

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ (РГГМУ)

УДК 540.4(282.255.434): 556.531

На правах рукописи

НОРМАТОВ ПАРВИЗ ИНОМОВИЧ

**ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ЗАГРЯЗНЕННОСТИ
ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД И СНЕГОВ БАСЕЙНА ТРАНСГРАНИЧНОЙ
РЕКИ ЗЕРАВШАН**

Специальность 25.00.36 – Геоэкология

ДИССЕРТАЦИЯ

на соискание ученой степени
кандидата географических наук

Научный руководитель
доктор химических наук,
профессор Фрумин Г.Т.

Санкт-Петербург 2016

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
ГЛАВА 1. ВОДНЫЕ РЕСУРСЫ БАССЕЙНА РЕКИ ЗЕРАВШАН И ПЕРСПЕКТИВЫ ИХ РАЗВИТИЯ	12
1.1. Гидрологические характеристики реки Зеравшан и ее притоков	12
1.1.1. Река Зеравшан	12
1.1.2. Основные притоки реки Зеравшан	13
1.2. Современное состояние ледников бассейна реки Зеравшан	16
1.2.1. Ледник Зеравшан	16
1.2.2. Ледник Рама	16
1.2.3. Ледник Тро	17
1.2.4. Ледник Дихаданг	17
1.2.5. Ледник ГГП (Гидрографическая партия)	17
1.3. Ирригационные и энергетические аспекты водных ресурсов бассейна реки Зеравшан	20
1.3.1. Состояние сельского хозяйства на верховьях реки Зеравшан и перспективы его развития	20
1.3.2. Вклад реки Зеравшан в орошении земель и фактор благополучного развития сельского хозяйства Республики Узбекистан	24
1.3.3. Гидроэнергетический потенциал бассейна реки Зеравшан и перспектива его развития	25
1.4. Гидрохимия реки Зеравшан и ее притоков	29
1.4.1. Основные источники загрязнения на верховье реки Зеравшан	30
1.4.2. Основные источники загрязнения на низовье реки Зеравшан	32
ГЛАВА 2. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ	35
2.1. Характеристика информационного массива	35
2.2. Методика обоснования территорий мониторинга в бассейне реки Зеравшан	37
2.2.1. Отбор проб снежного покрова	42
2.3. Изотопное исследование отобранных образцов	47
2.4. Химико-аналитические исследования образцов и проб	48

ГЛАВА 3. ОЦЕНКА ЗАГРЯЗНЕННОСТИ РЕКИ ЗЕРАВШАН И ОСНОВНЫХ ПРИТОКОВ	72
3.1. Динамика формирования и анализ снежного покрова	72
3.2. Исследование химического состава талой воды из ледников бассейна реки Зеравшан	76
3.3. Гидрохимия основных притоков на верховье реки Зеравшан	79
ГЛАВА 4. ОЦЕНКА ЗАГРЯЗНЕННОСТИ СРЕДНЕГО ТЕЧЕНИЯ РЕКИ ЗЕРАВШАН И ВЛИЯНИЯ СТОЧНЫХ ВОД ПРОМЫШЛЕННЫХ ОБЪЕКТОВ	91
4.1. Промышленные отходы бассейна реки Зеравшан	91
4.2. Исследование процессов изменение состава подземных вод при инфильтрации поверхностных вод	92
4.3. Исследование влияние сточных вод Анзобского горно-обогатительного комбината на загрязненность реки Зеравшан	95
ГЛАВА 5. ОЦЕНКА ЗАГРЯЗНЕННОСТИ ВОД В НИЗОВЬЯХ РЕКИ ЗЕРАВШАН ПОД ВЛИЯНИЕМ КОЛЛЕКТОРНО-ДРЕНАЖНЫХ И КОММУНАЛЬНО- БЫТОВЫХ СТОКОВ	103
5. 1. Основные источники загрязнений воды в низовьях реки Зеравшан	103
5.2. Влияние коллекторно-дренажных вод на качество воды реки Зеравшан	105
5.3. Риски, связанные с чрезвычайными водными факторами в бассейне реки Зеравшан	112
5.4. Структура межгосударственной организации по контролю качества вод трансграничных рек	121
ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ВЫВОДЫ	128
ПЕРЕЧЕНЬ ОБОЗНАЧЕНИЙ И СОКРАЩЕНИЙ	129
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	131

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность исследования. В бассейне Аральского моря, на территории которого расположены пять государств, водные ресурсы используются в основном для ирригации и гидроэнергетики, которые требуют разных режимов регулирования речного стока. Гидроэнергетика заинтересована в использовании годового стока рек в зимний период, а для ирригации наибольший объем воды требуется в вегетационный, т.е. весенне-летний, период года. Диаметрально противоположные интересы двух главных пользователей воды часто становятся причиной возникновения конфликтных ситуаций между странами верховья и низовья трансграничных рек Центральной Азии [1]. Водные отношения между странами Средней Азии в период СССР регулировались согласно схеме “Комплексное использование и охрана водных ресурсов в бассейнах рек Амударья и Сырдарья”. Главная цель данной схемы заключалась в установлении реального объема воды, доступного для использования в бассейнах рек Амударья и Сырдарья, а также распределении водных ресурсов региона между республиками с учетом интересов всех водопользователей. Следует отметить, что в схему “Комплексное использование и охрана водных ресурсов в бассейнах рек Амударья и Сырдарья” не был включен ряд важных водных аспектов, а именно экологические и санитарно-гигиенические условия реки и больших каналов. Это было связано с тем, что названная схема была направлена на обеспечение водой сельскохозяйственных земель, используемых для выращивания стратегического сырья – хлопка-сырца. Это привело к появлению новых серьезных проблем, а именно:

- нарушению равновесного и динамического развития геоэкологических систем;
- наращиванию процессов нарушения экологического равновесия;
- засолению почв, опустыниванию земель и деградации ландшафта;
- ухудшению состояния водной и наземной экосистем;

- загрязнению рек пестицидами, гербицидами;
- росту минерализации вод.

Во время существования единой страны – СССР – проблемы распределения водных ресурсов, загрязнения рек и другие аспекты водопользования имели внутригосударственный характер и основным критерием была максимализация общих выгод на всем пространстве. Возникающая при этом несбалансированность отдельных регионов не имела в то время какого-либо значения, так как компенсировалась взаимными поставками энергоносителей, сельскохозяйственной и промышленной продукции. Сюда же относится и решение экологических проблем. При обретении республиками региона независимости, их национальные интересы сразу вышли на первый план, что привело к появлению ряда противоречий. Для реки Зеравшан, являющейся трансграничной рекой между республиками Узбекистан и Таджикистан, характерны проблемы, аналогичные трансграничным рекам Сырдарья и Амударья, лишь с одним важным отличием – проблема качества воды в данном бассейне стоит остро и приобрела межгосударственное значение. Проблема качества воды в бассейнах трансграничных рек, в частности в бассейне реки Зеравшан, усугубляется тем, что до настоящего времени отсутствует сеть обмена информацией о качестве водных артерий между сопредельными государствами Центральной Азии, не разработан единый стандарт по оценке ПДК химических загрязняющих веществ. Проблему качества воды в бассейне реки Зеравшан в основном связывают с загрязнением реки Зеравшан сточными водами Анзобского горно-обогатительного комбината. Анзобский горно-обогатительный комбинат (АГОК) - горнодобывающее предприятие для добычи и обогащения ртутно-сурьмяных руд месторождения Джиджикурут, эксплуатируемого с 1954 года. Он расположен в правобережной части реки Джиджикурут левого притока реки Ягноб (река Ягноб является правым притоком реки Фондарья - одного из главных притоков реки Зеравшан). С целью

предотвращения попадания сточных вод комбината в реку Джиджикурут в период 1966-1970 годов производственный комплекс был реконструирован с возведением хранилища сточных вод в кишлаке Работ в 8-10 км от комбината на берегу реки Ягноб. В этих условиях, исследования, направленные на установление степени влияния промышленных объектов, коммунально-бытовых и возвратных вод из сельскохозяйственных земель на качество воды реки Зеравшан и изучение процессов поступления химических элементов ледниковыми стоками на реку, несомненно, представляются актуальными.

Степень разработанности проблемы

В бассейне реки Зеравшан до настоящего времени не проводились систематические и комплексные исследования по мониторингу качества талых вод и вод реки Зеравшан и ее притоков. На настоящий момент проблема качества вод трансграничных рек Центрально-Азиатского региона во взаимоотношениях стран верховья и низовья приобретает особую актуальность. Ныне возникла острая нехватка в выработке регламентирующих документов по урегулированию вопросов качества трансграничных водотоков.

Цель и задачи исследования

Целью диссертационной работы является оценка загрязненности поверхностных вод и снегов бассейна трансграничной реки Зеравшан, качества вод реки Зеравшан по всей длине реки, его изменение сточными, коммунально-бытовыми и коллекторно-дренажными водами промышленных и сельскохозяйственных объектов.

Для достижения поставленной цели в работе решаются следующие задачи:

- Определение степени загрязненности водных экосистем на верховьях реки – на участке от истока формирования стока до пересечения рекой границы Республики Узбекистан.

- Геоэкологическая диагностика влияния сточных вод Анзобского горно-обогатительного комбината на показатели состава и свойств вод реки Зеравшан.
- Комплекс физико-химических анализов компонентов геоэкологических систем и степени антропогенного воздействия на водные экосистемы бассейна реки Зеравшан (определение химического состава, степени минерализации коллекторно-дренажных и коммунально–бытовых сточных вод в низовьях реки Зеравшан на территории Республики Узбекистан).
- Определение химического и изотопного состава снежных снегов на основных ледниках бассейна реки Зеравшан.

Объект исследования - гидрогеоэкологическая система верхнего и нижнего течения трансграничной реки Зеравшан и ее притоков.

Предмет исследования - геоэкологическая оценка пространственно-временной динамики загрязненности реки Зеравшан, ее притоков и снежного покрова на ледниках бассейна реки Зеравшан.

Методологическая, теоретическая и эмпирическая базы исследования

В диссертационной работе широко использованы статистические методы для обобщения, систематизации и обработки данных, методы отбора проб воды и снега для анализа, изотопной гидрологии. Определение химического состава вод и физические свойства выполнены согласно стандартным нормативным критериям качества воды (ПДК). В работе широко используются данные наблюдений на трансграничной реке Зеравшан и ее притоков за концентрациями растворенного кислорода, нитритного азота, нитратного азота, ионов кальция, магния, натрия калия, фосфатного фосфора железа, диоксида кремния, ионов цинка, ртути, мышьяка, сурьмы, хрома и ряда других химических элементов и соединений.

Достоверность оценок и результатов обеспечивается использованием существующих стандартов качества воды и применением стандартных методов математической обработки данных наблюдений.

Положения, выносимые на защиту

1. Методика контроля степени влияния загрязнения стока реки Зеравшан сточными водами горно-обогатительной комбината.
2. Результаты химических анализов вод реки Зеравшан в зоне формирования и в низовьях в зоне рассеивания стока.
3. Результаты изотопных анализов (^{18}O , ^2H) притоков на верховье реки Зеравшан снежного покрова и ледников Россинч, Рама и Зеравшан.

Научная новизна исследования

1. Впервые для среднеазиатского региона разработана методика учета степени антропогенного загрязнения речных вод, отличающаяся применением метода разностей показателей качества воды до и после источника загрязнения.
2. Установлено, что содержание тяжелых металлов в реке Зеравшан существенно ниже предельно допустимых концентраций.
3. Впервые проведены комплексные исследования состава и свойств вод трансграничной реки Зеравшан от истока до зоны рассеивания, отличающиеся применением физико-химических методов, что позволило определить условия распространения и трансформации потока загрязняющих веществ.
4. Впервые с использованием длинноволновой сканирующей спектроскопии проведен анализ изотопного состава молекул воды рек Сабаг, Ярм, Самджон, Тро, Дехавз, Дехадаг, Гузн и Даштибурдон, снежного покрова и ледников Россинч, Рама и Зеравшан. Выявлена зависимость содержания изотопов ^{18}O и ^2H от расположения рек относительно зоны водосбора реки Зеравшан.

Теоретическая и практическая значимость работы

Разработанная методика позволяет более точно определить концентрации загрязняющих химических веществ, поступающие в речные стоки промышленными, коммунально-бытовыми и коллекторно-дренажными сточными водами, характеризуется универсальностью и может успешно применяться для оценки загрязняющей роли любого произвольного объекта.

Результаты исследований внедрены по тематическому плану Института водных проблем, гидроэнергетики и экологии Академии наук Республики Таджикистан и в Агентство по гидрометеорологии Комитета охраны окружающей среды при Правительстве Республики Таджикистан.

