6	7,1	7,3	7,4	(мг/л)
	Тебалай	8,5	6,9	8,2	7,8	(мг/л)
	Момирак	8,1	7,8	7,9	7,9	(мг/л)
Минерализация	Джангалбоши	290	285	310	297	(мг/дм ³)
	Панчсола	300	276	320	299	(мг/дм ³)
	Тебалай	286	270	290	280	(мг/дм ³)
	Момирак	320	292	300	305	(мг/дм ³)

В речной воде содержание нитритных ионов достигает до 0.01 мг/дм³, что намного ниже, чем нитратных. В загрязненных реках этот показатель может повыситься до 0.05 мг/дм³, что редко превышает значение ПДК_{рв} = 0.08 мг/дм³. ПДК ионов аммония для водных объектов рыбохозяйственного пользования составляет 0.5 мг/дм³.

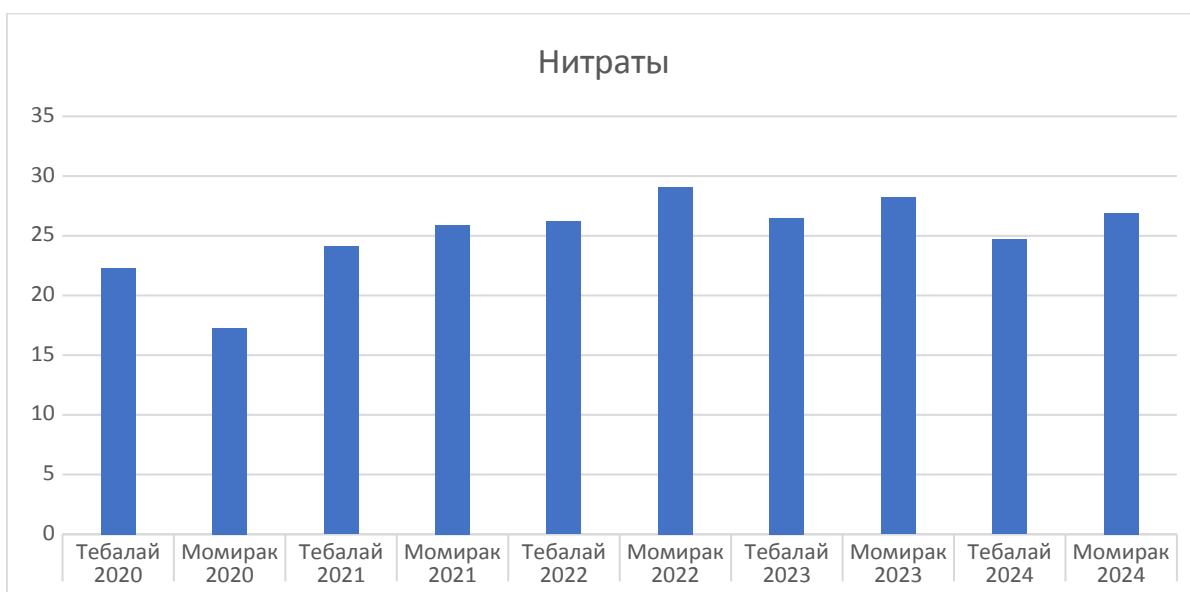


Рисунок 4.5. - Содержание нитратов в воде р. Момирак и Тебалай (мг/дм³)

Концентрация нитрат-ионов в воде на протяжении всего периода исследований находилась в пределах 16–28 мг/дм³ (рис. 4.4). Превышение предельно допустимой концентрации (ПДК) нитрат-ионов отмечалось лишь в весенний и летний период, что, вероятно, связано с локальным загрязнением реки.



Рисунок 4.6. – Содержание хлоридов в составе Рек Тебалай и Момирак 2020-2024гг.

В воде р. Момирак и Тебалай содержание хлор-ионов во время исследований было в пределах 11-124.3 мг/дм³. На участке впадения р. Тебалай наблюдались максимальные величины хлор-ионов – 124.3 мг/дм³, причины которого остаются невыясненными.

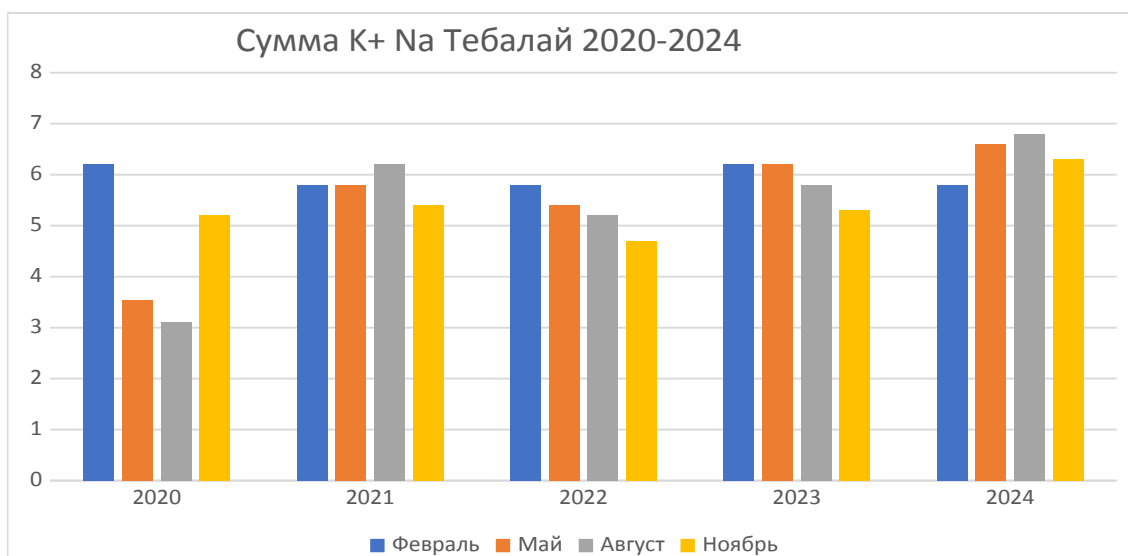


Рисунок 4.7. – Содержание Калия и Натрия в воде р.Момирак и Тебалай (мг/дм³).

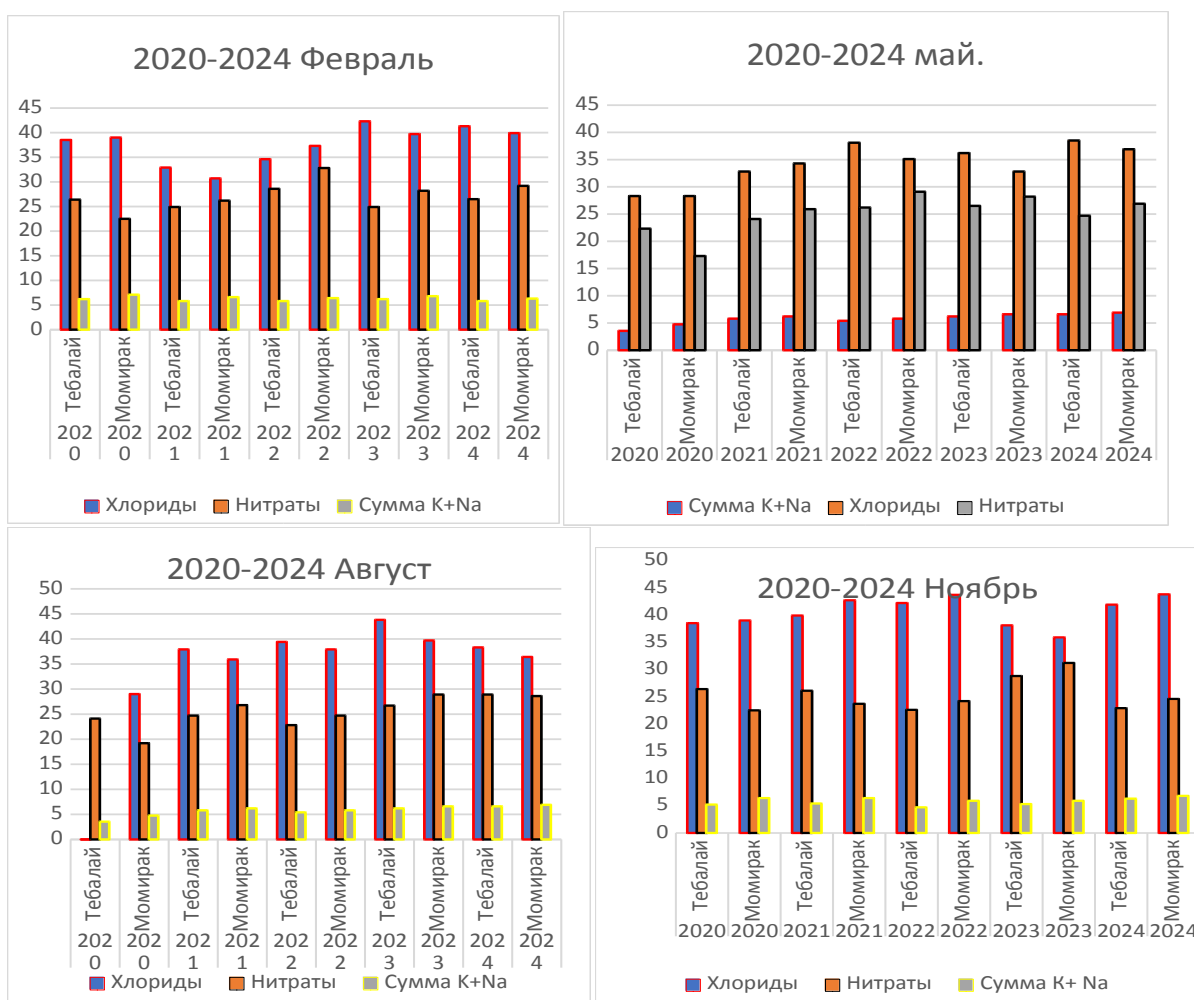


Рисунок 4.8. - Содержание К+Na, нитраты и хлориды в воде р. Момирак и Тебалай (ПДК=300 мг/дм³).

Благоприятный кислородный режим являлся характерной чертой для рек Момирак и Тебалай. Доказательством этого является то, что во время исследований, например, весной в период половодья на большинстве участков реки содержание кислорода в воде не опускалось ниже $7,6 \text{ O}_2/\text{дм}^3$.

Показатели кислорода, летом, незначительно снижаются примерно до $6,9\text{--}8,6 \text{ мг O}_2/\text{дм}^3$. Это происходит, в основном, за счет развития водной растительности. В воде содержание растворенного кислорода осенью почти такое же, как и весной, и колеблется в пределах $7,5 - 9,2 \text{ мг O}_2/\text{дм}^3$. На основе содержания растворённого кислорода, насыщение кислородом и биологическое потребление кислорода воды р. Момирак и р. Тебалай характеризуются по качеству вод как «чистые». В р. Момирак и р. Тебалай сезонные изменения данных показателей часто зависят от температурного режима воды.

Для р. Момирак и р. Тебалай характерны резкие колебания кислородных показателей (низкое содержание кислорода и насыщение кислородом зимой, сильное перенасыщение кислородом летом, высокое значение БПК₅).

Соединения азота и фосфора обычно содержатся в низких концентрациях. Основные загрязняющие вещества - сульфатные, нитратные и хлоридные ионы - оказывают первостепенное влияние на колебания минерализации. Циклические изменения минерализации и содержания преобладающих загрязняющих веществ приводят к внутригодовым колебаниям химического состава. Как правило, наиболее выраженное накопление загрязняющих веществ наблюдается в периоды года с нарушенной или отсутствующей инфильтрацией.

На наш взгляд, сельскохозяйственные и коммунальные загрязнения являются основной причиной повышенного содержания сульфат-ионов в водах всех родников. Содержание сульфатов составляет в среднем более 20%, т.е. изменяется от 10 до 35% [134].

В месте истока содержание сульфатов в р. «Момирак» и р. «Тебалай» (1 проб) весной и летом достигает 124 мг/дм^3 тогда, как значение ПДК= 100 мг/дм^3 . Концентрация сульфатов осенью уменьшается почти в 4 раза. Максимальное за

весь период исследований содержание сульфатов наблюдалось в зоне влияния автодороги Восеь-Куляб – до значений, превышающих ПДК в 5 раз. Превышение содержания сульфатов по ПДК было отмечено в осенние и летние периоды в реках «Момирак». Концентрации сульфатов в пробах № 3 и № 5 характеризовались низкими значениями (рис. 4.7). В то же время наибольшие концентрации исследуемых химических элементов зафиксированы в пробах №2 и №4, испытывающих максимальное антропогенное воздействие.

Таким образом, результаты гидрохимических исследований рек Момирак и Тебалай свидетельствуют о том, что максимальные концентрации биогенных элементов, а также сульфатов и хлоридов зафиксированы во 2-й и 4-й пробах воды, характеризующихся наибольшей антропогенной нагрузкой, в периоды зимней межени и весеннего половодья.

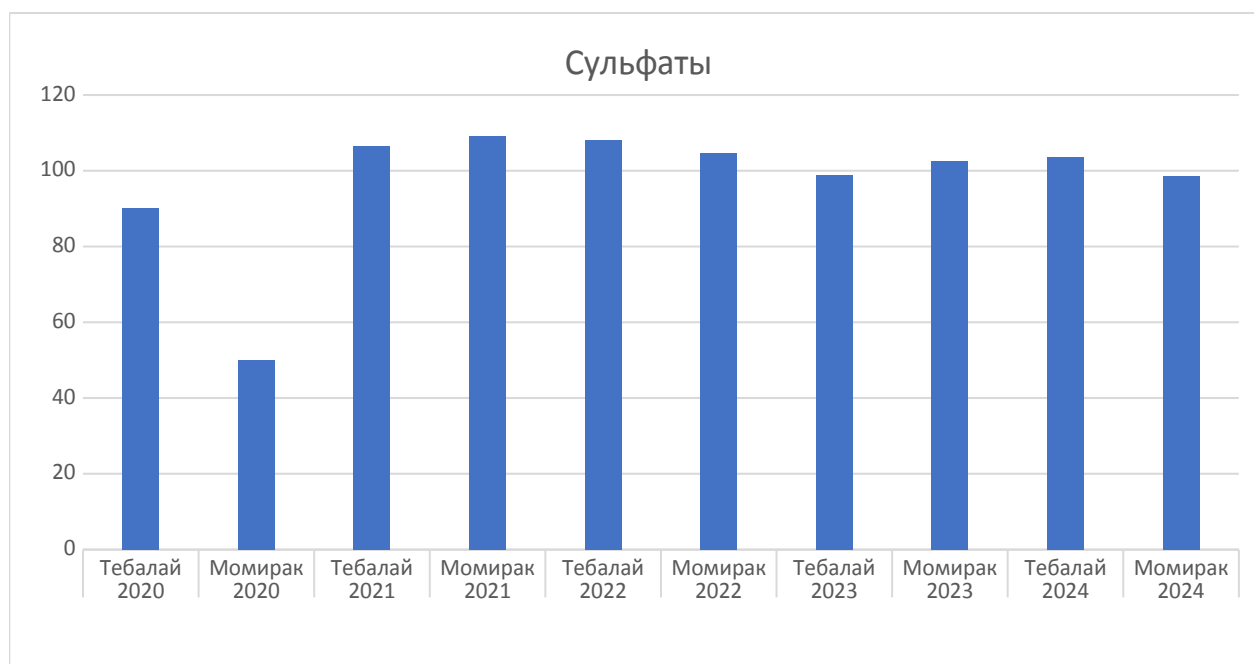


Рисунок 4.9. - Содержание сульфатов в воде р. Момирак и Тебалай.

Согласно данным мониторинга химического состава родниковых вод р. Момирак и р. Тебалай на всей территории Кулябской зоны, качество их воды постепенно ухудшается. Подземный режим является предопределенным и в значительной степени подвержен влиянию антропогенной, строительной и экономической деятельности. Для дальнейшего изучения изменений химического

состава подземных вод необходимо продолжить мониторинговые исследования и расширить сеть мониторинга.

4.2. Гидрохимическая оценка сезонных изменений качества вод Кулябской зоны

Химический состав и качество воды в реках существенно зависят от сезонных колебаний и гидрологических условий. По ионному составу вода относится к гидрокарбонатно-сульфатному магниево-кальциевому типу со слабощелочной реакцией среды. Сезонная изменчивость гидрохимических показателей обусловлена, с одной стороны, поступлением загрязняющих веществ в период весеннего половодья, а с другой - вовлечением химических элементов в биологический круговорот в летне-осенний период.

Пространственная изменчивость гидрохимического состава от верховьев к нижнему течению отражает процессы естественного самоочищения рек и скорость трансформации растворённых веществ с их последующим накоплением в донных отложениях либо ассимиляцией гидробионтами. Формирование санитарного состояния реки определяется совокупным воздействием природных и техногенных факторов, при этом ключевыми процессами являются весенний привнос загрязняющих компонентов с их осаждением в нижней зоне и минерализация органического вещества в период половодья.

Существенными показателями воды рек Кулябской зоны, таких как р. Тебалай, р. Момирак, р. Джангалбоши, р. Панчсола, которые были изучены в процессе данного исследования, являются минерализация, водородный показатель рН, цветность, мутность, жесткость, сульфаты, запах, Ca^{2+} , гидрокарбонаты, хлориды и железо. Как показали проведенные исследования эти показатели существенно меняются в зависимости от сезона года. Поэтому, при определении пригодности указанных вод для хозяйственных нужд эти сезонные колебания необходимо учесть.

Весной (март-май), когда происходит резкое таяние снегов приток воды в реки увеличивается, и, в результате чего происходит разбавление воды рек. Минерализация воды начинает уменьшаться по сравнению с зимним периодом. Например, р. Джангалбоши - 290 мг/л, р. Панчсола - 300 мг/л, р. Тебалай - 286 мг/л и т.д (табл. 4.6). Значение водородного показателя рН является наименьшим в водах рек Тебалай и Момирак – 7,80.

Снижение рН в вышеуказанных реках Таджикистана, то есть их закисление, вызвано прежде всего загрязнением промышленными стоками, бытовыми отходами и стоками с сельскохозяйственных земель, а также климатическими факторами (таяние ледников, изменяющими химический состав воды).

Таблица 4.5. - Результаты сравнительного анализа сезонных изменений состава поверхностных вод рек Кулябской зоны.

Показатели	Реки	Весна	Лето	Ед изм
Минерализация	Джангалбоши	290	285	(Σ) мг/л
	Панчсола	300	276	(Σ) мг/л
	Тебалай	286	270	(Σ) мг/л
	Момирак	320	292	(Σ) мг/л
Водородный показатель (рН)	Джангалбоши	7,95	7,93	-
	Панчсола	7,85	7,68	-
	Тебалай	7,80	7,69	-
	Момирак	7,80	7,80	-
Цветность	Джангалбоши	10	9,9	мг/Pt
	Панчсола	10	10	мг/Pt
	Тебалай	10	10	мг/Pt
	Момирак	10	10	мг/Pt
Мутность	Джангалбоши	5	5,1	ФЭМ
	Панчсола	5	5	ФЭМ
	Тебалай	5	5	ФЭМ
	Момирак	5	5	ФЭМ
Сульфаты (SO_4^{2-})	Джангалбоши	43	44,1	мг/л
	Панчсола	138	136,5	мг/л
	Тебалай	90	95	мг/л

Продолжение таблицы 4.5.

	Момирак	50	50	мг/л
Запах	Джангалбоши	0	0	балл
	Панчсола	0	0	балл
	Тебалай	0	0	балл
	Момирак	0	0	балл
Кальций (Ca^{2+})	Джангалбоши	112,2	112	мг/л
	Панчсола	104,2	101,9	мг/л
	Тебалай	84,1	84,1	мг/л
	Момирак	96,1	98	мг/л
Общ. жесткость (Нобщ.)	Джангалбоши	6,0	6,0	мг/л
	Панчсола	7,4	7,4	мг/л
	Тебалай	6,2	6,2	мг/л
	Момирак	6,0	6,0	мг/л
Хлориды (Cl)	Джангалбоши	35,4	35,2	мг/л
	Панчсола	28,3	28,3	мг/л
	Тебалай	28,3	29,7	мг/л
	Момирак	28,3	28,3	мг/л
Гидрокарбонаты (HCO_3^-)	Джангалбоши	198,3	194,3	мг/л
	Панчсола	227,7	221	мг/л
	Тебалай	189,1	184,7	мг/л
	Момирак	186,1	183,9	мг/л
Железо (Fe^{2+} , Fe^{3+})	Джангалбоши	0,02	0,02	мг/л
	Панчсола	0,02	0,02	мг/л
	Тебалай	0,02	0,02	мг/л
	Момирак	0,03	0,03	мг/л

Ухудшающаяся инфраструктура, недостаток финансирования очистных сооружений и нерациональное использование водных ресурсов усугубляют эти проблемы.

4.3. Экологическая и санитарно-гигиеническая оценка поверхностных вод реки Тебалай и Момирак

Результаты исследований показали, что качественный состав поверхностных вод рек Тебалай и Момирак формируется не только под воздействием природных факторов, но и в результате антропогенного влияния.

В данном разделе представлен детальный анализ химического состава загрязняющих компонентов и выполнена их сравнительная оценка в сопоставлении с предельно допустимыми концентрациями рыбохозяйственного назначения.

Для анализа содержания загрязняющих веществ использовались статистические и исследовательские данные. За наблюдаемый период содержание железа в водах по всей длине реки “Тебалай” и “Момирак” значительно превышает значения ПДК (рис. 4.8).

Значительное содержание железа в водах вызвано естественным вымыванием из горных пород и минералов из-за геологической структуры региона, а также антропогенным влиянием: промышленными стоками, старыми металлическими трубами, подверженными коррозии, и некачественной очисткой. На его состав влияет качество водоподготовки, степень изношенности гидротехнических сооружений и котлового оборудования. В зависимости от срока использования металлические трубы, будут подвержены коррозиями.