Основные положения диссертационной работы включены в учебную программу дисциплины “Гидрология суши и гидрохимия рек” кафедры Метеорологии и климатологии Таджикского национального университета.

Соответствие диссертации паспорту научной специальности. В диссертационной работе представлены результаты многолетних исследований влияния антропогенных факторов на трансграничную реку Зеравшан, что соответствует формуле специальности 25.00.36 “Геоэкология” (Науки о Земле)”. В соответствии с целью, задачами и полученными научными результатами диссертация соответствует следующим пунктам области исследования: П.1.7. Междисциплинарные аспекты стратегии выживания человечества, и разработка научных основ регулирования качества состояния окружающей среды; П.1.12. Геоэкологический мониторинг и обеспечение экологической безопасности, средства контроля. П.1.16. Геоэкологические аспекты устойчивого развития регионов.

Апробация работы

Основные положения и результаты исследований докладывались на International Workshop on Mass balance measurements and modeling 26-28 March 2008, Skeikampen, Norway, International Workshop “Towards new

methods to manage nitrate pollution within the Water Framework Directive”, 10-11 December 2009, Paris, France, 13th International Specialized Conference on Diffuse pollution and Integrated Watershed Management 12-15 October 2009, Seoul, Korea, International Symposium JS.4 at Joint Convention of the International Association of Hydrological Sciences (IAHS) and the International Association of Hydrologists (IAH) “Hydroinformatics in Hydrology, Hydrogeology and Water Resources”, 6-12 September 2009, Hyderabad, India, 2nd International Conference “Integrated water resources management and challenges of the Sustainable Development”, 24-26 March 2010, Agadir, Alger, 12th World Wide Workshop for Young Environmental Scientist (WWW-YES-2012) “Urban water or risk?”, 21-25 May 2012, Arcueil, France, Международная конференция “Влияние глобального изменения климата на экосистему аридной и высокогорной зоны Центральной Азии”, 22-24 Мая 2012, Душанбе, Таджикистан, 6th International Conference “Water Resources and Environment Research, Water & Environmental Dynamics”, 3-7 June 2013, Koblenz, Germany, Regional Workshop AASSA Sustainable development of Asian Countries: Water resources and biodiversity under Climate Change, 19-22 August 2013, Barnaul, Russia, International Conference “Natural Hazards, Climate Changes and water in Mountain Areas”, 16-18 September 2013, Bishkek, Kyrgyzstan, Goldschmidt 2014, 08-13 June 2014, California, USA, 6th IAHS International Symposium on Integrated Water Resources Management, 4-6 June 2014, Bologna, Italy, International Conference “ADAPT to CLIMATE”, 27-29 March 2014, Nicosia, Cyprus, 16th Annual Conference of International Association for Mathematical Geosciences (IAMG) “Geostatistical and Geospatial approach for the characterization of natural resources in the environment: Challenges, Processes and Strategies”, 29-29 October 2014, New Delhi, India, VIII Международная конференция молодых ученых и талантливых студентов “Водные ресурсы, экология и гидрологическая безопасность”, 25-27 Июня 2014, Москва, Россия, European Climate Change Adaptation Conference, 12-14 May 2015,

Copenhagen, Denmark, International Conference of Young scientist on Energy Issues CYSENI 2015, 27-28 May 2015, Kaunas, Lithuania.

Личный вклад автора. Личный вклад автора заключается в постановке проблемы исследования, методическом обеспечении её решения и анализе полученных результатов мониторинга качество вод трансграничной реки Зеравшан и ее притоков, степени их загрязнения сточными водами промышленных и сельскохозяйственных объектов, а также результатов изотопных анализов сезонных снегов на ледниках бассейна реки Зеравшан. В основе диссертации лежат результаты пятилетних исследований автора по проблеме оценки качества вод.

Публикации. По теме диссертации опубликовано 20 научных работ, в том числе 4 публикации в рецензируемых журналах, рекомендованных ВАК Министерства образования и науки Российской Федерации.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, пяти глав и заключения, изложена на 133 страницах основного текста и включает 36 рисунков и 16 таблиц. Список использованных источников включает 120 наименований, в том числе 13 иностранных.

ГЛАВА 1. ВОДНЫЕ РЕСУРСЫ БАССЕЙНА РЕКИ ЗЕРАВШАН И ПЕРСПЕКТИВЫ ИХ РАЗВИТИЯ

В бассейне Аральского моря, на территории которого расположены пять государств, водные ресурсы используются в основном для ирригации и гидроэнергетики. Эти водопользователи требуют разных режимов регулирования речного стока. В интересах гидроэнергетики – наибольшая выработка электроэнергии и, соответственно, использование большей части годового стока рек в зимний, наиболее холодный, период года. Для ирригации наибольший объем воды требуется летом в вегетационный период. Регулирование речного стока при этом осуществляется крупными водохранилищами, входящими вместе с гидроэлектростанциями в состав гидроузлов комплексного назначения. При этом все наиболее крупные гидроэлектростанции построены в странах зоны формирования стока в верхнем течении рек Амударья и Сырдарья – в Киргизии и Таджикистане, а основные площади орошаемых земель расположены в республиках нижнего течения рек – Казахстане, Туркменистане и Узбекистане [1-15].

1.1 Гидрологические характеристики реки Зеравшан и ее притоков

1.1.1 Река Зеравшан

Общая протяженность реки Зеравшан составляет 877 км и площадь водосборного бассейна реки занимает территорию площадью 40600 км². Из них 28900 км² (8,4% территории Таджикистана) расположены на территории Республики Таджикистан и 28900 км² (6,5% территории Узбекистана) на территории Республики Узбекистан. До 1957 г. площадь водосборного бассейна реки Зеравшан составляла 131000 км² [16,17]. Река, главным образом, питается талой ледниковой водой, максимальное и минимальное значения расходов соответствуют соответственно к концу весны - началу летних месяцев и в зимние месяцы. Среднемноголетний расход воды на таджикско-узбекской границе - 158 м³/с, и ежегодный расход составляет приблизительно 5 км³ [16].

Мониторинг метеорологических условий бассейна реки Зеравшан проводится на четырех станциях на территории Республики Таджикистан (Дехавз, Сангистон, Мадрушкат, Пенджикент) и четырех станциях на территории Республики Узбекистан (Самарканд, Каттакурган, Навои и Бухара). На метеорологической станции Самарканд наблюдения ведутся с 1891 года, а остальные станции появились в 20-е - 30-е годы прошлого столетия. На пяти гидрологических станциях на территории Таджикистана Худигиф, Обурдон, Сангистон, Аини и Дупули измерение расхода воды реки Зеравшан проводится начиная с 1960 года, а начало функционирования гидрологических станций на территории Республики Узбекистан Хатирчи, Навои соответствует 1990 г. При этом гидрологическая станция Раватходжа недалеко от границы Узбекистана с Таджикистаном работает с 1913 г. [18-20].

1.1.2 Основные притоки реки Зеравшан [21-31]

Река Фондаря - наиболее крупный приток Зеравшана - образуется от слияния двух рек – Ягноба и Искандердарьи. Длина реки от слияния ее составляющих до устья составляет 24,5 км. Площадь водосборного бассейна реки Фондаря 3230 км². Наиболее крупный приток - река Пасруд, вытекающая из ледника Казнок, впадает в Фондаря в 4 км ниже слияния ее двух притоков. Главной составляющей реки Фондаря является река Ягноб с протяженностью 120 км и площадью водосборного бассейна 1650 км².

Средний многолетний расход воды реки Фондаря составляет 62,2 м³/с, а в отдельные годы может достигать 85,4 м³/с. Среднемесячное значение твердого стока в реке около 25,8 кг/с при мутности воды 0,396 кг/м³. В среднем в году по реке Фондаря прибывает 815 тысяч т или 252 т с каждого квадратного метра бассейна твердого стока [5].

Среднегодовая гидроэнергетическая мощность реки Фондаря составляет 869 МВт с возможностью производства 7482 млн. кВт·ч/год. Использование гидроэнергетического потенциала реки Фондаря

возможно одной ступенью – Фондарьинской ГЭС, которая в перспективе будет работать на зарегулированном стоке в Искандеркульском и Ягнобском водохранилищах. Створ плотины располагается в 6 км от п. Айни [6].

Река Матча характеризуется длиной 200 км и площадью водосборного бассейна 4650 км². Река начинается непосредственно с ледника Зеравшан на высоте 2775 м.

Ширина реки достигает 6-20 м. Около 70 небольших рек являются притоками реки. Полноводье реки наступает в первую декаду мая и начиная с июля река питается водами из ледника Зеравшан и сезонных снегов. Расход воды реки Матча 14,9 м³/с и модуль стока равно 49,2 л/с. Мутность воды 1640 г/м³ и ежегодно с каждого квадратного километра бассейна реки вымываются 894 т твердого стока. Вода реки Матча гидрокарбонатная и на верховье реки содержание ионов HCO₃⁻ достигает 50-80 мг/л.

В среднем и нижнем участках река Матча течет среди террас небольшой ширины (до 1,5 км у п. Айни) на дне глубокого каньона с отвесными стенами. Это типичная горная река со стремительным и бурным течением, с падением до 9 м на км.

Долина заселена большим числом мелких селений, расположенных на террасах и пологих склонах вдоль реки до отметки 2500 м.

Участок реки используется в трех ступенях – Обурдонской, Даргской и Сангистанской ГЭС. В состав сооружений трех ГЭС входят водозаборные плотины с подъемом воды на высоту каньона, деривационные туннели большой протяженностью и здания ГЭС.

Плотина Обурдонской ГЭС высотой до 190 м располагается в 2,5 км выше притока Обурдон. Отметка НПУ 1850 м. Туннельная деривация протяженностью 0,8 км прокладывается по правому берегу. Здание станции располагается выше селения Обурдон. Отработанная вода с ГЭС сбрасывается на отметку 1780 м.

Створ плотины Даргской ГЭС намечается в 3 км выше селения Вешаб, высота плотины 90 м, подпор на 85 м отметка НПУ 1730 м, длина левобережного туннеля 13 км, здание станции располагается на левом берегу селения Похут и сбрасывает воду на отметке 1540 м.

Створ плотины Сангистанской ГЭС располагается в 3 км ниже селения Марз, высота плотины около 85 м, подпор воды в реке на 80 м до отметки НПУ 1540 м. Деривационный туннель, протяженностью 14 км прокладывается по левому берегу реки. Здание станции располагается на слиянии рек Матча и Фондаря. Отработанная вода с ГЭС сбрасывается в реку на отметку 1370 м.

Река Ягноб. Водосбор реки находится на высоте 3440 м и река формируется в результате соединения двух маленьких ручьев из северной части Гиссарских хребтов. Площадь водосборного бассейна реки составляет 1650 км². Расход воды в июне-июле достигает до 194,2 м³/с, а среднемноголетнее значение составляет 31,8 м³/с. В зимне-весенние месяцы (февраль-март) расход воды равняется 11,28 м³/с. Площадь оледенения бассейна реки составляет 70,8 км². Установлено, что река Ягноб питается на 29% от подземных вод, на 58% от тающих снегов и на 13% от ледников. В каждом кубическом метре воды реки Ягноб имеется 265 г твердых стоков и с каждого квадратного километра река смывает 187 тонн различных материалов, которые в течение года составляют 308,5 тысяч тонн. Среднегодовая мощность реки 430 МВт, энергия 3368 млн. кВт·ч.

Река Искандердаря - второй большой приток реки Фондаря, водозабор которой расположен на высоте 2195 м и вытекающий из озера Искандеркуль. Река имеет 21 км длины с площадью бассейна 974 км². Среднемноголетний расход воды реки равно 18.9 м³/с, но в июне-июле может достигать 111.7 м³/с. Модуль стока реки равен 24.2 л/с. Средняя мутность реки 85.4 г/м³ и с каждого квадратного километра бассейна вымывается более 64.9 т различных отложений. Площадь оледенения

бассейна реки Искандердарья составляет 57 км². Потенциальная мощность 270 МВт, среднегодовая энергия 2364 млн. кВт/год.

Река Пасруд является одним из больших притоков реки Фондаря с общей протяженностью 28,4 км и площадью бассейна 371 км². В бассейне реки имеется 22 ледника с общей площадью 21,6 км². Среднегодовой расход воды 4,68 м³/с.

1.2 Современное состояние ледников бассейна реки Зеравшан [32-44]

1.2.1 Ледник Зеравшан

С 1927 по 1961 год ледник отступил на 280 м со средней скоростью 8 м/год, освободив 60 км². С 1961 по 1976 годы ледник отступил на 980 м, средняя скорость отступления составила 65 м/год. С 1976 по 1991 годы ледник отступил еще на 1092 метра со средней скоростью 73 м/год. С 1927 по 1976 годы от льда освободилось 1,19 км², причем, только с 1961 г. - 0,93 км². Таким образом, ледник находится в стадии активной деградации, скорость его отступления, процесс разрушения ледника увеличиваются с каждым десятилетием.

1.2.2 Ледник Рама

Ледник Рама расположен на южном склоне Туркестанского хребта в верховьях реки Зеравшан в узком скалистом ущелье. Этот ледник долинный, его длина 8,9 км, площадь 22,3 км², высота конца языка 3500 м над уровнем моря. Мореной покрыто 3 км².

Как и все другие ледники бассейна реки Зеравшан, ледник Рама отступает. С 1929 по 1975 год ледник отступил на 320 метров, освободив от льда 0,12 км². При этом до 1948 года он отступал со средней скоростью 4 м/год, а после – до 9 м/год. С 1976 по 1991 год ледник отступил еще на 356 м, при этом отступление происходило сначала со скоростью 15 м/год, а последние три года – 60 м/год, что объясняется отделением и таянием отдельных ледяных блоков. При этом освободилось еще около 30 км².

1.2.3 Ледник Тро

Ледник находится на южном склоне Туркестанского хребта в истоках Зеравшана. Ледник долинный, его длина 3,0 км, площадь 2,2 км², высота языка 3920 м над уровнем моря. Язык ледника зарывается в конечную морену. Наблюдения за ледником начаты в 1959 году. Ледник находится в стадии деградации, его поверхность оседает в среднем на 1 м в год. Язык ледника отступал с 1976 по 1988 год в среднем по 1-2 м/год, однако с 1988 по 1990 год отступил на 61 м, то есть по 30 м/год, а с 1990 по 1991 год отступил еще на 23 м. Таким образом, можно сделать вывод, что процесс деградации ледника к концу двадцатого века постепенно усиливался.

1.2.4 Ледник Дихаданг

Ледник расположен в бассейне реки Зеравшан на северном склоне Зеравшанского хребта. Ледник долинный, его длина 2,2 км, площадь 2,0 км², покрыт мореной 0,3 км². Высота языка ледника 3600 м над уровнем моря. Наблюдения за ледником начаты в 1959 г. С 1977 по 1991 год ледник отступил на 180 метров. Средняя скорость отступления - 13 м/год. Однако, как у других ледников, эта скорость увеличивалась к концу прошлого века: только с 1990 по 1991 год ледник Дихаданг отступил сразу на 60 метров, что говорит об усилении процесса деградации. Кроме того, поверхность ледника оседает за счет таяния в среднем на 1 метр в год.

1.2.5 Ледник ГГП (Гидрографическая партия)

Ледник каровый, расположен на северном склоне Гиссарского хребта в бассейне реки Саритаг, впадающей в озеро Искандеркуль. Длина ледника 1,16 км, площадь 0,54 км², средняя ширина 0,47 км. Конец ледника лежит на высоте 3320 метров над уровнем моря. Первые наблюдения на леднике проведены в 1968 году, а в период 1971-1974 гг. на леднике каждое лето работала комплексная гляциологическая экспедиция ГГП Управления Гидрометслужбы Таджикской ССР, в честь которой ледник и получил свое название. Ледник находится в стадии деградации. С 1968 по 1976 год он

отступил на 18 метров со средней скоростью 2,2 м/год. При этом он потерял 3100 м² площади, его поверхность понизилась на 3,6-4,0 метра. Затем скорость его отступления увеличилась: с 1982 по 1990 годы ледник отступил на 63,1 метра со средней скоростью 7,9 метра в год. С 1968 по 1986 год из общего объема 11 млн. м³ ледник потерял 3,9 млн. м³, то есть 36,1%. Средняя потеря массы составила 2% в год. За 1989-1990 гг. ледник отступил на 12 метров и осел на 4 метра, потеряв более млн. м³ льда.

В настоящее время его деградация несколько замедлилась, ледник отступает примерно на 1 метр в год. Таким образом, как и все остальные ледники бассейна реки Зеравшан, ледник ГГП интенсивно деградирует, теряя массу как в результате отступление языка, так и в результате таяния льда с поверхности.

4-12 августа 2006 г. была организована вторая экспедиция в бассейн реки Зеравшан для исследования ледника ГГП. Ледник ГГП находится на северном склоне Гиссарских гор в бассейне реки Саритаг (озеро Искандеркуль). Длина ледника 1,16 км со средней шириной 0,47 км и площадью 0,54 км². Ледник начинается с высоты 3820 м и заканчивается на высоте 3520 м над уровнем моря. В течение последних 16 лет (1990 - 2006 гг.) ледник ежегодно отступал в среднем на 35-55 м со скоростью приблизительно 3 м в год, хотя в восьмидесятых годах прошлого века она достигала около 8 м ежегодно (рис. 1.1). Съемка структуры поперечного сечения показала, что ледник почти не изменился, за исключением сокращения его языка.

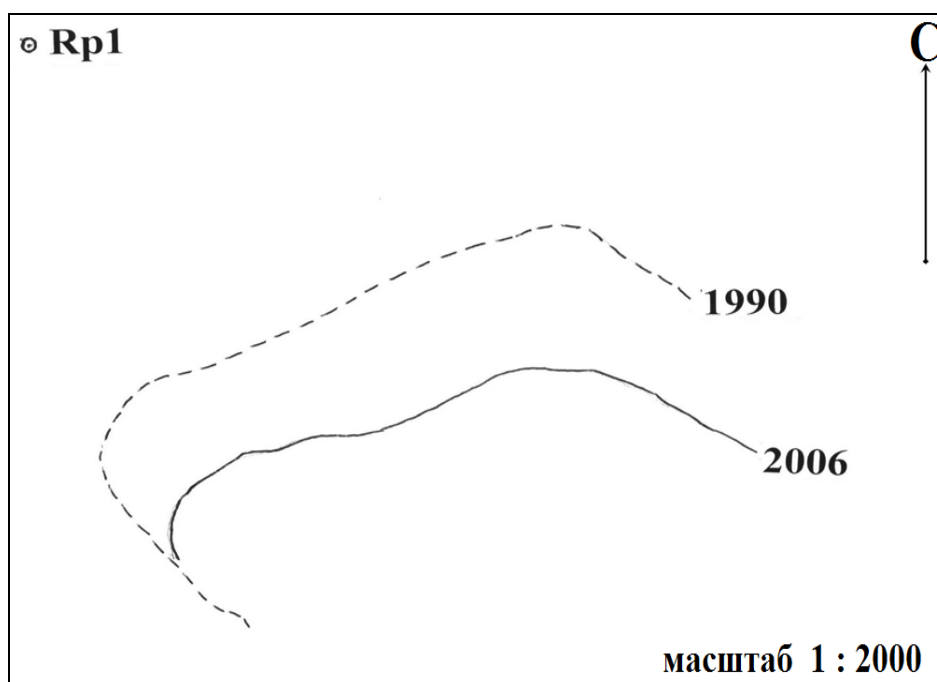


Рис. 1.1 Отступление ледника ГГП за период 1990-2006 гг.

В табл. 1.1 и 1.2 обобщены результаты обработки данных по динамике изменения ледников бассейна реки Зеравшан, представленные Агентством по гидрометеорологии.

Таблица 1.1

Динамика сокращения основных ледников бассейна реки Зеравшан

№	Название	Периоды	Сокращение (м)	Скорость сокращения (м/год)	Примечание
1	Зеравшан	1927-1961	280		За период 1927-1976 годов площадь 1,19 км ² освободилась от льда В период 1961-1976 гг. от льда освободилась площадь 0,93 км ²
		1961-1976	980	65	
		1976-1991	1092	73	
2	Рама	1929-1948			от льда освободилась площадь 0,12 км ²
		1948-1975		4	
		1976-1989		9	
		1989-1991		15	
		1929-1975	320	60	
		1976-1991	356		

					от льда освободилась площадь 30,0 км ²
3	Тро	1976-1988	18	1-2	
		1988-1990	60	30	
		1990-1991	23	23	
4	Дихаданг	1977-1991	180	13	
		1990-1991	60	60	
5	ГПП	1968-1976	18	2.2	
		1982-1990	63	7.9	
		1989-1990	12	12	

Таблица 1.2

Возможные изменения ледников бассейна реки Зеравшан до 2050 года

Ледник	Сокращение		
	Длина (км)	Площадь (км ²)	Объем (%)
Зеравшан	4,0-5,0	25-30	30-35
Рама	1,5-2,0	3,0-3,5	25-30
Тро	0,5-1,0	1,0-1,2	30-35
Дихаданг	1,2-1,5	1,0-1,5	> 50
ГПП	До 2030 года полностью растает		

Источник: Агентство по Гидрометеорологии Республики Таджикистан

1.3. Ирригационные и энергетические аспекты водных ресурсов бассейна реки Зеравшан

1.3.1. Состояние сельского хозяйства на верховьях реки Зеравшан и перспективы его развития

Данные по орошаемым площадям, водозабору и использованию воды в бассейне реки Зеравшан приведены в таблицах 1.3 – 1.5 [45, 46].

Таблица 1.3

Орошаемая площадь в бассейне реки Зеравшан на 01.01.2008 г.

Районы	Орошаемая площадь (по данным Земельного комитета), га	Орошаемая площадь (по подписанным договорам), га	Земли машинного орошения, га
Пенджикентский	21445	17800	6799
Айнинский	3139	500	617
Итого	24584	18300	7416

Данные ММиВР РТ, 2009

Таблица 1.4

Водозабор из источников орошения

Районы	Водозабор всего, тыс. м ³			Водоподача всего, тыс. м ³		
	план	факт	%	план	факт	%
Пенджикент	133734	113665	85	94830	94830	100
Айни	8126	6115	75	6490	5774	89
Итого	141860	119780	84	101320	100604	99,3

Данные ММиВР РТ, 2009

Таблица 1.5

Использование воды в бассейне реки Зеравшан, тыс. м³.

Наименование районов	Годы			
	2002	2003	2004	2005
Пенджикентский	185165	182893	81600	115730
Айнинский	40622	40526	32486	38909
Всего	225787	223419	114086	154639

Данные ММиВР РТ, 2009

Природные условия определяющим образом влияют на размер и структуру сельскохозяйственных угодий долины, где 92,2% занимают малопродуктивные пастбища. Различие климатических условий и высота

расположения районов Пенджикента, Айни и Матча приводит к различным условиям сельскохозяйственного производства. Доля орошаемых посевов в среднем по региону в 2008 г. составила 65,4%, и 59,7% по Пенджикентскому району; 94,1% - по Айнинскому и 96,1% по Горной Матче. Сады, виноградники и другие многолетние насаждения в Айнинском и Горно-Матчинском районах возделываются в основном орошением. Главной отраслью экономики Зеравшанского региона является сельское хозяйство, в котором занято более 70% населения. За 2003-2008 гг. посевные площади сельскохозяйственных культур в регионе увеличились на 4318 га (на 15,4%), в Пенджикентском районе - на 100,2%; и Айнинском на - 4,5%. В Горной Матче, наоборот, сократились на 201 га, или на 6,5% [47-70].

По данным Министерство мелиорации и водных ресурсов Республики Таджикистан водопотребление и водоотведение в бассейне реки Зеравшан на 01.01.84 г. составили: водозабор из всех источников - 415,45 млн. м³/год, в том числе на орошение – 332,19 млн. м³/год, из них за счет подземных вод – 10,48 млн. м³/год; водоотведение (сбросы в речную сеть) – 17,64 млн. м³/год. Площадь орошаемых земель в бассейне реки Зеравшан: в начале 1984 г. – 22,70 тыс. га; в начале 1988 г. - 24,01 тыс. га.

По данным 2008 г. орошаемая площадь в бассейне реки Зеравшан составляет 24584 га, из них земли машинного орошения 7416 га, фактический водозабор из источников орошения -119,78 млн.м³ или 84% от планового, фактическая водоподача -100,604 млн.м³. Водозабор на орошение ежегодно снижается: от 332,19 млн. м³/год (1984г.) до 119,78 млн. м³/год (2008г.) при орошаемых землях соответственно 22700 и 24584 га.