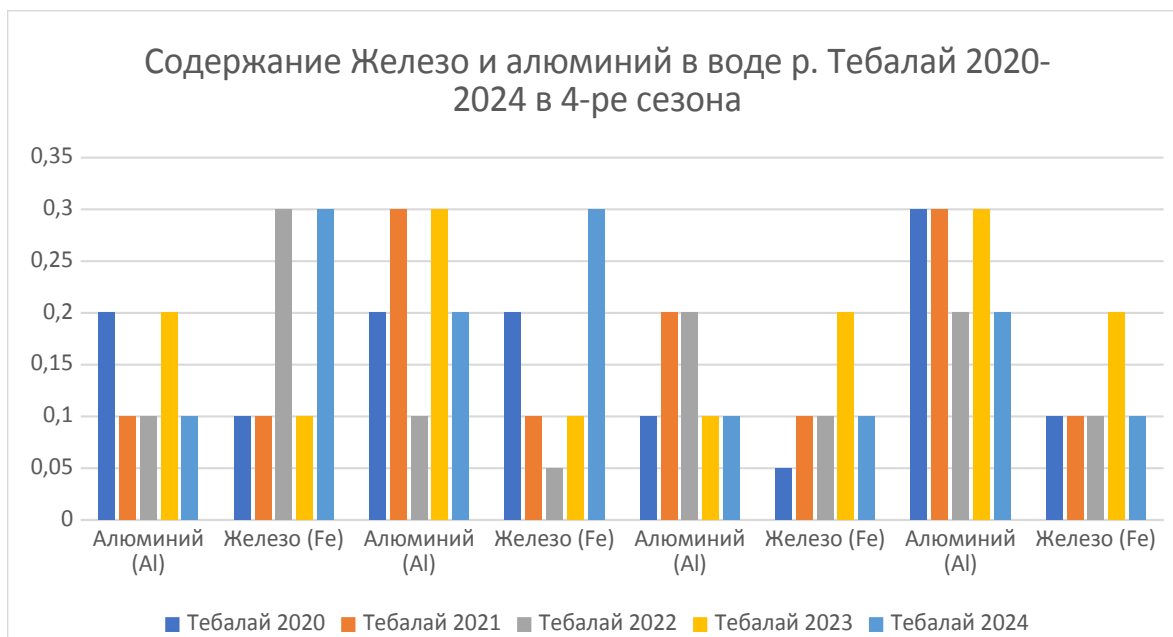


Рисунок 4.10. - Концентрация соединений железа и алюминий воде Р. Тебалай в период 2020-2025 гг.

Сезонные факторы, такие как талые воды весной, также усиливают этот процесс, растворяя соединения железа. Весной талые воды активно вымывают соединения железа из грунта. Наивысшее содержание железа на всех трех створах наблюдается в 2020 году, что является результатом интенсивного выпадения осадков. Содержание железа в среднем составляет 1,29 мг/л.

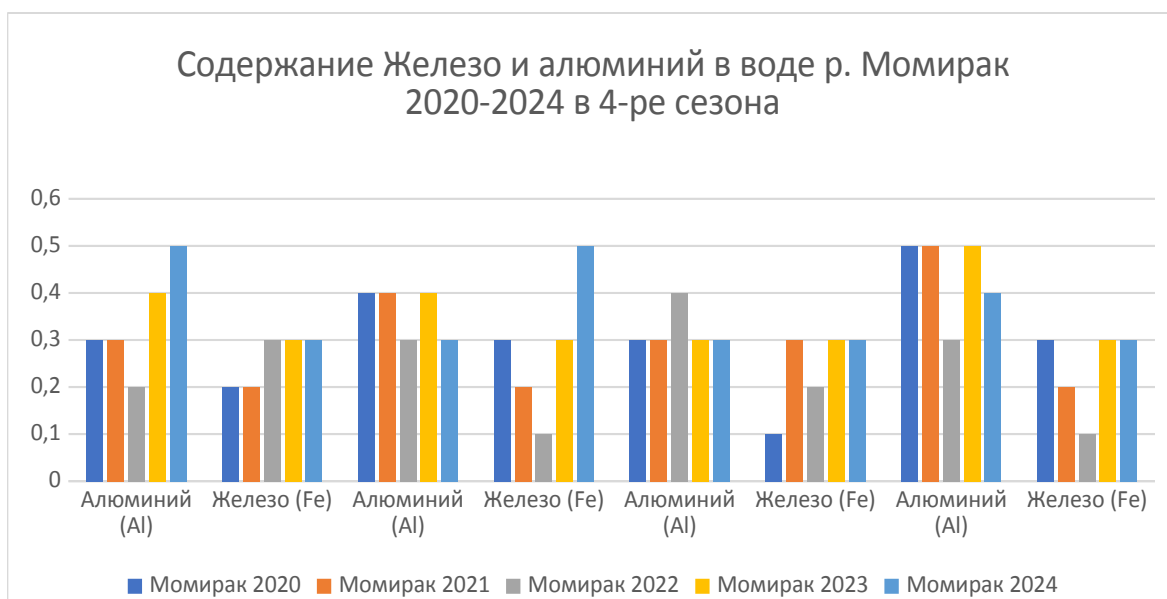


Рисунок 4.11. - Концентрация соединений железа и алюминий в период 2020-2025 гг. воде р. Момирак

Содержание сухого остатка в водах рек Тебалай и Момирак в 2020–2024 гг. характеризуется умеренной минерализацией и не превышает предельно допустимых значений (ПДЗ) для питьевого водоснабжения (1000 мг/дм³). Выявленные изменения могут быть связаны с особенностями водного режима, климатическими условиями и интенсивностью процессов выветривания в бассейнах рек (рис. 4.10).

Нитриты и нитраты являются индикаторами степени загрязнения и трофического состояния водоема. Эти соединения попадают в поверхностные воды из почвы через поверхностный и подземный сток с сельскохозяйственных угодий и населенных пунктов.

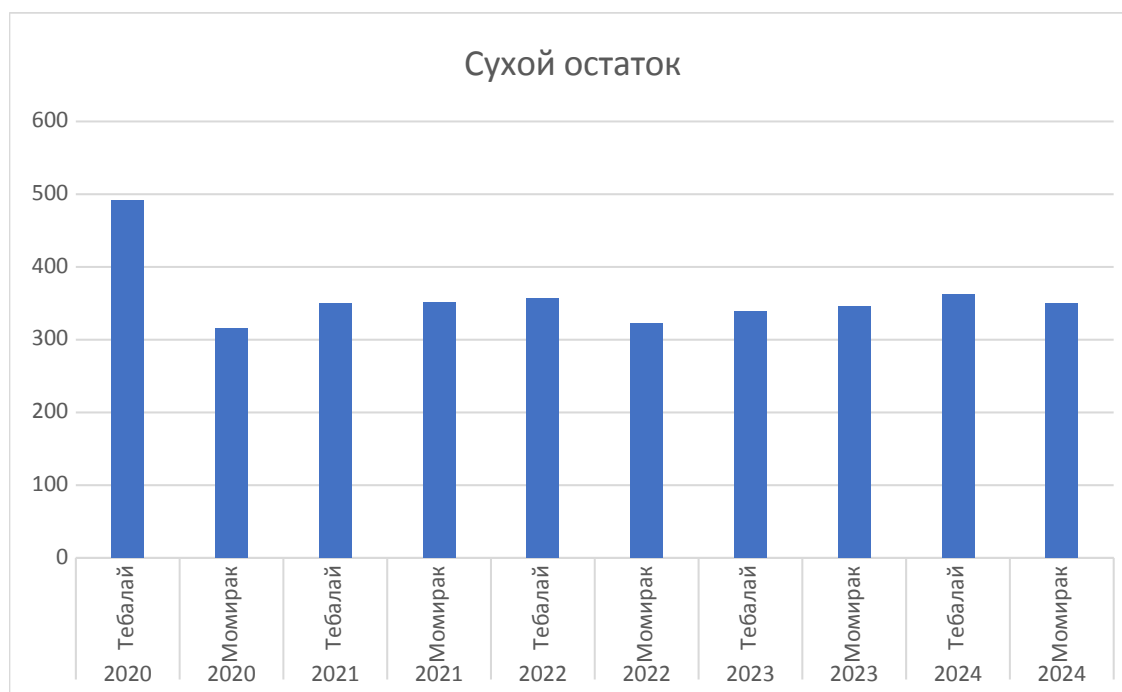


Рисунок 4.12. - Концентрация сухого остатка в период 2020-2025гг воде рр. Момирак и Тебалай

Содержание гидрокарбонатов (рис. 4.11) в водах рек Тебалай и Момирак изменялось в пределах 128–188 мг/дм³, что характерно для пресных гидрокарбонатных вод горных районов.

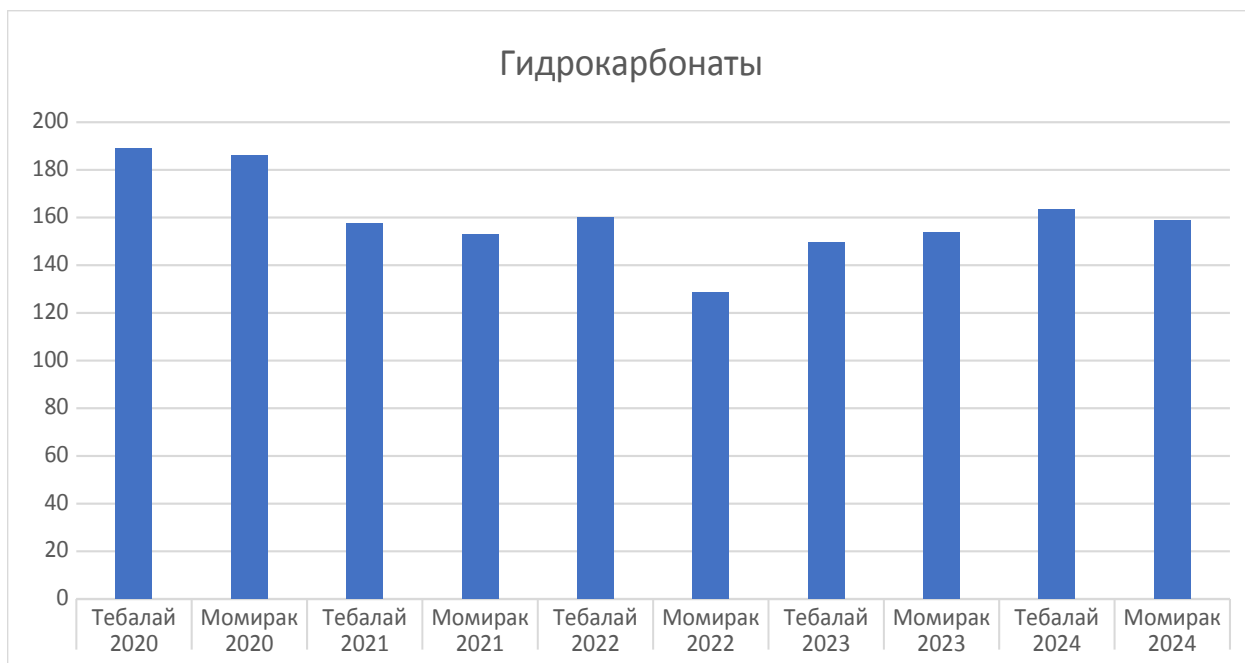


Рисунок 4.13. - Концентрация соединений гидрокарбонатов в период 2020-2025 гг.

После снижения концентраций в 2021–2022 годы наблюдается тенденция к их постепенному увеличению. Изменения могут быть обусловлены колебаниями водности рек, интенсивностью процессов растворения карбонатных пород и особенностями климатических условий в бассейнах исследуемых водотоков.

Значения минерализации на обоих объектах на протяжении всего пятилетнего периода находятся в пределах стабильного диапазона от 278 до 325 мг/л (рис. 4.12). В среднем уровень минерализации воды на объекте Тебалай (316,4 мг/л) стабильно выше, чем на объекте Момирак (301,6 мг/л). Вода в Тебалай характеризуется меньшей изменчивостью показателей из года в год.