Непосредственно в долине самой р. Зеравшан получение какого-либо дополнительного ирригационного эффекта в принципе невозможно - река протекает по узкому скалистому каньону, площади пригодных для хозяйственного использования земель очень незначительны, и они в

основном уже орошаются за счет боковых притоков. В то же время в удобной для сельского хозяйства Ура-Тюбинской зоне Согдийской области имеются большие массивы пригодных для орошения неосвоенных земель. Из 132 тыс. га в этой зоне орошается всего около 30 тыс. га. Причина – дефицит водных ресурсов. А из общего объема используемого стока р. Зеравшан - 4,5-5,5 млрд. м³ - Таджикистан использует только 0,1-0,35 млрд. м³, т.е. менее 5%. Орошение в Ура-Тюбинской долине имеющихся там неосвоенных земель возможно за счет водных ресурсов р. Зеравшан. Для этого имеются все необходимые условия. Если принять, что с учетом перспективы общая площадь орошаемых земель в Ура-Тюбинской зоне будет увеличена на 100 тыс. га, то при оросительной норме порядка 8500 м³/га потребный для этого объем годового стока будет равен 850 млн.м³. При соответствующем управлении стоком это не приведет к изменению существующего вододеления. Для этого будет необходимо многолетнее регулирование стока за счет строительства плотины с водохранилищем. Для эффективного использования р. Зеравшан как в энергетических, так и в водохозяйственных целях требуется многолетнее регулирование стока за счет строительства высокой плотины с водохранилищем. По расчетам, для гарантированного изъятия из р. Зеравшан в ее среднем течении объема стока 850 млн. м³ требуется водохранилище объемом около 1,5 млрд. м³. Для этого необходимо строительство плотины высотой 150 м. После этого напорным туннелем вода будет подаваться через Туркестанский хребет в Ура-Тюбинскую зону в целях использования ее в интересах энергетики и ирригации. Энергетическое использование стока осуществляется за счет строительства одной ГЭС непосредственно в створе плотины и каскада деривационных ГЭС на выходе из туннеля в долину Ура-Тюбе [13].

1.3.2 Вклад реки Зеравшан в орошении земель и фактор благополучного развития сельского хозяйства Республики Узбекистан

В узбекской части бассейна реки Зеравшан живут примерно 6 млн. человек, или около 22% всего населения страны. 64% населения бассейна проживает в селах. Из общей площади бассейна (143000 км²) не более 131000 км² расположено в Узбекистане. Общая протяженность реки составляет 900 км, 500 км которых приходится на Узбекистан. Среднегодовой сток реки составляет 5,91 км³/год, из которых только 0,76 км³ формируются в Узбекистане [71].



Рис. 1.2 Водопользование по отраслям в бассейне р. Зеравшан

В настоящее время 85% водных ресурсов бассейна используются на орошение, 11% в гидроэнергетике и охлаждении тепловых электростанций. Коммунальная система потребляет 1%, промышленность 3%, а рыболовство и другие виды водопользования потребляют менее 1%. (рис.1.2). Водные ресурсы реки в настоящее время используются полностью при среднегодовом водном дефиците в 1,3 км³. Разница между годовым стоком 5,91 км³ и ежегодным потреблением поверхностных вод в объеме 6,6 км³ покрывается повторным использованием неочищенных возвратных стоков.

Подземные воды Зеравшанского бассейна очень тесно связаны с поверхностными водами. Ежегодное питание грунтовых вод - приблизительно 2,33 км³/год. Уровень минерализации колеблется от 0,5 до 3 г/л. Подземные воды используются для орошения и питьевого водоснабжения. Питьевое водоснабжение осуществляется исключительно из запасов подземных вод.

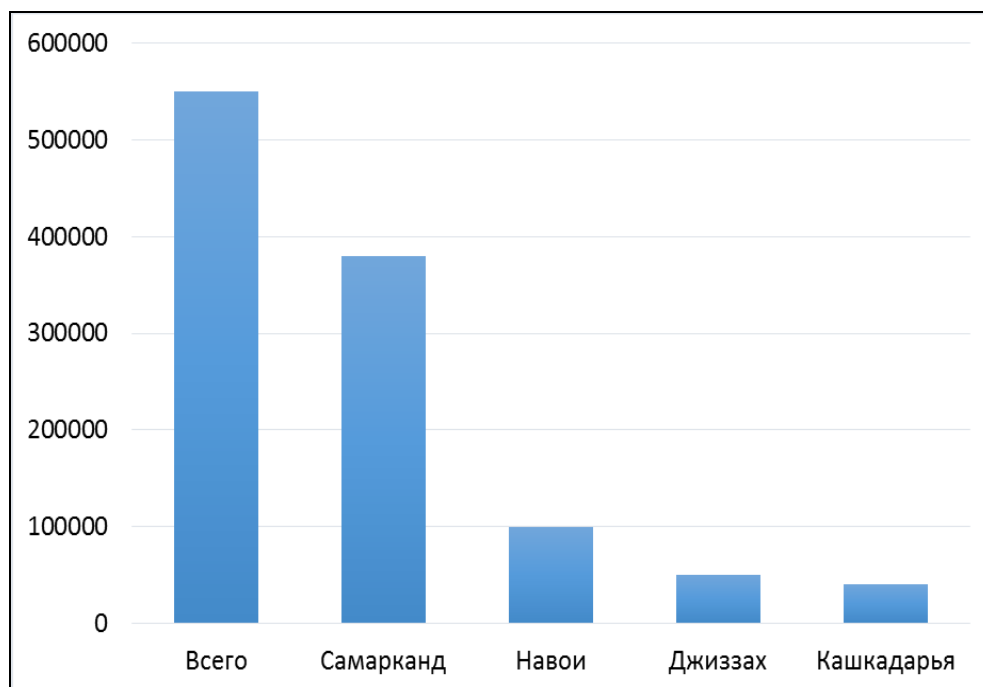


Рис. 1.3 Орошаемая территория (га) в бассейне р. Зеравшан по областям

Зеравшанский бассейн в настоящее время орошает примерно 551 000 га, или 13% от общей площади орошаемых земель в Узбекистане (рис. 1.3). Он покрывает потребности в оросительной воде четырех областей: Самаркандской - 375745 га, Кашкадарьинской - 29985 га, Навоинской 95985 га и Джизакской 49138 га.

1.3.3 Гидроэнергетический потенциал бассейна реки Зеравшан и перспектива его развития

Таджикистан занимает 8-е место в мире по запасам гидроэнергоресурсов. Из потенциально возможных к освоению 527 млрд. кВт·ч используется всего около 16-17 млрд. кВт·ч. (менее 5%). Ежегодная

потребность Таджикистана в электроэнергии составляет 22-24 млрд. кВт·ч. Дефицит в 5 млрд. кВт·ч. образуется в основном в зимний период, в то время как летом производство электроэнергии в стране превышает собственные потребности на 1,5 млрд. кВт·ч. В советское время эти излишки электроэнергии поступали в единую энергосеть стран Центральной Азии (ЦА) и в зимнее время возвращались в Таджикистан. Главным принципом успешного существования данной схемы считалось возмещение услуг за регулирование стока в целях ирригации в летнее время, компенсация невыработанной электроэнергии в осенне-зимний период и покрытие ежегодных ущербов от затопления и подтопления в странах верховья, путем равноценных поставок тепло- и энергоресурсов из стран низовья. Такой принцип компенсации был разумным и справедливым – обеспечивал энергоснабжение Таджикистана в зимнее время и бесперебойное водоснабжение стран низовья в летнее время [72].

Следует заметить, что в перспективных планах развития гидроэнергетики Республики Таджикистан важное место занимает энергетический потенциал водных артерий бассейна реки Зеравшан, который согласно [73] составляет 11,8 Млрд кВт·ч. Потенциальные гидроэнергетические ресурсы некоторых притоков реки Зеравшан представлены в табл. 1.6.

Таблица 1.6

Гидроэнергетические ресурсы притоков реки Зеравшан [69].

Река	Длина, м	Средний годовой сток, м ³ /с	Среднегодовая мощность, тыс. кВт	Среднегодовое производство электроэнергии, Млн. кВт·ч
Самад	22,6	1,52	9,15	80,2
Артучдарья	17,14	1,26	8,65	75,8
Могияндарья	68,4	10,3	76,5	670,0

Шинг	14,2	5,89	20,0	176,0
Фондарья	24,5	61,1	396,0	3470,0
Тагобикул	19,8	2,83	17,1	150,0
Хазорчашма	12,4	1,70	10,8	94,2
Пиндар	12,3	1,64	12,8	112,0
Джиджикурут	17,4	1,59	14,9	130,0
Габерут	10,1	0,84	4,14	36,3
Искандердарья	20,4	21,1	106	927,0
Саритаг	34,0	13,5	68,5	560,0
Пасруд	28,4	4,68	13,8	121,0
Туро	12,7	2,07	10,1	94,0
Ярм	11,1	1,48	11,1	97,2
Демунора	19,6	3,0	24,1	210,0
Джиндон	18,8	1,61	12,1	105,0

При наличии такого богатого энергетического потенциала, в одном из промышленно развитых областей Республики Таджикистан в Сугдской области наблюдается острый дефицит электроэнергии 3-4 Млрд. кВт·ч, который покрывается импортом электроэнергии из Республики Узбекистан. Интенсивный рост населения Таджикистана, отсутствие богатых месторождений органического топлива и орошаемых земель, с которыми справляются, приостановленных к разведке и добыче нефти и газа реки Зеравшан, требует освоения гидроэнергетических ресурсов бассейна. Взаимное сочетание интересов двух соседствующих стран, расположенных вверх и вниз по течению реки Зеравшан, достижимо лишь путем возведения каскада гидроэлектростанций с водохранилищами и тем самым регулированием речного стока. Это вызывает некоторое недовольство республики Узбекистан, связанного с тем, что будто бы реализация программ по освоению гидропотенциала реки Зеравшан приводит к дефициту воды в период вегетации.

Кардинальное решение конфликтной ситуации между ирригацией и гидроэнергетикой возможно при их совместном развитии. Для гидроэнергии это означает увеличение производства дешевой и экологической чистой энергии, а для ирригации – увеличение глубины долгосрочного регулирования стока и водной безопасности орошаемых и осваемых в перспективе земель. При присутствии нескольких ГЭС с водохранилищем верхнее водохранилище может работать только в энергетическом режиме, нижнее водохранилище того же самого объема может регулировать сток до естественного [1].

Река Зеравшан является межгосударственным водным источником совместного пользования. Узбекистан в настоящее время использует 94% водных ресурсов р. Зеравшан или $5,2 \text{ км}^3$ среднемноголетнего стока, хотя 100% объемов воды этой реки формируется на территории Таджикистана. Когда намерение относительно строительства на р.Зеравшан Яванской ГЭС суточного регулирования столкнулось с недовольством соседнего Узбекистана, Таджикистан выразил готовность совместно обсудить данную проблему

Союзводпроектom Министерства мелиорации и водного хозяйства СССР от 1982-1984 гг. был разработан проект по переброске части стока реки Зеравшан для орошения земель в Ура-Тюбинскую группу районов Таджикской ССР. Данный проект был направлен на улучшение водообеспеченности и освоения земель на общей площади 83,3 тыс. га и обеспечение населения дополнительными рабочими местами в Ганчинском, Истаравшанском и Шахристанском районах Таджикистана. Следует отметить, что даже после осуществления данного проекта забор воды из р. Зеравшан на территории Таджикистана составлял бы незначительный процент от годового стока реки. Наиболее приоритетным проектом в настоящее время является проект Обурдонского комплекса. Проект предусматривает строительство в районе Обурдон, на участке, расположенным напротив Ура-Тюбинской зоны, ирригационно-

энергетического гидроузла. В состав ирригационно- энергетического гидроузла входит: плотина с водохранилищем многолетнего регулирования ирригационный напорный туннель, подающий воду через Туркменский хребет в Ура-Тюбинскую долину. На выходе туннеля в Ура-Тюбинскую зону сооружаются магистральные и распределительные каналы; каскад деривационных гидроэлектростанций суммарной мощностью 192,16 МВт. По мере завершения начатых в период 2006-2015 годов строительства: 2-ой очереди Рогунской ГЭС, Шуробской ГЭС на реке Вахш, Даштиджумской ГЭС и Кокчинской ГЭС на реке Пяндж и освоение бассейна реки Зеравшан выработка электроэнергии в 2020 году достигнет уровня 57-60 млрд. кВт·ч. Экономически привлекательными и технически обоснованными являются освоение гидропотенциала бассейна реки Зеравшан [74]:

- р. Зеравшан (6- гидростанций, общей мощностью 640 МВт);
- р. Фондаря (4- гидростанции, общей мощностью 510 МВт);
- р. Матче (5- гидростанций, общей мощностью 500 МВт)

1.4 Гидрохимия реки Зеравшан и ее притоков

Воды большинства рек принадлежат к гидрокарбонатному классу. По составу катионов эта вода имеет почти исключительно преобладание кальция; гидрокарбонатные воды с преобладанием магния и натрия - крайне редкое явление. Из природных вод гидрокарбонатного класса наиболее распространены воды малой минерализации (суммарное содержание солей до 200 мг/л). Реки с водой, относящейся к сульфатному классу, сравнительно малочисленны. Они распространены преимущественно в степной полосе и частично в полупустынях. В составе катионов природных вод сульфатного класса, так же, как и в водах гидрокарбонатного класса, преобладает кальций. Однако ряд рек сульфатного класса имеет преобладание натрия. По минерализации воды сульфатного класса значительно превосходят воды гидрокарбонатного

класса. Речные сульфатные воды с малой (общее количество солей до 200 мг/л) и средней (общее количество солей с 200 до 500 мг/л) минерализацией встречаются сравнительно редко. Наиболее характерна для этих рек повышенная (общее количество солей с 500 до 1000 мг/л), а иногда и высокая (общее количество солей более 1000 мг/л) минерализация воды Реки, воды которых относятся к хлоридному классу, встречаются почти так же редко, как и реки, в воде которых преобладают сульфаты. К этой территории относятся преимущественно степные районы и полупустыни. Преобладающими катионами природных вод хлоридного класса являются главным образом ионы натрия. Воды хлоридного класса отличаются высокой минерализацией - свыше 1000 мг/л, реже от 500 до 1000 мг/л [75].

Река Зеравшан характеризуется относительно чистыми водами гидрокарбонатного характера с преобладанием ионов кальция. Бассейн р.Зеравшан большей частью расположен на незасоленных почвах. Отличительными чертами гидрохимического режима являются умеренное колебание минерализации и химического состава в течение года и повышение минерализации вниз по течению. В 1984-1988 годах минерализация воды в реке изменялась от 144,3 до 572,6 мг/л. Максимум отмечался ниже г. Пенджикента в период зимней межени [45].

1.4.1 Основные источники загрязнения на верховье реки Зеравшан

Согласно [76] река Зеравшан в верховьях мало подвержена антропогенному влиянию. По данным постов Хушекат и Дупули воды в верховьях реки Зеравшан слабо минерализованы (среднегодовые концентрации составили 220-230 мг/л, в том числе сульфаты – 40 мг/л, хлориды – 2 мг/л, фенолы отсутствуют, азот нитритный – 0,014 мг/л, растворенный кислород 8,78 мг/л. По ИЗВ (0,4-0,7) качество воды в верховьях реки Зеравшан по данным поста Дупули (1988, 1992гг.) следует

отнести к чистым. На балансовом участке между постом кишлака Хушекат на реке Зеравшан и постом Дупули и далее по притоку Могияндарья у поста Суджина имеются данные по речному стоку и минерализации. Суммарный среднегодовой сток реки Зеравшан у кишлака Хушекат за 1965-1979 годы составляет 5139,2 млн.м³ с максимумом в июне-августе. Осредненная среднегодовая минерализация речного стока за 1984-1992 годы по этому посту составляет 0,206 г/л. На посту кишлака Дупули (р. Зеравшан) объем стока увеличивается за счет боковой приточности, данные по которой отсутствуют, а среднегодовая минерализация увеличивается до 0,24 г/л. Водно-балансовый расчет с отрицательной разницей 130,3 млн.м³ объясняется неучтенной боковой приточностью (например, по реке Кштут нет гидрологических данных). При этом вниз по течению было перенесено 268844 тонн солей.

Река Зеравшан наиболее подвержена трансграничному влиянию. В зоне формирования стока реки расположены объекты горно-обогатительного комбината Республики Таджикистан, которые загрязняют реку токсичными металлами, сурьмой, ртутью. Отмечено содержание сурьмы в подземных водах (в створе Первомайской плотины) 0,001-0,11 мг/л, Чупанатинском водозаборе 0,001-0,008 мг/л (ПДК – 0,05 мг/л) и других водозаборах. Содержание сурьмы в воде уменьшается в направлении вниз по течению реки. Мониторинг за специфическими ингредиентами (сурьма, ртуть, кадмий, стронций и др.) осуществляется с 2002 г. И в результате проведенных природоохранных мероприятий и ужесточения контроля за сбросами сточных вод в реку качество воды улучшилось и индекс загрязненности воды в 2004 г. в створах на границе с Таджикистаном и практически на всем протяжении (за исключением створа после г. Самарканд) соответствовала по ИЗВ II классу - чистые воды [77].

1.4.2 Основные источники загрязнения на низовье реки Зеравшан

В настоящее время на формирование гидрологического и гидрохимического режимов в среднем и нижнем течении реки Зеравшан наибольшее влияние оказывает орошаемое земледелие, которое характеризуется выносом значительного объёма коллекторно-дренажного стока [78-80]. Химический состав воды р. Зеравшан в последние годы определялся на 8 створах. На створе у пос. Раватходжа (нижний бьеф Первомайской плотины) минерализация воды в течение года изменялась от 0,21 до 0,36 г/л, состав воды сульфатно-гидрокарбонатный–натриево-кальциевый (СГ–НК), она загрязнена шестивалентным хромом, цинком, медью. На створе у г. Навои, ниже по течению реки после сбросов сточных вод ПО «Навоiazот» минерализация воды изменяется в течение года от 0,98 до 1,62 г/л, что вызвано повышенным содержанием магния, натрия и сульфатного иона. Состав воды гидрокарбонатно-сульфатный–кальциево-магниевый (ГС–КМН), она загрязнена теми же ингредиентами, что и в верхнем течении. Установлено, что наибольший уровень загрязнения был отмечен в 1984–1995 гг., в последующие годы он заметно понизился. Согласно проведённым расчётам, с орошаемой зоны в реки Зеравшан, Кашка Дарья и Сурхандарья сбрасывается до 2,0–2,5 км³/год коллекторно-дренажных вод, что приводит к увеличению минерализации речных вод и ухудшению их химического состава [81].

Согласно [82] основными возможными антропогенными загрязнителями поверхностных вод р. Зеравшан могут быть два предприятия – Зеравшанский золоторудный комбинат (СП «Зеравшан») и Анзобский горно-обогатительный комбинат (СП «Анзоб»). ООО СП «Зеравшан» по своему производственному назначению занимается добычей и переработкой золотосодержащих руд. Комбинат расположен в отрогах Зеравшанского хребта вблизи р. Могияндарья в 30 км от границы Сурхандарьинской области Республики Узбекистан.

Технология переработки включает процесс кучного выщелачивания с применением цианида натрия и дальнейшего электрохимического извлечения сплава Доре. Поэтому основным направлением в охране подземных и поверхностных вод был избран контроль над содержанием цианида натрия в подземных водах вокруг комбината (его хвостохранилище) и в реках Могияндарья и Зеравшан. Мониторинг содержания цианида натрия по трем наблюдательным скважинам, находящихся ниже хвостохранилища, а также в пробах подземных вод (родника, скважины) и поверхностных вод (р. Могияндарья и Зеравшан) показал полное отсутствие его содержания.

Выбросы в атмосферный воздух составили 381,17 т за 2004 год, из которых основной объем приходится на неорганическую пыль – 342,603 т. Учитывая расстояние от границы Республики Узбекистан, эти выбросы не могут оказывать какое-либо влияние на окружающую среду приграничного района Узбекистана.

По своему производственному назначению Анзобский горно-обогатительный комбинат (СП “Анзоб”) занимается добычей руды и получением ртутно-сурьмяного концентрата. Одной из главных экологических проблем комбината является выход из строя в 1996 г. пульпопровода, отводящего хвосты обогатительной фабрики на хвостохранилище. Хвосты обогатительной фабрики содержат в своем составе 0,56% сурьмы и 0,004% ртути.

В июне 2003 г. был задействован временный шламоотстойник, куда до настоящего времени поступают жидкие отходы фабрики. В период с 1996 - 2002 гг. комбинат производил прямой сброс отходов в р.Фон-Ягноб и естественно в нее и далее в р. Зеравшан поступило большое количество ртути и сурьмы с фабрики.

Для определения степени загрязнения реки Зеравшан Могиянской геологической партией был проведен мониторинг и взяты пробы воды, почв и донных отложений вдоль реки Зеравшан. Вышеуказанные анализы

были проведены вблизи г. Пенджикент и в 500 метрах от границы с Узбекистаном. Анализы воды были проведены на содержание 14 химических элементов (кальций, магний, медь, свинец, сурьма, ртуть, кадмий, цинк и др.). Результаты анализов показывают, что содержание всех компонентов за исключением цинка, меди и никеля ниже ПДК. Превышение содержания цинка, никеля и меди связано с распространением рудных полей с высоким содержанием этих компонентов.

Результаты рентгено–спектрального анализа литогеохимических проб почв и донных отложений вдоль реки Зеравшан выше и ниже г. Пенджикент, а также в 500 м от границы с Узбекистаном на свинец и ртуть дали следующие величины: для свинца в пределах 12,0-17,0 г/т и для ртути от 10,0 до 15 г/т, что находится в пределах ПДК.

По данным [83-86] в нижнем течении р. Зеравшан в зависимости от сезона года изменяется температура воды и ее прозрачность, содержание минеральных и органических веществ.

ГЛАВА 2. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ

2.1 Характеристика информационного массива

В работе использованы данные, полученные в периоды экспедиционных и полевых работ в рамках международного проекта Фонда Фольксвагена “Impact of transition processes on environmental risk assessment and risk management strategies in Central Asian Transboundary Basin” (2008-2011гг.), проекта Федерального министерства образования Германии “Water quality and quantity analyses in Transboundary Zarafshon River Basin-Capacity building and research for sustainability (WAZA-CARE)” (2010-2011гг.) и Международного проекта “Contribution to High Asia Runoff from Ice and Snow” в сотрудничестве с Университетом Колорадо в Боулдере (США) и Университетом Катманду (Непал) (2012-2016 гг.), финансируемого ЮСАИД и Агентством по Гидрометеорологии Республики Таджикистан по изучению водных, гидроэнергетических ресурсов и экологического состояния бассейна реки Зеравшан.

За период экспедиционных работ по мониторингу химического состава и степени загрязненности вод реки Зеравшан и ее притоков, а также снежного покрова на ледниках бассейна реки Зеравшан с 2008 г. по 2014 г. накоплен большой объем данных, как полевых наблюдений, так и результатов лабораторных исследований. Информационный массив, полученный при проведении экологического мониторинга в бассейне реки Зеравшан, включает:

- гидрохимические наблюдения, выполненные при отборе проб;
- результаты химико-аналитических и других лабораторных исследований проб природной среды.

С 2008 года по 2014 год в бассейне реки Зеравшан для определения содержания загрязняющих веществ на более 75 точках геоэкологического мониторинга было отобрано:

- 877 речной воды;

- 186 проб снежного покрова;
- 182 пробы коллекторно-дренажных вод;
- 225 проб сточных вод горно-обогатительного комбината;
- 115 проб вод из оросительных каналов;

Информационный массив химико-аналитических исследований, полученный по результатам исследований в бассейне реки Зеравшан за период с 2002 г. по 2014 г., включает 26000 записей значений концентраций загрязняющих веществ и физико-химических свойств объектов природной среды, в том числе:

- 877 записей значений температуры;
- 1174 записи значений электропроводности речных, коллекторно-дренажных вод и проб воды из оросительных каналов;
- 1399 записей значений pH;
- 1174 записи значений концентрации растворенного кислорода;
- 1585 записей значений концентрации кальция;
- 1585 записей значений концентрации магния;
- 1585 записей значений концентрации натрия;
- 1585 записей значений концентрации калия;
- 1585 записей значений концентрации железа;
- 1585 записей значений концентрации алюминия;
- 1585 записей значений концентрации диоксида серы;
- 1288 записи значений концентрации марганца;
- 1585 записей значений концентрации фтора;
- 1288 записей значений концентрации цинка;
- 1288 записей значений концентрации меди;
- 1288 записей значений концентрации хрома(VI);
- 1585 записей значений концентрации сульфат-иона;
- 1585 записей значений концентрации нитратов;
- 1585 записей значений концентрации хлоридов;

- 1585 записей значений концентрации фосфатов;
- 225 записей значений концентрации кадмия;
- 225 записей значений концентрации мышьяка;
- 225 записей значений концентрации ртути;
- 225 записей значений концентрации сурьмы.