Рисунок 4.14. - Концентрация минералов в период 2020-2025гг.

За время проведения исследований концентрации нитратов на всем протяжении реки не превышали значения ПДК. Наибольшая концентрация нитритов была зафиксирована в деревне Туто, что объясняется их попаданием в водоемы из поселения, где расположены фермы по разведению крупного рогатого скота и мелких животных. В 2024 году наблюдались максимальные значения нитритов и нитратов - 0,054 мг/л. Значение нитритов в среднем составило 0,016 мг/л. В воде содержание нитратов в среднем составляет 0,334мг/л. В 2022 году в створе кишлака Тебалай наблюдались максимальные значения нитратов - 0.88мг/л.

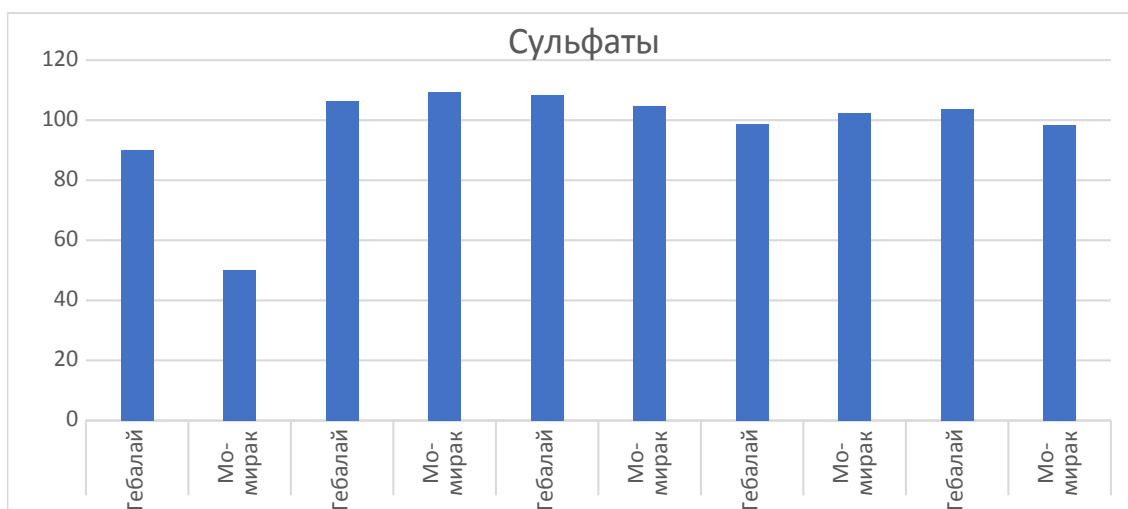


Рисунок 4.15 -Концентрация соединений сульфатов в период 2020-2025 гг.

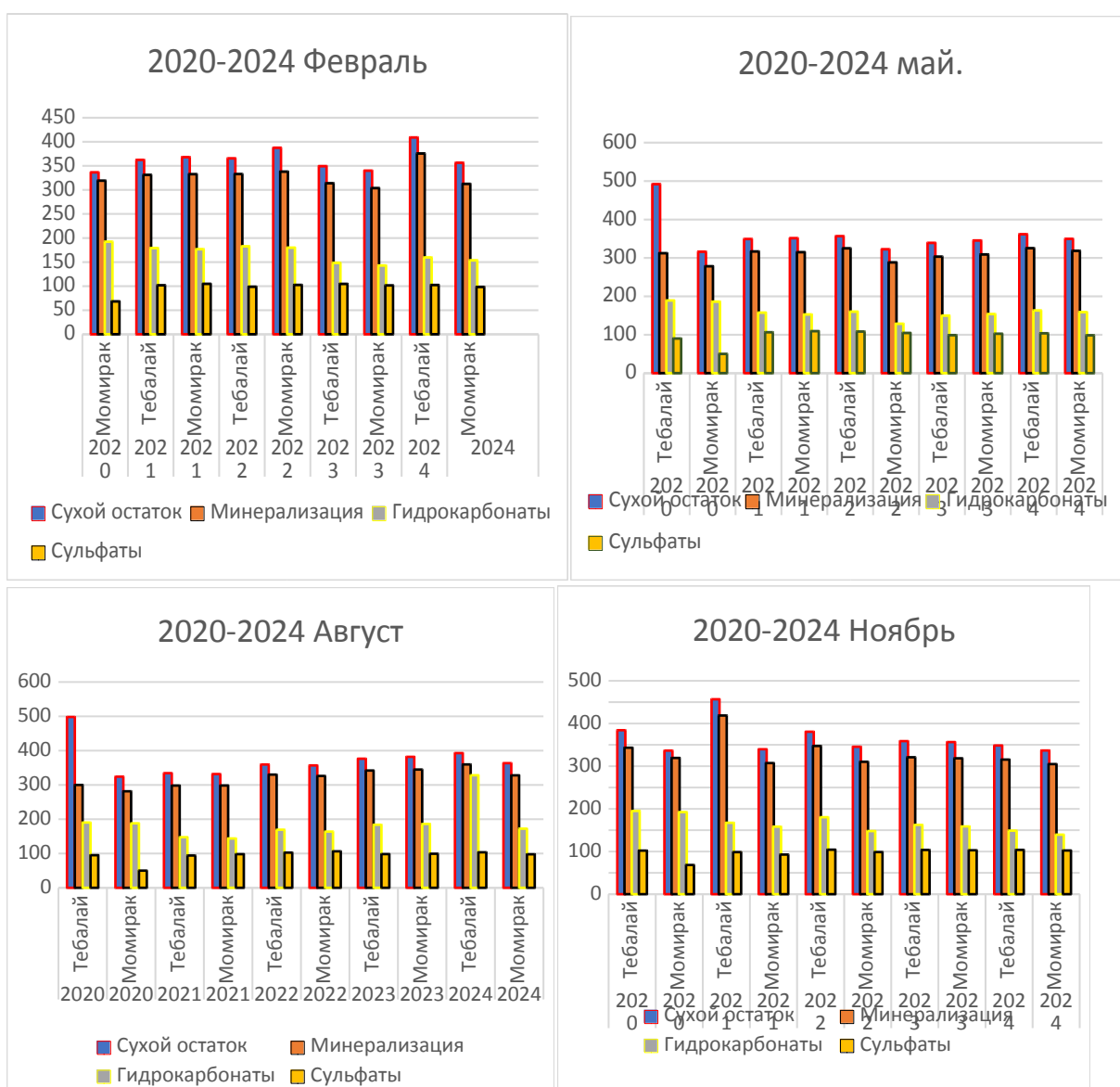


Рисунок 4.16. - Содержание Сухого остатка, гидрокарбонаты, сульфаты и минерализация в воде р. Момир и Тебалай 2020-2024.

Значение БПК₅ в поверхностных водах демонстрирует сезонные и суточные колебания. Эти колебания, в свою очередь, зависят от состава растворенного кислорода и температуры воды. На протяжении всего сезона наблюдений уровень БПК₅ по всему водному объекту не превышал ПДК (рисунок 4.12).

На исследуемой реке отмечено повышенное содержание ХПК (химического потребления кислорода), что связано с поступлением в водные объекты органических и неорганических загрязнителей из промышленных, бытовых и сельскохозяйственных стоков, а также утечек из накопителей и перегрузки очистных сооружений. Результаты исследований показали, что в течение всего периода наблюдений содержание ХПК превышало допустимые значения ПДК, что представлено на рис. 4.13.

Результаты экологических данных показали, что для рек Тебалай и Момирак характерными загрязняющими веществами являются соединения серы, хлора, магния, натрия, марганца и фенолов. Рассматриваемая территория за период 2020-2025 гг., в целом, не претерпела существенных изменений [135].



Рисунок 4.17. - Концентрация БПК₅ в период 2020-2025 гг.

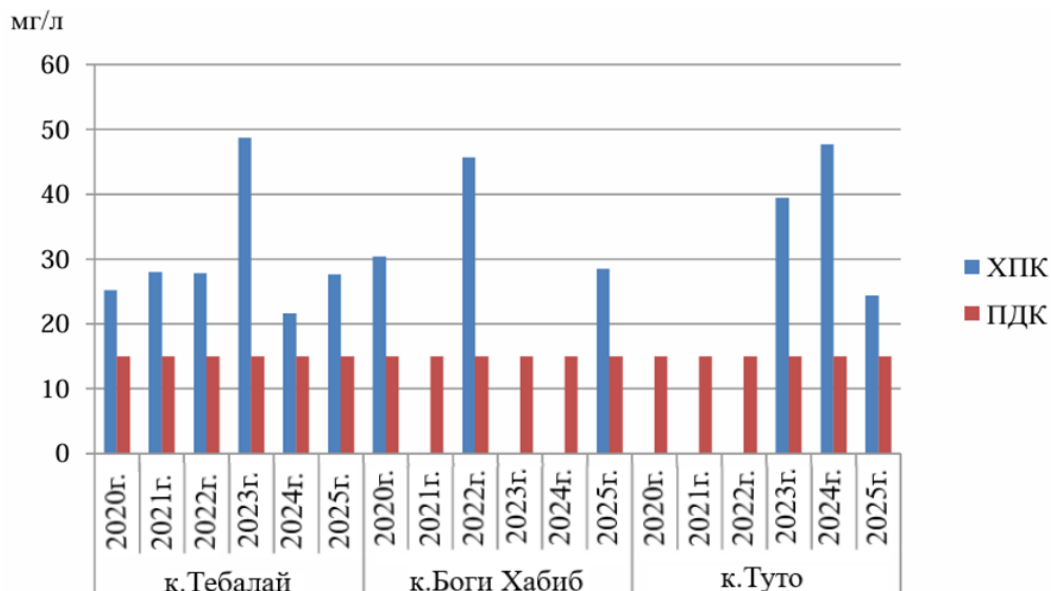


Рисунок 4.18. - Концентрация ХПК в период 2020-2025 гг.

Исследование показало, что за анализируемый период с 2020 по 2025 год качество речной воды на каждой станции мониторинга ухудшилось. За анализируемый период, то есть за шесть лет, качество воды изменилось с категории «загрязнённая» на категорию «загрязнённая». Выявлено, что за наблюдаемый период ухудшение качества воды связано увеличением численности населения, построек, инфраструктуры, а также появлением промышленных предприятий.

Проведенные исследования показали, что если эта тенденция негативного воздействия сельского хозяйства на качество вод продолжится, то в дальнейшем произойдёт деградация водных ресурсов. Изучив текущее состояние водопользования и проанализировав качество воды в условиях антропогенного воздействия, можно сделать вывод о том, что устойчивость водопользования в бассейне реки Кулябской зоны в последние годы снизилась.

Щелочность вод рек Тебалай и Момирак изменялась в пределах 4,4–7,2 ммоль/дм³ (рис. 4.17). После относительно низких значений в 2020 году наблюдалось увеличение показателя с последующей стабилизацией на уровне 6–7 ммоль/дм³. Повышенные значения щелочности связаны с преобладанием гидрокарбонатных ионов и процессами взаимодействия воды с карбонатными породами водосборных территорий.