2.2 Методика обоснования территорий мониторинга в бассейне реки Зеравшан

Водосборный бассейн реки Зеравшан вытянут в широтном направлении между Туркестанским и с юго-востока гребнями Гиссарского и Зеравшанского хребтов (рис.2.1). На западе в 28-30 км ниже города Пенджикент река Зеравшан пересекает границу и течет по территории Республики Узбекистан [17]. Общая длина реки Зеравшан 877 км из которой 303 км пролегает по территории Республики Таджикистан. Крупными притоками реки являются реки Фондаря, Кштут и Могияндарья. Река Фондаря (длина 24,5 км, площадь бассейна 3230 км²) образуется слиянием реки Ягноб (длина 120 км, площадь бассейна 1650 км²) и реки Искандердарья Ягноб (длина 21 км, площадь бассейна 974 км²) [45].

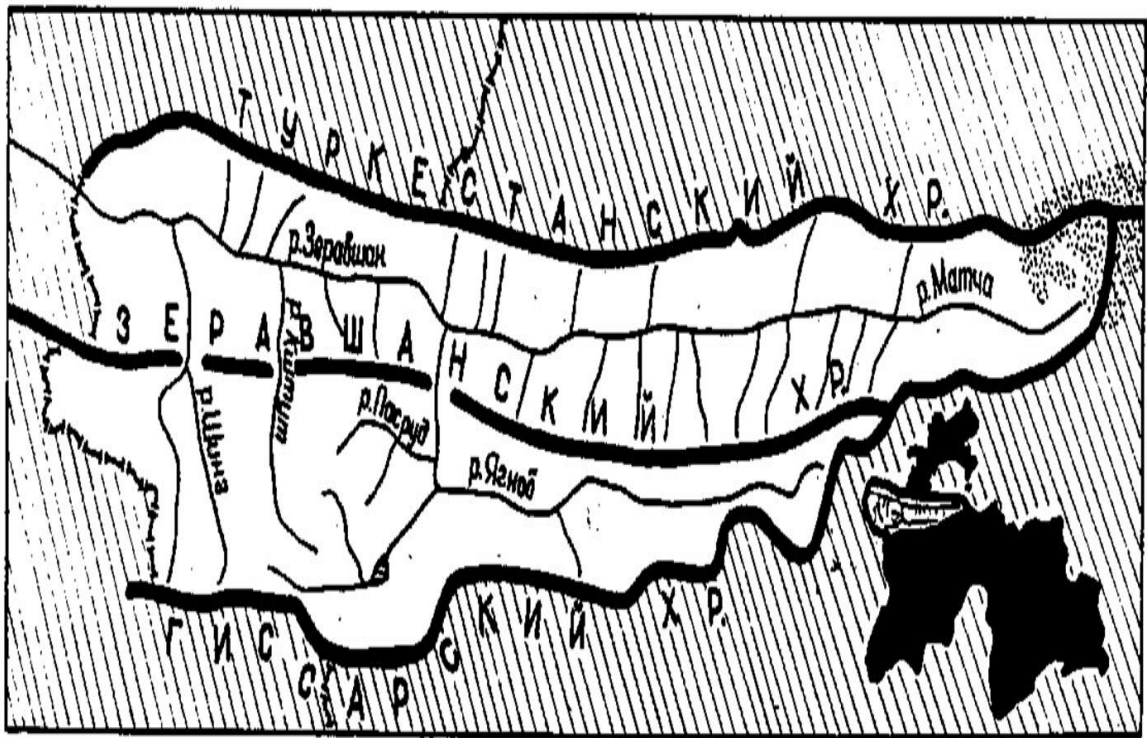


Рис. 2.1 Схема водосборного бассейна реки Зеравшан

На рис. 2.2 представлена схема расположения бассейна реки Зеравшан относительно других речных бассейнов Таджикистана.

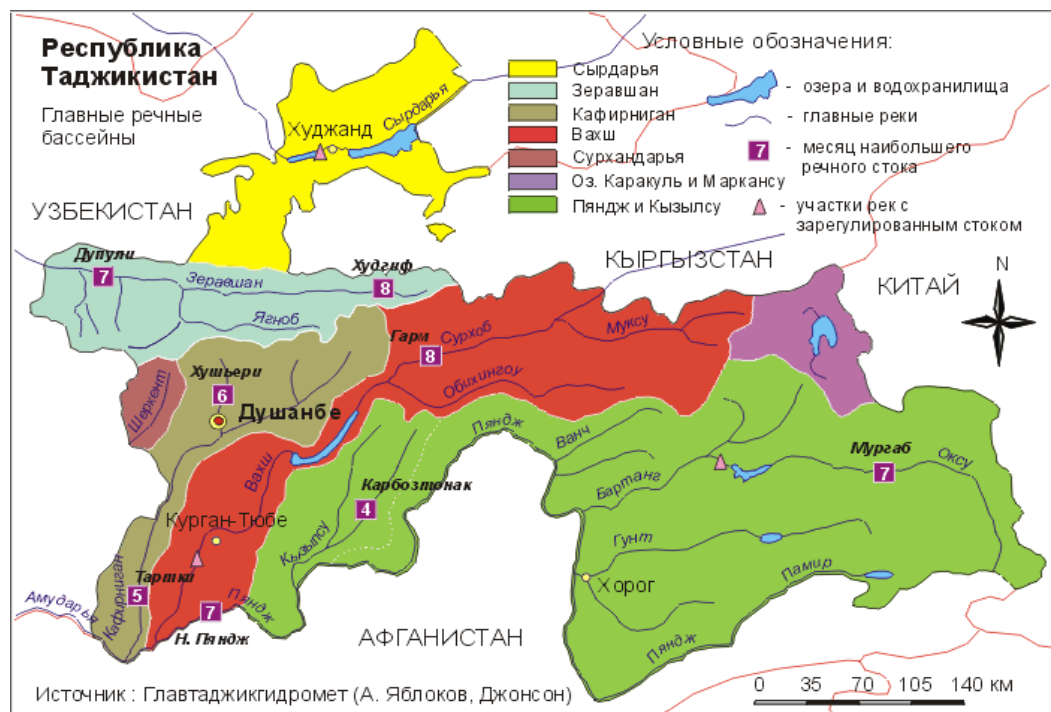


Рис. 2.2 Главные речные бассейны Республики Таджикистан

Река Зеравшан одна из крупных рек Средней Азии, берет свое начало на высоте 2775 м и принимает наряду с 3 большими реками (Фондаря, Кштут, Могияндарья) более 100 мелких притоков и 3 больших реки (Фан-Дарья, Кштут-Дарья, Могиян-Дарья) [45].

Схема расположения притоков на самом верховье реки Зеравшан близкие к леднику Зеравшан, которые были объектами гидрохимических исследований, представлена на рис. 2.3.

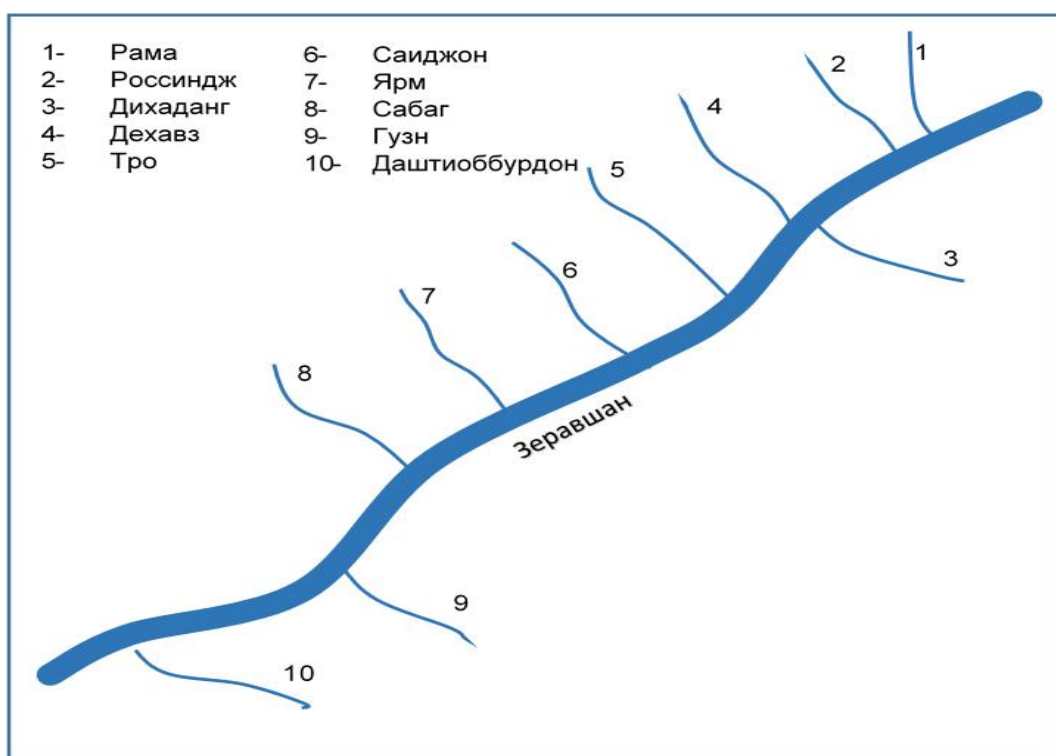


Рис. 2.3 Схема расположения притоков реки Зеравшан от ледника Зеравшан вниз по течению

В бассейне реки Зеравшан развита горнодобывающая и горно-перерабатывающая промышленности. В долине реки Ягноб расположен Анзобский горно-обогатительный комбинат, который является одним из крупнейших предприятий Республики Таджикистан по переработке ртутно-сурьмяных руд.

Для установления степени влияния Анзобского горно-обогатительного комбината на изменение химического состава вод реки

Зеравшан проводились отборы проб воды в двух местах, расположенных соответственно до и после хранилища сточных вод комбината, в течение 2008-2014 годов с периодичностью три раза в месяц. По разнице результатов анализа проб из двух точек можно однозначно рассуждать о влиянии комбината на качество вод реки Зеравшан. Схема расположения Анзобского горно-обогатительного комбината и пункты отбора проб воды представлены на рис. 2.4.

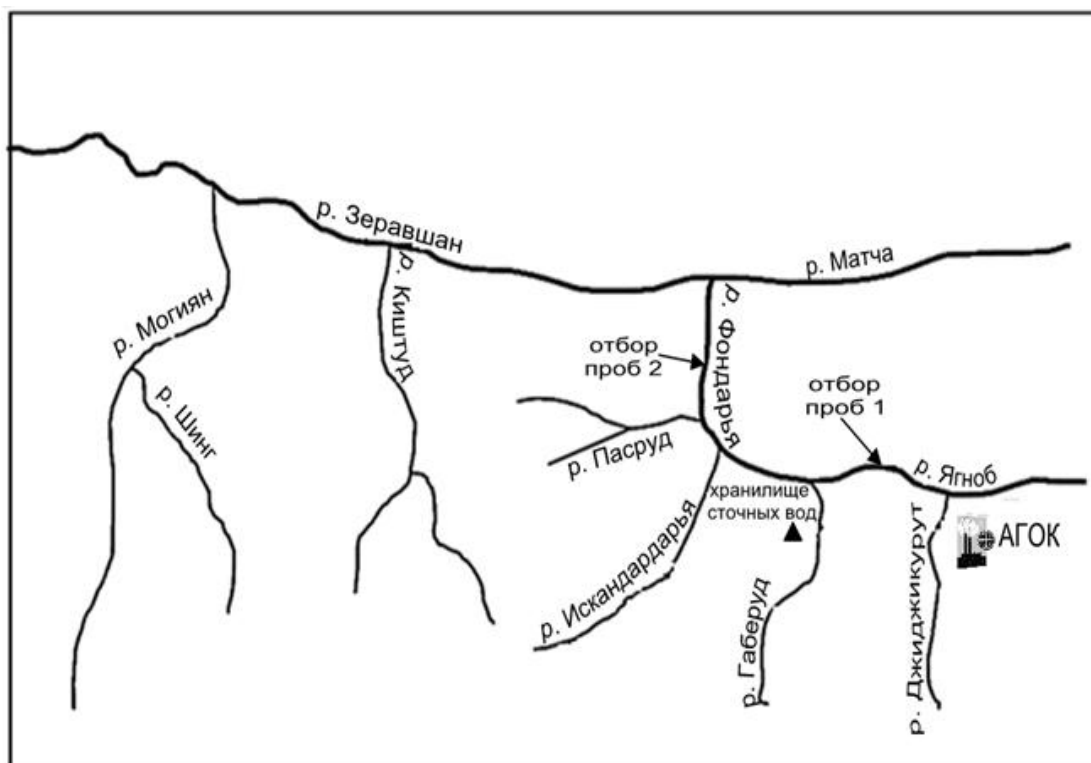


Рис 2. 4 Схема расположения Анзобского горно-обогатительного комбината и пункты отбора проб воды

С целью предотвращения попадания сточных вод комбината в реку Джиджикурут в период 1966-1970 годов был реконструирован производственный комплекс с возведением хранилища сточных вод в кишлаке Равот в 8-10 км от комбината на берегу реки Ягноб (рис. 2.5). В 2009г. в соответствии с современными требованиями по содержанию и утилизации промышленных отходов была произведена реконструкция и капитальный ремонт хвостохранилища комбината.