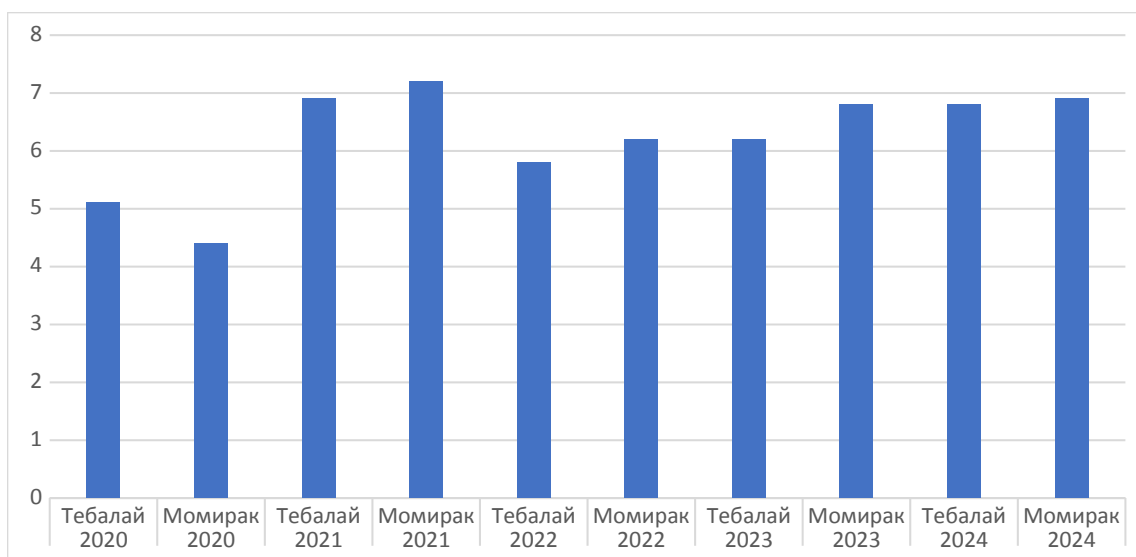


Рисунок 4.19. – Содержания щелочность в период 2020-2024 гг.

В период 2020–2024 гг. значения щелочности характеризовались относительной стабильностью на достаточно высоком уровне (рис. 4.18).

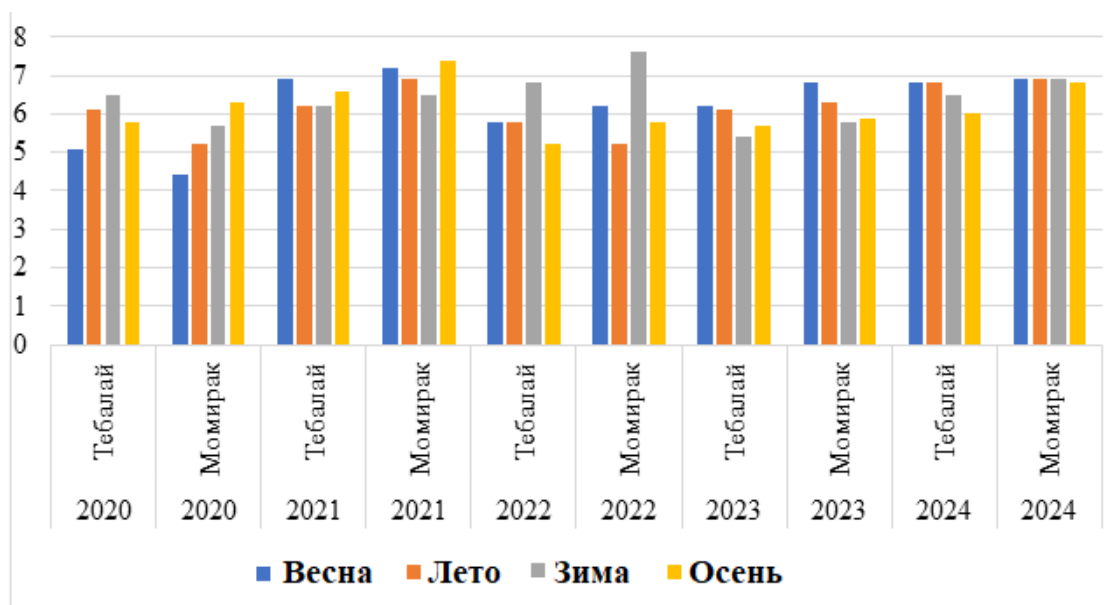


Рисунок 4.20. - Содержания щелочность в период 2020-2025 гг. в 4-ре сезона года.

Максимальные показатели были зафиксированы в 2021 году, после чего в 2022–2023 годах наблюдалось небольшое снижение.

Для вод, используемых в питьевом водоснабжении, общая щелочность составляет 2,0–5,0 ммоль/дм³. При значениях выше 7,0 ммоль/дм³ вода приобретает характерный «мыльный» вкус и может привести к нарушению солевого баланса организма. В период 2020–2025 гг. щелочность вод рек Тебалай и Момирак колебалась от 4,2 до 7,6 ммоль/дм³.

ВЫВОДЫ ПО ГЛАВЕ 4

1. С применением методов гидрохимии и физико-химических методов анализа был детально изучен и идентифицирован химический состав поверхностных вод, источников массового водоснабжения Кулябской зоны Хатлонской области на примере рек Тебалай и Момирак.

2. На основании полученных результатов было установлено, что эти воды содержат значительные количества растворенных и нерастворенных неорганических компонентов, которые негативно влияют на качество исследованных поверхностных вод.

3. Установлено, что летний период характеризуется наименьшей минерализацией и наибольшей пригодностью воды для орошения и бытового использования.

4. В зимний и осенний периоды происходит повышенная минерализация вод, что ограничивает прямое использование воды без предварительной обработки.

5. Сезонная динамика гидрохимических показателей должна учитываться при водохозяйственном планировании, прогнозировании качества воды и экологическом мониторинге.

ВЫВОДЫ

1. Основные научные результаты диссертации

1. Установлены органолептические свойства и химический состав исследуемых поверхностных и подземных вод бассейна реки Кафарниган и вод Хатлонского региона Республики Таджикистан, таких как р. Тебалай и р. Момирак [2-А], [4-А], [17-А].

2. Выявлено, что, сезонная изменчивость гидрохимического состава рек является закономерным результатом взаимодействия климатических, гидрологических, геолого-геохимических и антропогенных факторов, изменяющихся в течение водного года. Наиболее выраженные сезонные колебания гидрохимических показателей приурочены к периоду весенне-летнего половодья и летне-осенней межени, что обусловлено изменением доли талых, дождевых и подземных вод в питании рек [16-А], [20-А].

3. На основе полевых и лабораторных экспериментальных анализов определены, гидрохимические и органолептические показатели исследуемых вод, таких как прозрачность, вкус, запах, водородные показатели (рН), временная жесткость, постоянная жесткость, щелочность, сухой остаток и др. [4-А], [16-А].

4. Установлено, что на изменчивость содержания компонентов, изотопного состава, в том числе растворённого кислорода, также оказывают влияние климатические факторы региона. Исследуемые реки имеют смешанный тип питания с доминированием снегово-ледникового, что обуславливает высокую межгодовую и внутригодовую изменчивость расходов воды. Максимальные значения стока приходятся на июнь - август, минимальные - на декабрь-февраль [4-А], [6-А], [12-А].

5. Дана гидрохимическая оценка сезонных изменений поверхностных и подземных вод бассейна реки Кафирнигана, рек Тебалай и Момирак Хатлонского региона. В целом природно-географические и гидрологические условия южных рек Таджикистана создают предпосылки для выраженной

сезонной изменчивости качества воды, что требует комплексного подхода к её гидрохимической оценке и обоснования необходимости долгосрочного мониторинга [2-А], [3-А].

6. На основе полученных результатов выявлено, что воды Кулябского региона имеют в своём составе значительное количество растворённых и нерастворённых компонентов неорганического происхождения, которые отрицательно влияют на качество исследуемых поверхностных вод. Установлено, что летний период характеризуется наименьшей минерализацией и наибольшей пригодностью этих вод для орошения и хозяйственного использования. В зимний и осенний периоды происходит повышенная минерализация вод, что ограничивает прямое использование воды без предварительной обработки [1-А], [2-А], [12-А].

7. Доказано, что применение комплексного гидрохимического подхода, основанного на анализе сезонной динамики и использовании интегральных показателей качества воды, повышает достоверность оценки состояния поверхностных вод и их хозяйственной пригодности [1-А], [4-А].

2. Рекомендации по практическому использованию результатов

1. Результаты исследований по изучению химического состава исследуемых вод могут быть использованы для научного обоснования мониторинга поверхностных и подземных вод.
2. Полученные в диссертации результаты могут быть использованы для прогнозирования изменений качества воды и разработки рекомендаций по рациональному использованию воды в условиях сезонных и климатических изменений.
3. На основе диаграмм и современных разработанных методов можно использовать аналитические образцы при проведении аналогичных исследований по изучению химического состава питьевой воды.

4. Материалы диссертации могут быть использованы для анализа и определения изотопов кислорода $\delta^{18}\text{O}$ и водорода $\delta^2\text{H}$ в других подобных исследованиях.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алиев А.С. Физическая география Таджикистана. - Душанбе: Дониш, 2008. - 180 с. - С. 114.
2. Ахмедов Х.М. Гидрология рек Таджикистана. - Душанбе: Дониш, 2012. - 212 с. - С. 84.
3. Аброров Х.А. Гидрографияи Тоҷикистон. - Душанбе: Ирфон, 2003. - 156 с. - С. 24.
4. Алиев А.С. Физическая география Таджикистана. - Душанбе: Дониш, 2008. - 180 с.
5. Агаханянц О.Е. Основные проблемы физической географии Памира. - Душанбе: Дониш, 1965. - 240 с. - С. 132.
6. Ахмедов А.С. Подземные воды Таджикистана. - Душанбе: Дониш, 2015. - 150 с. - С. 12.
7. Бабаев, А. С. Ресурсы рек Таджикистана. - Душанбе: Дониш, 2012. - 194 с. (С. 78).
8. Баратов, Р. Б. Природа Таджикистана. - Душанбе: Ирфон, 2010. - 256 с. (С. 104)
9. Баратов, Р. Б. Горы и недра Таджикистана. - Душанбе: Дониш, 1981. - 102 с. (С. 18).
10. Баратов, Р. Б. Горы и недра Таджикистана. - Душанбе: Дониш, 1981. - 102 с. (С. 24).
11. Башорин, В. Н. Геохимия появления вод. - Москва: Недра, 1982. - 164 с. (С. 38).
12. Беус, А. А. Геохимия окружающей среды. - Москва: Недра, 1976. - 248 с. (С. 84).
13. Баратов, Р. Б. Горы и недра Таджикистана. - Душанбе: Дониш, 1981. - 102 с. (С. 25).
14. Ганиев, А. С. Мониторинг водных ресурсов. - Душанбе: Ирфон, 2015. - 210 с. (С. 86).

15. Гулов, А. С. Гидрохимия рек Таджикистана. - Душанбе: Дониш, 2019. - 176 с. (С. 58).
16. Гиляров, А. М. Популяционная экология. - Москва: Изд-во МГУ, 1990. - 192 с. (С. 124).
17. Ганиев, А. С. Мониторинг водных ресурсов. - Душанбе: Ирфон, 2015. - 210 с. (С. 115).
18. Гулов, А. С. Гидрохимия рек Таджикистана. - Душанбе: Дониш, 2019. - 176 с. (С. 76).
19. Давлатов, А. С. Экология водных ресурсов Таджикистана. - Душанбе: Ирфон, 2018. - 192 с. (С. 94).
20. Давлатов, А. С. Экология водных ресурсов Таджикистана. - Душанбе: Ирфон, 2018. - 192 с. (С. 82).
21. Егоров, В. В. Гидрохимия речных систем Таджикистана. - Душанбе: Дониш, 2014. - 188 с. (С. 62).
22. Ермолаев, В. А. Водные ресурсы и водоснабжение Таджикистана. - Душанбе: Ирфон, 2011. - 176 с. (С. 114).
23. Забиров, Р. Д. Экология и качество природных вод. - Душанбе: Дониш, 2016. - 182 с. (С. 104).
24. Зверев, В. П. Гидрогеохимия осадочного процесса. - Душанбе: Дониш, 2011. - 216 с. (С. 48).
25. Запрягаева, В. И. Природа Таджикистана. - Душанбе: Дониш, 1978. - 164 с. (С. 92).
26. Ломов, И. С. География и гидрология мировых водных систем. - Душанбе: Ирфон, 2011. - 240 с. (С. 156).
27. Муҳаббатова, Х. М. Географияи минтақаҳои ҷаҳон (География регионов мира). - Душанбе: Ирфон, 2014. - 360 с. (С. 112).
28. Имомов, А. И. Гидрохимия природных вод. - Душанбе: Ирфон, 2013. - 196 с. (С. 142).

29. Исломов, М. С. Гидрогеология и мелиорация земель. - Душанбе: Ирфон, 2015. - 184 с. (С. 72).
30. Имомов, А. И. Гидрохимия природных вод. - Душанбе: Ирфон, 2013. - 196 с. (С. 158).
31. Имомов, А. И. Гидрохимия природных вод. - Душанбе: Ирфон, 2013. - 196 с. (С. 172).
32. Имомов, А. И. Гидрохимия природных вод. - Душанбе: Ирфон, 2013. - 196 с. (С. 176).
33. Фостер, SSD Факторы загрязнения грунтовых вод. - 1998.
34. Косимов, А. С. Режим и ресурсы записи горного региона. - Душанбе: Дониш, 2017. - 204 с. (С. 96).
35. Камолов, А. С. Гидрология и гидрохимия горный рек. - Душанбе: Дониш, 2014. - 162 с. (С. 74).
36. Каримов, С. Т. Гидрогеологические условия орошаемых земель. - Душанбе: Ирфон, 2011. - 156 с. (С. 42).
37. Икромов, И. И. Экология и охрана водных ресурсов. - Душанбе: Ирфон, 2012. - 144 с. (С. 84).
38. Косимов, А. С. Режим и ресурсы записи горного региона. - Душанбе: Дониш, 2017. - 204 с. (С. 52).
39. Кондратьев, С. А. Формирование качества воды в речных коммуникациях. - Санкт-Петербург: Наука, 2007. - 224 с. (С. 86).
40. Курбонов, А. С. Мониторинг и охрана водных ресурсов. - Душанбе: Дониш, 2014. - 182 с. (С. 68).
41. Королев, В. А. Мониторинг подземных вод. - Москва: Издательство МГУ, 2005. - 416 с. (С. 84).
42. Кирюхин, В. А. Общая гидрогеология. - Санкт-Петербург: Наука, 2008. - 440 с. (С. 116).
43. Латифов, С. Л. Экологический мониторинг водных объектов. - Душанбе: Ирфон, 2012. - 158 с. (С. 64).

44. Кузнецова Л. М. Количественный химический анализ природных и очищенных сточных вод. - Москва: ЛЮМЭКС, 2012. - 234 с. (С. 118).
45. Линник, П. Н. Формы сосуществования металлов в пресных поверхностных водах. - Киев: Наукова думка, 1986. - 240 с. (С. 18)
46. Лозанский, В. Р. Охрана и использование водных ресурсов. - Ленинград: Гидрометеиздат, 1985. - 256 с. (С. 44).
47. Леонов, А. В. Математическое моделирование трансформации соединений биогенных элементов в морских экосистемах. - Москва: Наука, 1980. - 264 с. (С. 24).
48. Лурье, Ю. Ю. Аналитическая химия промышленных сточных вод. - Москва: Химия, 1984. - 448 с. (С. 24).
49. Лозовик, П. А. Гидрохимические методы исследования поверхностных вод. - Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2006. - 128 с. (С. 14).
50. Лукьянов, В. Г. Методы химического анализа с учетом вод. - Душанбе: Дониш, 2010. - 182 с. (С. 46).
51. Мансуров, У. А. Гидрохимия и качество воды рек Таджикистана. - Душанбе: Ирфон, 2015. - 174 с. (С. 36).
52. Майстренко, В. Н. Эколого-аналитический мониторинг поверхностных вод. - М.: Люмэкс, 2004. - 324 с. (С. 112).
53. Михайлов, Н. И. Горные страны Южной Сибири и Средней Азии. - Москва: Мысль, 1985. - 188 с. (С. 142).
54. Мансуров, У. А. Гидрохимия и качество воды рек Таджикистана. - Душанбе: Ирфон, 2015. - 174 с. (С. 128).
55. Мазаев, В. Т. Гигиеническое обоснование нормирования качества питьевой воды. - Москва: Медицина, 2005. - 256 с. (С. 12).
56. Максаковский, В. П. Географическая картина мира. Книга I: Общая характеристика мира. - Москва: Дрофа, 2008. - 495 с. (С. 62).
57. Максаковский, В. П. Географическая картина мира. Книга I: Общая характеристика мира. - Москва: Дрофа, 2008. - 495 с. (С. 78).

58. Никаноров, А. М. Глобальная экология. - Москва: Приор, 2003. - 288 с. (С. 146).
59. Назаренко, Г. И. Гигиена и экология человека. - Москва: Академия, 2008. - 272 с. (С. 154).
60. Немиров, Г. В. Гигиена воды и водоснабжения. - Москва: Медицина, 2004. - 224 с. (С. 82).
61. Никаноров, А. М. Глобальная экология. - Москва: Приор, 2003. - 288 с. (С. 194).
62. Опекунов, А. Ю. Экологическое нормирование. - Санкт-Петербург: Изд-во С.-Петерб. ун-та, 2001. - 216 с. (С. 88).
63. Орлов, В. А. Озон в процессах подготовки питьевой воды. - М.: Стройиздат, 1984. - 168 с. (С. 15).
64. Омелянц, А. М. Общая гигиена и экология человека. - Ростов-на-Дону: Феникс, 2007. - 352 с. (С. 114).
65. Одинаев, Х. А. Состояние и состояние водных ресурсов Республики Таджикистан. - Душанбе: Ирфон, 2013. - 148 с. (С. 56).
66. Обухов, А. М. Турбулентность и динамика атмосферы. - Ленинград: Гидрометеиздат, 1988. - 414 с. (С. 312).
67. Восстановление Аральского моря/Ф.Миклин / Аладин, Н. // В мире науки. - 2008. - №07. -С.44-51.
68. Орешкин, Д. Б. Аральская катастрофа. - Москва: Знание, 1990. - 48 с. (С. 12).
69. Оленин, А. С. (ред.) Водные ресурсы и их использование. - Москва: Наука, 1987. - 312 с. (С. 196).
70. Пулатов, Я. Э. Использование водных ресурсов в сельских хозяйствах Таджикистана. - Душанбе: Ирфон, 2011. - 180 с. (С. 34).
71. Пулатов, Я. Э. Управление водными действиями в условиях изменения климата. - Душанбе: Ирфон, 2014. - 164 с. (С. 112).

72. Родионов, А. И. Технологические процессы ключевой безопасности. - Калуга: Изд-во Н. Бочкаревой, 2000. - 800 с. (С. 114).
73. <https://www.iwapublishing.com/news/integrated-water-resources-managment-basic-concepts>.
74. Рафиков, А. А. Природные условия и ресурсы низовьев Амударьи. - Ташкент: Фан, 1982. - 120 с. (С. 114).
75. Ретюм, А. Ю. Река Амударья. - Москва: Географгиз, 1951. - 72 с. (С. 28).
76. Рахматуллоев, Р. Гидрография Таджикистана. - Душанбе: Маориф, 1994. - 132 с. (С. 54)
77. Рахматуллоев, Р. Гидрография Таджикистана. - Душанбе: Маориф, 1994. - 132 с. (С. 76)
78. Рахматуллоев, Р. Гидрография Таджикистана. - Душанбе: Маориф, 1994. - 132 с. (С. 58)
- 79.[http:// www.cawater-info.net/syrdarya-knowledge-base/maps.htm](http://www.cawater-info.net/syrdarya-knowledge-base/maps.htm).
80. Рогов, М. М. Гидрология дельты Амударьи. - Ленинград: Гидрометеиздат, 1957. - 158 с. (С. 14).
81. Рогов, М. М. Гидрология дельты Амударьи. - Ленинград: Гидрометеиздат, 1957. - 158 с. (С. 42).
82. Салимов, Т. О. Экология и мониторинг водных ресурсов. - Душанбе: Дониш, 2013. - 192 с. (С. 76).
83. Соколов, А. А. Гидрография СССР. - Ленинград: Гидрометеиздат, 1964. - 536 с. (С. 368).
84. Степанов, И. Н. Почвенно-мелиоративное районирование бассейна р. Сырдарьи. - Ташкент: Фан, 1972. - 184 с. (С. 26).
85. Семенов, С. М. (ред.) Методы оценки последствий изменения климата для физических и биологических систем. - Москва: Физматлит, 2012. - 512 с. (С. 344).

86. Саидмуродов, Х. М. (ред.) Советский Союз. Таджикистан. - Москва: Мысль, 1968. - 238 с. (С. 154).
87. Саидов, А. С. (ред.) Ресурсы поверхностных вод СССР. Том 14. Средняя Азия. Выпуск 3. Бассейн р. Амударьи. - Ленинград: Гидрометеиздат, 1971. - 480 с. (С. 214).
88. Султонов, З. З. География Хатлонской области. - Курган-Тюбе: Вахш, 2008. - 128 с. (С. 34).
89. Сафиев, Х. С. (ред.) Экология и природные ресурсы Таджикистана. - Душанбе: Дониш, 2010. - 254 с. (С. 86).
90. Салимов, Т. О. Экология и мониторинг водных ресурсов. - Душанбе: Дониш, 2013. - 192 с. (С. 84).
91. Саидмуродов, Х. М. (ред.) Таджикистан (Природа и природный ресурс). - Душанбе: Дониш, 1982. - 604 с. (С. 245).
92. Салимов, Т. О. Экология и мониторинг водных ресурсов. - Душанбе: Дониш, 2013. - 192 с. (С. 82).
93. Таджикгидромет. Научно-прикладной справочник по климату СССР. Серия 3. Многолетние данные. Часть 1-6. Выпуск 31. Таджикская ССР. — Ленинград: Гидрометеиздат, 1990. — 504 с. (С. 118).
94. Саидмуродов, Х. М. (ред.) Таджикистан (Природа и природный ресурс). - Душанбе: Дониш, 1982. - 604 с. (С. 148)
95. Таджибоев, А. С. Водное хозяйство и ирригация в Таджикистане. - Душанбе: Ирфон, 2012. - 196 с. (С. 74).
96. Сафиев, Х. С. (ред.) Экология и природные ресурсы Таджикистана. - Душанбе: Дониш, 2010. - 254 с. (С. 92)
97. Турсунов, А. А. Водные ресурсы Таджикистана и их использование. - Душанбе: Дониш, 2015. - 184 с. (С. 92).
98. Таджибоев, А. С. Водное хозяйство и ирригация в Таджикистане. - Душанбе: Ирфон, 2012. - 196 с. (С. 142).