Рис. 2.5 Промышленные отходы Анзобского Горно-обогатительного комбината, 2005 г. Фото: В. Новиков.

В бассейне реки Зеравшан ведется сельскохозяйственная деятельность с незначительным использованием водных ресурсов. Климатические условия позволяют выращивать зерновые, табак, кормовые травы, рис, сады, виноградники и овощи. Размеры орошаемых площадей составляют от 7 до 300 га. Водозаборы поливных участков расположены на водотоках с большими уклонами.

По данным 2008 г. орошаемая площадь в бассейне реки Зеравшан составляет 24584 га, из них земли машинного орошения 7416 га, фактический водозабор из источников орошения - 119,78 млн.м³ или 84% от планового, фактическая водоподача -100,604 млн. м³. Водозабор на орошение ежегодно снижается: от 332,19 млн. м³/год (1984г.) до 119,78 млн. м³/год (2008г.) при орошаемых землях соответственно 22700 и 24584 га. На это повлияло изменение структуры посевов, внедрение платного водопользования, недостатки в учете воды.

Зеравшанский бассейн в настоящее время орошает примерно 551 000 га, или 13% от общей площади орошаемых земель в Узбекистане. Он покрывает потребности в оросительной воде четырех областей: Самаркандской - 375 745 га, Кашкадарьинской - 29985 га, Навоинской 95985 га и Джизакской 49138 га. Одним из критических показателей является минерализация вод реки Зеравшан, причем если промышленные загрязнители достаточно равномерно распределены по течению, то минерализация резко возрастает в нижнем течении Навоинской области и достигает максимума до 2,6 ПДК. Данная тенденция сохраняется в течение всего годового цикла.

Одним из главных источников загрязнения реки Зеравшан в низовье (территория Узбекистана) являются сельскохозяйственные коллекторно-дренажные воды из орошаемых земель. Формирование таких коллекторно-дренажных вод скорее всего происходит по всей узбекской части реки Зеравшан. Данному процессу также способствуют применение устаревших и классические методы орошения. Не соответствие технического состояния дренажных систем современным требованиям часто приводит к деградации земель и ухудшению качества вод.

Мониторинг гидрохимии реки Зеравшан проводился в рамках проекта Фонда Фольксвагена. Отбор проб производился из коллекторно-дренажных вод, каналов и из основного ствола реки.

2.2.1 Отбор проб снежного покрова

Наряду с мониторингом химического состава вод реки Зеравшан в среднем ее течении и в низовьях значительный интерес представляет наличие информации о наличии, составе и транспортировке различных химических элементов и соединений из самой зоны формирования реки, т.е. из ледников бассейна реки Зеравшан. Ведь известно, что ледники являются аккумуляторами атмосферных аэрозолей, мелких дисперсных химических элементов и их соединений.

Выбор снежного покрова в качестве естественного индикатора атмосферных загрязнений актуален тем, что снег при формировании эффективно сорбирует примеси из атмосферы и депонирует сухие пылевые выбросы техногенных источников [88]. Согласно [89] концентрация загрязняющих веществ в снеге на 2-3 порядка выше, чем в атмосферном воздухе. Это позволяет проводить измерения содержания веществ достаточно простыми методами с высокой степенью надежности.

Снежный покров представляет собой слой снега на поверхности земли, который образуется в результате выпадения осадков. В снежный покров включаются также ледяные прослойки, которые образуются на поверхности снега и почвы, а также скапливающаяся под снегом талая вода.

Наблюдения за снежным покровом состоят из ежедневных наблюдений за изменением (динамикой) снежного покрова и периодических снегосъемок для определения снегонакопления и запаса воды на элементах природного ландшафта (поле, лес, овраги).

При ежедневных наблюдениях за снежным покровом определяют:

- степень покрытия окрестности станции снежным покровом (балл);
- характер залегания снежного покрова на местности (таблица кода);
- структуру снега (таблица кода);
- высоту снежного покрова на метеорологической площадке или на выбранном участке вблизи станции (см).

При снегосъемках на каждом выбранном маршруте определяют:

- высоту снежного покрова (среднюю из установленного числа измерений);
- структуру снежного покрова (наличие прослоек льда, воды и снега, насыщенного водой);
- характер залегания снежного покрова на маршруте;

- степень покрытия снегом маршрута;
- состояние поверхности почвы под снегом (мерзлая, талая).

Информация, полученная этими двумя способами, различается и используется в разных целях. Результаты снегосъемок прежде всего необходимы гидрологам, а также проектировщикам при выборе места строительства. Для нагрузочных расчетов и в исследованиях климатических изменений чаще используются данные постоянных реек.

Климатические характеристики плотности и запаса воды в снежном покрове обычно определяют по данным снегосъемок, а характеристики высоты снежного покрова - по постоянной рейке и по снегосъемкам. Число дней со снежным покровом, даты появления, схода, образования и разрушения снежного покрова, средние квадратичные отклонения высоты, числа дней, дат появления и схода снежного покрова - только по постоянной рейке.

Особое положение в смысле метода ее получения занимает такая характеристика, как максимальный прирост (средний и абсолютный) снега за сутки. Она может быть определена из результатов наблюдений за высотой снежного покрова, а также по данным об осадках.

Для характеристики высоты снежного покрова вычисляют средние ее значения не по месяцам, а по декадам зимних месяцев. Эти величины в начале и конце зимы рассчитываются только в том случае, когда снежный покров наблюдался более чем в 50% зим. Среднюю величину за декаду получают делением суммарной высоты на все число лет выбранного периода независимо от наличия снега в эту декаду. Если же снег наблюдался менее чем в 50% зим, то среднюю за данную декаду не вычисляют.

Средние значения плотности снежного покрова (кг/м^3) и запаса воды в снеге в отличие от аналогичных значений высоты снежного покрова вычисляются только по данным тех лет, когда снежный покров образовывался. Плотность снежного покрова начинают измерять лишь

тогда, когда его высота достигает 5 см, поэтому весной и осенью крайние декады, для которых указывается высота снега и плотность снега, могут не совпадать, то есть период, за который приводится плотность снега, оказывается короче периода с указанием высоты снежного покрова.

Кроме средней плотности, вычисляют среднюю плотность при наибольшей декадной высоте снежного покрова и при наибольшем запасе воды в снежном покрове. Для получения этих характеристик плотности за каждый год выбирается значение плотности в ту из декад, когда высота снежного покрова или запас воды в снеге были наибольшими. Эти декады обычно различаются в разные годы. Таким образом усредняются данные плотности для разных декад.

По запасу воды в снеге наряду со средним определяется еще и среднее из наибольших значений. Характеристики продолжительности залегания снежного покрова (число дней со снегом, даты появления, схода и образования, разрушения устойчивого снежного покрова), строго говоря, следовало бы получать так же, как аналогичные характеристики температуры воздуха по графикам ступенчатого тренда. Однако исторически установились некоторые условные критерии для определения этих дат, которые и используют в практике климатологической обработки. В соответствии с методикой ГГО им. А.И. Воейкова приняты следующие критерии:

- устойчивым считают такой снежный покров, который лежит не менее месяца с перерывами не более 3 дней подряд или вразбивку, перерыву в один день в начале зимы предшествует залегание снежного покрова не менее 5 дней, а перерыву в 2-3 дня - не менее 10 дней;
- если в конце зимы, не более чем через 3 дня после схода снежного покрова, вновь образуется снежный покров, который лежит не менее 10 дней, такое залегание снежного покрова считается непрерывным;

- если за зиму имеется несколько периодов с устойчивым снежным покровом, разделенных по времени не более чем на 5 дней один от другого, то период от первого дня с устойчивым снежным покровом до последнего дня за зиму с таким покровом считается одним периодом с устойчивым снежным покровом;
- средние многолетние даты образования и разрушения снежного покрова вычисляются только в том случае, когда число зим со снежным покровом составляет более 50 % всех зим и лишь за зимы, когда был только один период с устойчивым снежным покровом;
- при отсутствии снежного покрова хотя бы в одну из зим выбираются только две крайние даты - самого раннего появления и самого позднего схода снежного покрова, даты же самого позднего появления и самого раннего схода не определяются (аналогично и по устойчивому снежному покрову).

Формирование снежного покрова и его высота как количественная характеристика является мерой снегонакопления на ледниках, определяющее степени водообеспеченности водных артерий и соответственно жизнедеятельности всех компонентов экосистемы. Исходя из этого, систематический контроль и мониторинг процессов образования снежного покрова является важным аспектом в интегрированном управлении водными ресурсами и планировании отраслей, тесно связанных с водой.

Для того, чтобы иметь информацию о химическом составе формирующегося из ледников водного стока в зоне формирования, проводился комплекс физико-химических анализов сезонных снегов на ледниках Зеравшан, Россинч, Дехавз и Тро бассейна реки Зеравшан и вод притоков реки Зеравшан, формирующихся из этих ледников. Полная информация места расположения и характеристики ледников приведены в разделе 1.3 диссертационной работы. Отбор проб снега и анализ талой воды проводился на основании руководящего документа РД 52.04.186-89

(Руководство по контролю загрязнения атмосферы, часть 2, п.5.1.2.) [90] и Инструкции для отбора проб снежного покрова, льда и талой воды, разработанной в Университете Колорадо в Боулдере по международному проекту “Contribution to High Asian Runoff from Ice and Snow” (www.nsidc.org/charis).

2.3 Изотопное исследование отобранных образцов

Изотопно-кислородный и дейтериевый состав, дейтериевый эксцесс считаются одними из информативных индикаторов в гидрологических и гляциологических исследованиях в установлении закономерностей процессов льдообразования, снегонакопления и протекания взаимных агрегатных превращений. В главе представлены результаты изотопных анализов образцов вод из притоков реки Зеравшан: Сабаг, Ярм, Самджон, Тро, Дехавз, Дихаданг, Гузн и Даштиобурдон, а также сезонных снегов из ледников Рама, Зеравшан, Россинч. При отборе проб руководствовались инструкцией, разработанной в университете Колорадо в Боулдере. Анализы образцов вод и снежного покрова выполнялись на Wavelength-Scanned Cavity Ringdown Spectroscopy (WS-CRDS) и изотопный состав водорода и кислорода выражались в относительных величинах $\delta^{18}\text{O}$ и $\delta^2\text{H}$:

$$\delta = [(R_{\text{об}} / R_{\text{ст}}) - 1] \cdot 1000\text{‰},$$

где $R_{\text{об}}$ и $R_{\text{ст}}$ отношения $^2\text{H}/^1\text{H}$ и $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ в измеряемом образце и в стандарте. В качестве стандарта принята средняя океаническая вода (SMOW, Vienna, IAEA). Точность измерения составляла $\pm 0.05\text{‰}$.

В результате проведенных изотопных анализов было установлено, что притоки верхнего течения реки Зеравшан характеризуются значениями изотопов в пределах: $\delta^{18}\text{O}$ (-13,23:-13, 43) и $\delta^2\text{H}$ (-88,92:-88,32).

Дейтериевый эксцесс варьируется в пределах от 16,92 до 19,21.

Полученные значения показывают, что состав воды притоков верхнего течения реки Зеравшан характеризуется легкими изотопными составами $\delta^{18}\text{O} \leq -13,0\text{‰}$ и $\delta^2\text{H} \leq -100\text{‰}$. Следовательно, можно

утверждать, что наблюдаемое фракционирование происходит в результате замерзания и снегонакопление происходит в зимний период.

В свою очередь, притоки нижнего течения реки Зеравшан имеют следующий изотопный состав: $\delta^{18}\text{O}$ (-11,98:11,61) и $\delta^2\text{H}$ (-78,45:-75,80). Полученные результаты дают основание предположить о наличии сезонных вариаций изотопного состава атмосферных осадков и их влияние на изотопный состав реки, т.е. внутригодовое изменение структуры питания. Другими словами, на изменение соотношения дождевых, талых вод сезонных снегов и подземных вод.

2.4 Химико-аналитические исследования отобранных образцов и проб

При выполнении химико-аналитических исследований отобранных образцов и проб воды руководствовались методическими указаниями и руководящими документами, представленными в [116 -120].

Определение температуры воды.