99. Тарасов, М. Н. Формирование химического состава вод рек. - Ленинград: Гидрометеиздат, 1982. - 240 с. (С. 182).
100. Тевар, А. П. Управление водными ресурсами в трансграничных бассейнах. - Душанбе: Дониш, 2011. - 172 с. (С. 84).
101. Фелькерзам, Г. Г. Гидрохимия и гидрология рек Средней Азии. - Москва: Наука, 1980. - 212 с. (С. 86).
102. Салимов, Т. О. Экология и мониторинг водных ресурсов. - Душанбе: Дониш, 2013. - 192 с. (С. 86).
103. Рахматуллоев, Р. Гидрография Таджикистана. - Душанбе: Маориф, 1994. - 132 с. (С. 79).
104. Фалькович, А. С. Водный баланс и гидрография горных территорий. - Ленинград: Гидрометеиздат, 1982. - 224 с. (С. 136).
105. Фролов, И. Ф. Речные системы и водные ресурсы аридных зон. - Москва: Наука, 1985. - 240 с. (С. 118).
106. Федченко, Г. П. (ред.) Ресурсы поверхностных вод СССР. Том 14. Средняя Азия. Выпуск 3. Бассейн р. Амударьи. - Ленинград: Гидрометеиздат, 1971. - 456 с. (С. 218).
107. Рахимов, М.Р. Природа Таджикистана. – Душанбе: Маориф, 1991. – 152с. (С. 68).
108. Фёдоров, Е. К. (ред.) Климат и водные ресурсы. - Ленинград: Гидрометеиздат, 1975. - 312 с. (С. 194).
109. Удельнова, Н. И. Гидрохимия и использование водных ресурсов Таджикистана. - Душанбе: Дониш, 2011. - 186 с. (С. 72).
110. Умаров, Х. У. (ред.) Экономические аспекты использования водных ресурсов. - Душанбе: Ирфон, 2012. - 214 с. (С. 116)
111. Усачев, А. П. Мониторинг качества поверхностных вод. - Москва: Научный мир, 2007. - 232 с. (С. 118)
112. Умаров, Х. У. (ред.) Экономические аспекты использования водных ресурсов. - Душанбе: Ирфон, 2012. - 214 с. (С. 142).

113. Умаров, Х. У. (ред.) Экономические аспекты использования водных ресурсов. - Душанбе: Ирфон, 2012. - 214 с. (С. 158).
114. Перельман, А. И. Геохимия появления вод. - Москва: Наука, 1982. - 354 с. (С. 192).
115. Фомин, Г. С. Вода. Контроль химической, бактериальной и радиационной безопасности в рамках международных соглашений. - Москва: Защитник, 2002. - 848 с. (С. 156).
116. Фролов, Ю. Г. Курс коллоидной химии. Поверхностные явления и дисперсные системы. - Москва: Химия, 1988. - 464 с. (С. 218).
117. Фомин, Г.С. Вода. Контроль химической, бактериальной и радиационной безопасности в рамках международных соглашений. - Москва: Защитник, 2002. - 848 с. (С. 18).
118. Фетисов, В. В. Мониторинг водных объектов. - Санкт-Петербург: Лань, 2012. - 256 с. (С. 44).
119. Хромов, С. П. Метеорология и климатология. — Москва: Издательство МГУ, 2004. — 528 с. (С. 364).
120. Федоров, В. Д. Биологический мониторинг: методы и результаты. — Москва: Изд-во МГУ, 1982. — 186 с. (С. 72).
121. Хаустов, А. П. Экологический мониторинг. — Москва: Юрайт, 2014. — 637 с. (С. 194).
122. Хайтун, С. Д. Экологический мониторинг: методы и средства. — Москва: Наука, 2003. — 248 с. (С. 132).
123. Хорват, Р. Я. Химический анализ воды. — Москва: Стройиздат, 1988. — 254 с. (С. 92).
124. Хромых, В. В. Геоинформационное картографирование в экологии и природопользовании. — Томск: Изд-во Томского ун-та, 2011. — 184 с. (С. 112).
125. Черногаева, Г. М. Мониторинг состояния состояния ресурсов. — Москва: Гидрометеиздат, 2004. — 216 с. (С. 134).

126. Черкинский, С. Н. Руководство по гигиене водоснабжения. — Москва: Медицина, 1975. — 312 с. (С. 82).
127. Шварцев, С. Л. Гидрогеохимия зоны гипергенеза. — Москва: Недра, 1998. — 367 с. (С. 112).
128. Шлов, Г. И. (ред.) Экологические проблемы маленьких рек. — Москва: Наука, 1989. — 224 с. (С. 108).
129. Ферронский, В. И. Изотопия гидросферы Земли. — Москва: Наука, 2009. — 632 с. (С. 86).
130. Эргашев, А. Э. Экология рек Средней Азии. — Ташкент: Фан, 1980. — 214 с. (С. 156).
131. Эргашев, Р. Орошение земель в бассейнах рек Таджикистана. — Душанбе: Ирфон, 1985. — 176 с. (С. 52).
132. Юнусов, М. Ю. Гидрохимия рек Таджикистана. — Душанбе: Дониш, 1982. — 144 с. (С. 58).
133. ГОСТ 4389-72. Вода питьевая. Методы определения содержания сульфатов. — Москва: Стандартинформ, 2010. — 12 страниц
134. ГОСТ 31859-2012. Вода питьевая. Метод определения ХПК. — М.: Стандартинформ, 2013. — 12 с.
135. ГОСТ 31940-2012. Вода питьевая. Методы определения БПК. — М.: Стандартинформ, 2013. — 16 с.

ПУБЛИКАЦИИ АВТОРА ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

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

[1-А] Холмирзоева М.О. Об эффективности использования метода электроосаждения для очистки и обеззараживания питьевых вод/ Холмирзоева М.О., Раджабова А.С., Кароматуллоева Н.С., Бокиев О.С.//-Доклады Академии Наук Республики Таджикистан 2008г., том 51, №7,- С.544-549.

[2-А] Холмирзоева М.О. Комплексное исследование химического состава подземных источников питьевой воды «Тебалай» и «Момирак» Кулябского региона/Холмирзоева М.О., Ахмадов А.Ш., Шаймурадов Ф.И.// Доклады Академии Наук Республики Таджикистан 2008г., том 52, №5, -С.382-385

[3-А] Холмирзоева М.О. Мониторинг и физико-химические исследования подземных и поверхностных источников питьевой воды Республики Таджикистан /Холмирзоева М.О., Буранова С.А., Норматов И.Ш., Раджабова А.С. //Вода химия и экология №6/2012, -С.92-97

[4-А] Холмирзоева М.О. Оценка состояния подземных вод бассейна реки Кафирниган/ Холмирзоева М.О.// Вестник Технологического Университета Таджикистан №2(49) 2022г.-С.100-110

[5-А] Холмирзоева М.О. Текущая ситуация с водоснабжением и улучшением санитарных условий в Республике Таджикистан /Холмирзоева М.О., И.М. Рахимов, И.Ш. Норматов// Вестник Технологического Университета Таджикистан №3(50) 2022г. –С. 95-103.

[6-А] Холмирзозода М.О. Арзёбии ҳолати обҳои рӯизаминӣ дар дараи Камароби водии Рашт / Ф.И. Шаймурадов, К.Ф. Эмомов, С.Ф. Бобозода, , С.К. Ҳомидов.// Захираҳои обӣ, энергетика ва экология. Институти масъалаҳои об, гидроэнергетика ва экологияи АМИТ. Том5 №1. Душанбе 2025г.-С. 108-116

[7-A] M.O. Kholmirzoeva. Ecological and hydrochemical characteristics of groundwater // Rauf Jurakhonzoda, Tohir Majidzoda, Dilshod Ibragimzoda, Raul Pascalau, Laura Smuleac, M.O. Kholmirzoeva. // Research journal of Agricultural Science, 57(2) 2025, ISSN 2668-926X. – p. 156-167

[8-A] Холмирзозода М.О. Первичные радиоэкологические исследования в районе Сарезского озера в Центральном Памире. // С.Ф. Бобозода, Д.Ф. Стоцкий, Д.А. Абдушукуров, Холмирзоева М.О.// Захираҳои обӣ, энергетика ва экология. Институти масъалаҳои об, гидроэнергетика ва экология АМИТ. Том5 №4. Душанбе 2025г.

[9-A] Холмирзозода М.О. Климато-орографические условия формирования водных ресурсов центрального Таджикистана.// Холмирзозода М.О., Кодиров А.С., Садриддинов О.М., Азизов З.Б.// Захираҳои обӣ, энергетика ва экология. Институти масъалаҳои об, гидроэнергетика ва экология АМИТ. Том5 №4. Душанбе 2025г.

[10-A] Холмирзоева М.О. Тарзи гирифтани намунаи моеъ аз чоҳҳо ва дастгоҳ барои амаликунии он / С.Қ. Давлатшоев, Ш.А. Шамсуллоев, С.Т. Тоирзода, С.Х. Чақалов, Ф.А. Кариева, М.М. Акмалов, Н.М. Муҳибуллоев // Нахуст патент № TJ 1408 от 27. 02.2023 . Тарзи гирифтани намунаи моеъ аз чоҳҳо ва дастгоҳ барои амаликунии он.

II. Публикации в материалах научных конференций

[11-A] Холмирзоева М.О. Role of information technology in water quality management of Central Asia Transboundary Rivers// Kholmirzoeva M., Normatov I.// Материалы Международной конференция “Применение ИКТ для снижения риска стихийных бедствий в Центральной Азии” 29.04-1.05.2009, Эстера, НАТО, г.Душанбе, -С.66-68

[12-A] M.O. Kholmirzoeva. Monitoring of change of the chemical composition of groundwater during vegetation periods // Normatov I., Kholmirzoeva M., Nosirov

N. IAHS-AISH Publication. Ser. "GQ10: Groundwater Quality Management in a Rapidly Changing World" 2011. C. 427-430.

[13-A] Холмирзоева М.О. About necessity of working out modern methods for treatment and clearing of potable waters// Kholmirezova M.O., Langariva J.S., Bokiev O.S.//Сборник тезисов докладов международной конференции «Стимулирование потенциала общества, науки и неправительственных организаций к сохранению биоразнообразия и охраны окружающей среды», 2011г., Душанбе,-С. 71-72.

[14-A] Холмирзоева М.О. Исследование активированных бентонитовых глин для умягчения воды// Холмирзоева М.О., Эмомов К.Ф., Шаймурадов Ф.И. //Сборник тезисов докладов международной конференции «Стимулирование потенциала общества, науки и неправительственных организаций к сохранению биоразнообразия и охраны окружающей среды», 2011г, Душанбе, -С.128-129.

[15-A] Холмирзоева М.О. О кинетике гетерогенных процессов// Холмирзоева М.О.// Материалы республиканской научно-практической конференции, посвященной 20-летию государственной независимости Республики Таджикистана и 5-летию Института энергетики Таджикистана. «Наука и энергетические образование на современном этапе», 2011г. Курган-түбө, -С.126-128.

[16-A] Холмирзоева М.О. Имкониятҳои сохтани дарғоти идоракунанда дар қисматҳои ҳамвори дарёи Қофарниҳон//Холмирзоева М.О., Қодиров Ш.С.//Маводҳои конференсияи байналмилалӣ илм «Истифодаи маҷмаавии захираҳои обӣ-энергетикӣ дар Осиёи Марказӣ дар шароити тағирёбии глобалии иқлим», 3-4 декабри с 2020, Душанбе, - С.129-132

[17-A] Холмирзоева М.О. Гидрохимические исследования бассейна реки Кафирниган // Холмирзоева М.О., Рахимов И.М., Эмомов К.Ф., Шаймурадов Ф.И., Ниязов Дж. Б.// Маводҳои конференсияи байналмилалӣ илм «Истифодаи маҷмаавии захираҳои обӣ-энергетикӣ дар Осиёи Марказӣ дар шароити тағирёбии глобалии иқлим», 3-4 декабри с 2020, Душанбе, -С.233-238

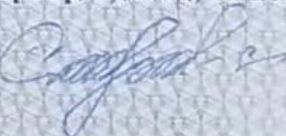
[18-А] Холмирзоева М.О. Таъсири моддаҳои ифлоскунандаи нақлиёт ба экологияи шаҳри Душанбе. // Холмирзоева М.О., Орифов Дж.Р.// Захираҳои обӣ, энергетика ва экология. Институти масъалаҳои об, гидроэнергетика ва экологияи АМИТ. Ҷ.1 №2.2021. Душанбе-С.101-103

[19-А] Холмирзоева М.О. Экологические проблемы развития энергетики в Таджикистане. //Холмирзоева М.О., Орифов Дж.Р.// Водные ресурсы, энергетика и экология Института водных проблем, гидроэнергетики и экологии Национальной Академии Наук Таджикистана. том1 №2.2021. -С.101-103

[20-А] Холмирзоева М.О. Безопасность и экологичность проекта. // Холмирзоева М.О., Гулахмадов Х.Ш., Нуриддини Файз, Равшанов Д.Ч.// Учебное пособие. 2010. 148стр.

[21-А] Холмирзоева М. Аъамияти назорати давлатии истифода ва ӯифзи захираҳои об дар Љумъурии Тоҷикистон. // Боев М.Р., Шарифов Ф.Д.// Материалы научно-практической конференции «Водное хозяйство –основа устойчивого развития» Посвящается 85-летию со дня рождения и 60-летию научно-производственной деятельности Заслуженного работника Таджикистана, доктора технических наук Носирова Наби Косимовича Душанбе 2025г., стр 128.

[22-А] Холмирзозода М.О. Воздействие изменение климата на качества атмосферного воздуха в городе Душанбе. // Гулахмадов Х.Ш., Иброхимов С.Ш., Холмирзозода М.О. // Материалы XXIII международной научной конференции «Качество внутреннего воздуха и окружающей среды», 19-20 - сентября 2025. Душанбе. – С.249-252.

ҶУМҲУРИИ ТОҶИКИСТОН		ИДОРАИ ПАТЕНТӢ
ШАҲОДАТНОМА		
Шаҳрванд Холмирзоева М.О.		
муаллифи ихтирои <i>Тарзи гирифтани намунаи моеъ аз ҷохҳо ва дастгоҳ барои амаликунии он</i>		
Ба ихтироъ нахустипатенти № ТҶ 1408	дода шудааст.	
Дорандан нахустипатент Давлатшоев С.К.		
Сарзамин Ҷумҳурии Тоҷикистон		
Ҳаммуаллиф(он) Давлатшоев С.К., Шамсуллоев Ш.А., Тоирзода С.Т., Чақалов С.Х., Кариева Ф.А., Акмаилов М.М., Муҳибуллоев Н.М.		
Аввалияти ихтироъ 27.02.2023		
Таърихи рӯзи пешниҳоди ариза 27.02.2023		
Аризаи № 2301806		
Дар Феҳристи давлатии ихтироъҳои Ҷумҳурии Тоҷикистон		
5 июли с. 2023 ба қайд гирифта шуд		
Нахустипатент		
этибор дорад аз 27 феввали с. 2023 то 27 феввали 2033 с.		
Ин шаҳодатнома ҳангоми амалӣ гардоидаани ҳукуку имтиёзхое, ки барои муаллифони ихтироот бо конунгузории ҷорӣ муқаррар гардидаанд, нишон дода мешавад		
ДИРЕКТОР  Исмоилзода М.		



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ
ТАДЖИКИСТАН

ТАДЖИКСКИЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени академика М.С. Осими

734042, Душанбе, просп. академиков Раджабовых 10, Тел.: (+992 37) 221-35-11,
Факс: (+992 37) 221-71-35, E-mail: ttu@ttu.tj, Web: www.ttu.tj

от 24 » 03 2026 г. № 24/172

УТВЕРЖДАЮ
Ректор ТТУ им. акад. М.С. Осими
Давлатзода К.К.
« » 2026 г.

АКТ

о внедрении результатов диссертации Холмирозода Муслимы Олим в учебный процесс кафедры безопасность жизнедеятельности и экология Таджикского технического университета имени академика М.С. Осими

Мы, нижеподписавшиеся, подтверждаем, что основные научные положения, выводы и рекомендации кандидатской диссертации Холмирозода Муслимы Олим на тему «Гидрохимическая оценка сезонной изменчивости поверхностных и подземных вод Таджикистана» (на примере южных рек Таджикистана) внедрены в учебный процесс кафедры безопасность жизнедеятельности и экология при изучении дисциплин: Экологический мониторинг; Гидрология и гляциология; Комплексное использование водных ресурсов и очистке сточных вод, читаемых студентам (бакалаврам и магистрантам) по направлению подготовки бакалавров по специальностям 1-330101-05 Инженерная защита окружающей среды, 1-330104 Экологический мониторинг, менеджмент и аудит.

Эффект от внедрения (использования) результатов.

Эффективность и прикладная значимость этих материалов заключается в том, что гидрохимическая оценка сезонной изменчивости поверхностных и подземных вод Таджикистана представляет собой важный элемент анализа состояния водных ресурсов, учитывая их ключевую роль в обеспечении сельского хозяйства, энергетики и экологической устойчивости страны.

В этом контексте изучение сезонной динамики гидрохимических показателей является необходимым инструментом научно обоснованного управления водными ресурсами и обеспечения требуемого качества воды для нужд населения и функционирования природных экосистем. В связи с этим использованные в диссертации гидрохимические методы, аналитической химии и методов физико-химического анализа может использоваться при

выполнении лабораторных работ для определения гидрохимических показателей и качества вод.

Внедрение материалов диссертации Холмирзозода Муслимы Олим на тему: «Гидрохимическая оценка сезонной изменчивости поверхностных и подземных вод Таджикистана» (на примере южных рек Таджикистана) позволяет:

- повысить качество подготовки бакалавров;
- использоваться при выполнении выпускных квалификационных работ бакалавров;
- при разработки магистерских диссертаций и докторантов Ph.D.

Материалы диссертации использованы в следующих документах, материалах и разработках:

- постановка учебно-исследовательских работ бакалавров по курсам дисциплин «Гидрология и гляциология», «Экологический мониторинг» и «Комплексное использование водных ресурсов и очистке сточных вод».

Председатель комиссии:

Проректор по учебной работе ТТУ имени акад. М.С. Осими, к.т.н., доцент

Маджидзода Т.С.

Члены комиссии:

Декан Механико-технологического факультета ТТУ имени академика М.С. Осими к.т.н., доцент

Исмонзода Р.Д.

Заведующий кафедрой безопасности жизнедеятельности и экология ТТУ имени академика М.С. Осими к.т.н., доцент

Ибрагимов С.Дж.

Дотсент кафедры безопасности жизнедеятельности и экология ТТУ имени академика М.С. Осими к.т.н.

Зоиров Ф.Б.

и.о. доцента кафедры безопасности жизнедеятельности и экология ТТУ имени академика М.С. Осими к.т.н.

Бобоев Х.Б.

Подписи проректора по учебной части, первого проректора, к.т.н., доцента Маджидзода Т.С., членов комиссии: декана МТФ ТТУ имени академика М.С. Осими к.т.н., доцента Исмонзода Р.Д., зав. кафедрой БЖД и Э ТТУ имени академика М.С. Осими к.т.н., доцента Ибрагимова С.Дж., к.т.н., доцента кафедры безопасности жизнедеятельности и экология ТТУ имени академика М.С. Осими к.т.н., доцента Зоирова Ф.Б., и.о. доцента кафедры БЖД и Э ТТУ имени академика М.С. Осими к.т.н. Бобоева Х.Б. заверяю:

Начальник ОК имени академика М.С. Осими



Кодирзода Н.Х.

«УТВЕРЖДАЮ»

Директор Института водных
проблем, гидроэнергетики и
экологии НАНТ, д.т.н.

 Гулахмадзода А.А.

«_____» 2025 г.

СПРАВКА

о внедрении в учебный процесс результатов диссертационного исследования Холмирозода Муслимы Олим на тему «Гидрохимическая оценка сезонной изменчивости подземных вод Таджикистана (на примере южных рек)», представленного на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 25.00.27 — «Гидрология суши, водные ресурсы, гидрохимия»

Результаты диссертационной работы Холмирозода Муслимы Олим на тему «Гидрохимическая оценка сезонной изменчивости подземных вод Таджикистана (на примере южных рек)» внедрены в учебный процесс подготовки магистров и докторов PhD в Институте водных проблем, гидроэнергетики и экологии Национальной академии наук Таджикистана (ИВПГЭиЭ НАНТ). В частности:

Результаты исследования внедрены в учебный процесс при подготовке магистров и докторов PhD по следующим образовательным программам и специальностям:

1М-33.01.01.01 — «Экология», 6D061000 — «Гидрология», 6D060800 — «Водные ресурсы и их использование» и 6D061200 — «Метеорология».

Результаты исследования внедрены в учебно-методические комплексы и рабочие программы следующих дисциплин:

а) «Защита водных ресурсов»:

Впервые проведено детальное изучение химического состава воды, что позволило определить механизмы формирования качества подземных и поверхностных вод под воздействием природных и антропогенных факторов.

б) «Гидроэкология»:

Результаты исследования использованы при изучении микробиологического состояния вод бассейна реки Кафирниган. В отличие

от ранее полученных данных, предложенный комплексный подход позволяет студентам на практике освоить методы оценки состояния водных экосистем в условиях изменяющейся антропогенной нагрузки.

в) «Гидрохимия»:

Внедрена авторская методика гидрохимической оценки водных объектов, основанная на анализе показателей солевого состава и содержания основных загрязняющих веществ. Полученные данные использовались при проведении практических занятий по расчёту индекса загрязнённости воды (ИЗВ) и прогнозированию качества водной среды.

Практическая значимость:

Использование результатов исследования способствует повышению уровня подготовки специалистов, углублению знаний в области региональной гидрохимии и формированию навыков научно-исследовательской деятельности у обучающихся. Материалы исследования применяются при проведении полевых и экспедиционных работ по отбору проб воды с использованием портативных и лабораторных приборов для определения физико-химических параметров исследуемых вод в рамках подготовки магистров и докторов PhD.

Заместитель директора по науке
и образованию ИВППЭиЭ НАНТ, к.т.н.



Алиев Ф.А.