Температуру природных вод определяют термометром с делениями на $0,1^{\circ}\text{C}$, для точных работ – с делениями на $0,05^{\circ}\text{C}$.

Определение рН.

Для определения рН вод использовался лабораторный рН-метр (потенциометр) со стеклянным электродом и каломельным электродом сравнения.

Определение фтора.

Основной раствор. Растворяют 0,221 г NaF ч.д.а., высушенного при 105°C , в дистиллированной воде и доводят объем до 1 л; в 1 мл раствора содержится 0,100 мг F^{-} .

Рабочий раствор. Разбавляют 50 мл основного раствора дистиллированной водой, доводя объем до 1 л. Во всех случаях следует пользоваться свежеприготовленным раствором. В 1 мл рабочего раствора содержится 0,005 мг F^{-} .

Калибровочная кривая. В несколько колб наливают 0; 1,0; 3,0; 5,0;

10,0; 15,0; 20,0; 25,0; 50,0 *мл* рабочего раствора и доводят объем жидкости в каждой колбе до 100 *мл* дистиллированной водой. Приготовленные растворы содержат 0; 0,5; 0,15, ... 2,5 *мг* фторид-ионов в 1 *л*. Через 1 ч после внесения реактивов измеряют оптические плотности и строят график зависимости оптической плотности от концентрации растворов.

Калибровочный график надо строить заново после каждого приготовления новых растворов ализарина и соли циркония.

Ход определения. Отмеряют в цилиндры Несслера 0; 1,0; 2,0; 3,0; . . .; 30 *мл* рабочего раствора и доводят объемы до 100 *мл* дистиллированной водой. Растворы будут содержать 0; 0,05; 0,010; 0,15; . . .; 1,5 *мг/л* фторидов.

В один цилиндр наливают 100 *мл* прозрачной пробы или дистиллята, или небольшое количество пробы, доведенной до объема 100 *мл* дистиллированной водой. После выравнивания температуры вносят в пробу и в стандарты по 5 *мл* кислого цирконий-ализаринового реактива и тщательно перемешивают. Через 1 ч сравнивают полученную окраску со стандартом. Для каждого цикла определений необходимо готовить свежие стандарты. Для анализа проб с ориентировочно известной концентрацией фтора следует готовить ряд стандартов, близких по концентрациям к предполагаемой концентрации фтора в пробе.

Содержание фторид-ионов (x) в *мг/л* вычисляют по формуле:

$$x = \frac{100c}{V}$$

где, c — концентрация фторидов, найденная по калибровочному графику или по шкале стандартов, *мг/л*; V — объем взятой для анализа пробы, *мл*; 100 — объем, до которого разбавлена проба, *мл*

Определение SO_4^{2-} .

Определению SO_4^{2-} мешает высокое содержание силикатов и железа, взвешенные и коллоидные вещества. Одновременно с сульфатами определяются и сульфиты. Взвешенные и коллоидные вещества устраняют

фильтрованием или центрифугированием, а в некоторых случаях - прибавлением активированного угля.

Высокое содержание кремневой кислоты и железа устраняют выпариванием взятого объема пробы досуха после подкисления 5 мл разбавленным (1:1) раствором HCl. Сухой остаток нагревают около 1 ч при 105°C, смачивают 5 мл разбавленного (1:1) раствора HCl, нагревают и разбавляют примерно до 50 мл дистиллированной водой. Горячий раствор фильтруют, промывают разбавленной (1:50) соляной кислотой. К фильтрату прибавляют 1 мл разбавленной (1:1) азотной кислоты и слабо кипятят. Затем прибавляют разбавленный (1:1) раствор аммиака до явно щелочной реакции и смесь нагревают на водяной бане около 30 мин. Выделившиеся гидроксиды отфильтровывают и промывают горячей дистиллированной водой. Объем фильтрата доводят до 250 мл.

В присутствии сульфитов пробу предварительно окисляют, добавляя необходимое количество 0,1 н. раствора йода. Из результатов определения сульфатов вычитают найденное отдельно содержание сульфитов.

Аппаратура: Водяная баня, муфельная или тигельная печь (800°C).

Реактивы: Соляная кислота ч.д.а., разбавленная (1: 1), хлорид бария, 10%-ный раствор для осаждения. Растворяют 10 г $BaCl_2 \cdot 2H_2O$ ч.д.а. в дистиллированной воде и доводят объем до 100 мл, нитрат серебра, 1,7%-ный раствор. Растворяют 8,5 г $AgNO_3$ ч.д.а. в 500 мл дистиллированной воды и подкисляют 0,5 мл концентрированной HNO_3 ч.д.а.

Ход определения. В стакан емкостью 400-600 мл к 250 мл пробы с содержанием 5-50 мг SO_4^{2-} или к меньшему объему с таким же содержанием сульфат-ионов, но доведенному до 250 мл дистиллированной водой, прибавляют 2 мл разбавленной соляной кислоты. Смесь нагревают до кипения, при постоянном перемешивании прибавляют 3 мл горячего раствора хлорида бария, перемешивают около 1 мин, нагревают 1 ч на водяной бане и оставляют на 8-12 ч при комнатной температуре.

Фильтруют через плотный фильтр (синяя лента) и промывают декантацией. Выделившийся сульфат бария переводят количественно на фильтр. Прилипшие к стенкам стакана частицы сульфата бария удаляют кусочком влажной беззольной фильтровальной бумаги и ополаскивают стакан дистиллированной водой. Осадок на фильтре промывают горячей дистиллированной содой до отрицательной реакции на хлор ионы в фильтрате (реакция с нитратом серебра).

Содержание сульфат-ионов вычисляют в мг/л (y) по формуле:

$$y = m \cdot 0,4116 \cdot 1000 / V = m \cdot 411,6 / V$$

где m — масса $BaSO_4$, мг; V - объем пробы, взятой для анализа, мл; 0,4116 - коэффициент пересчета с $BaSO_4$ на SO_4^{2-} .

Определение диоксида кремния.

Основной раствор. Сплавляют 3,0 г Na_2CO_3 с 0,200 г SiO_2 ч.д.а. в платиновом тигле. Горячий сплав растворяют в дистиллированной воде и разбавляют до 500 мл. Содержание SiO_2 в этом растворе определяют весовым методом. В зависимости от полученного результата раствор разбавляют так, чтобы 1 мл его содержал 0,2 мг SiO_2 .

Рабочий раствор. Разбавляют 250 мл основного раствора дистиллированной водой до 1 л. Следует всегда применять свежеприготовленный раствор; 1 мл раствора содержит 0,05 мг SiO_2 .

Растворы, приготовленные для определения силикатов, хранят в парафинированных или полиэтиленовых склянках.

Калибровочная кривая. В несколько колб из химически устойчивого стекла наливают 0; 1,0; 2,0; . . . ; 20 мл рабочего раствора и доливают дистиллированной водой до 50 мл. Приготовленные таким образом растворы содержат 0; 1,0; 2,0; . . . ; 20 мг SiO_2 в 1 л. Растворы обрабатывают описанным выше способом. Измеряют оптическую плотность, вводят поправку на холостое определение и составляют график зависимости оптической плотности от концентрации SiO_2 . При подготовке стандартных растворов в цилиндрах Несслера ход работы такой же. Для

построения шкалы стандартов в цилиндры Нesslerа вводят 0; 0,25; 0,50; . . .; 5,0 мл раствора хромата, добавляют в каждый раствор 5 мл раствора буры и доводят дистиллированной водой до 55 мл. Окраска стандартов соответствует содержанию SiO_2 от 1,0 до 20 мг/л.

Ход определения. В колбу из химически устойчивого стекла наливают 50 мл прозрачной пробы, профильтрованной через плотный фильтр (голубая лента), или отбирают меньший объем пробы и разбавляют ее дистиллированной водой до 50 мл. Прибавляют 2 мл раствора молибдата и перемешивают. Затем приливают 1 мл соляной кислоты и смесь снова перемешивают. Через 5 мин прибавляют 1,5 мл раствора щавелевой кислоты и измеряют оптическую плотность или сравнивают окраску со стандартной шкалой в цилиндрах Нesslerа или, наконец, определяют SiO_2 колориметрическим титрованием. Одновременно проводят холостое определение с дистиллированной водой, вводят поправку и по калибровочной кривой находят содержание SiO_2 .

Для определения концентрации SiO_2 колориметрическим титрованием берут другую колбу такой же формы и емкости. В нее наливают 5 мл раствора буры и 50 мл дистиллированной воды и прибавляют из бюретки раствор хромата до тех пор, пока цвет раствора в этой колбе не совпадет с окраской пробы (в колбу с пробой доливают столько дистиллированной воды, сколько добавили раствора хромата в колбу для сравнения). Объем израсходованного раствора хромата в миллилитрах умножают на 4 и получают значение c для расчета по приведенной ниже формуле.

Содержание растворенных ортосиликатов (x) в мг/л вычисляют по формуле:

$$x = c \cdot 50 / V$$

где c — концентрация SiO_2 , найденная по калибровочной кривой, сравнением со стандартами или колориметрическим титрованием, мг/л; V — объем анализируемой пробы, мл; 50 - объем, до которого разбавлена

проба, мл.

Определение натрия и калия.

В основу определения положена способность атомов натрия и калия возбуждаться в пламени и при переходе в нормальное состояние излучать свет определенных длин волн. В испускаемом свете выделяют характерную для определяемого металла спектральную линию ($\lambda = 589$ нм для натрия и 768 нм для калия). Ее интенсивность, пропорциональная содержанию определяемого металла, регистрируется как аналитический сигнал.

Определению мешает наличие в воде ионов кальция при концентрации более 50 мг/л. Это мешающее влияние устраняют либо разбавлением пробы дистиллированной водой (при достаточно высоком содержании натрия и калия), либо введением в анализируемые пробы специального буферного раствора (хлорида цезия и нитрата алюминия).

Приготовление буферного раствора.

2,5 г CsCl и 125 г $Al(NO)_3 \cdot 9H_2O$ растворяют в 500 см³ дистиллированной воды. Хранят в полиэтиленовой посуде.

Приготовление градуировочных растворов. Градуировочные растворы, аттестованные по процедуре приготовления, готовят из стандартных образцов или хлоридов натрия и калия.

Массовая концентрация натрия или калия в градуировочном растворе должна составлять 1,000 г/л.

При использовании стандартных образцов производят разбавление исходных растворов в соответствии с инструкцией по их применению. Приготовление градуировочных растворов из твердых солей выполняют следующим образом: 1,2710 г хлорида натрия или 0,9535 г хлорида калия, предварительно высушенных при 105°C в течение 2 ч, количественно переносят в мерную колбу вместимостью 500 см³, растворяют в дистиллированной воде и объем раствора доводят дистиллированной

водой до метки. Хранят в плотно закрытом полиэтиленовом сосуде не более 1 года.

Для всех градуировочных растворов погрешности, обусловленные процедурой приготовления, не превышают 0,5% относительно приписанного значения массовой концентрации натрия или калия.

Установление градуировочных зависимостей. В мерные колбы вместимостью 100 см³ последовательно вносят 0,0; 1,0; 2,0; 3,0; 4,0; 5,0 см³ градуировочного раствора натрия (калия) с массовой концентрацией 1,000 мг/л. Объемы растворов доводят до меток на колбах дистиллированной водой и тщательно перемешивают. Массовая концентрация натрия (калия) в полученных растворах составит соответственно 0,0; 10,0; 20,0; 30,0; 40,0; 50,0 мг/л. Растворы используют в день приготовления.

25-30 см³ каждого из полученных растворов переносят в стаканы вместимостью 50 см³, последовательно распыляют их в пламени горелки фотометра в соответствии с инструкцией по его эксплуатации и записывают показания прибора. Повторяют измерение и значения аналитического сигнала для каждой концентрации усредняют, если расхождение между ними не превышает 3% для натрия и 5% для калия. В противном случае следует вновь повторить измерение.

Градуировочные зависимости строят в координатах: массовая концентрация натрия (калия), мг/л - средняя величина аналитического сигнала графически или устанавливают градуировочную зависимость в соответствии с инструкцией по эксплуатации используемого прибора. Градуировочную зависимость устанавливают перед выполнением каждой серии измерений.

В мерные колбы вместимостью 25 см³ вносят по 2,5 см³ буферного раствора и доводят объемы растворов в колбах до метки водой анализируемых проб (при содержании кальция менее 50 мг/дм³ допускается вместо буферного раствора использовать 2,5 см³ дистиллированной воды). Переносят пробы в стаканы вместимостью 50

см³, распыляют их в пламени горелки фотометра в соответствии с инструкцией по его эксплуатации и измеряют величину аналитического сигнала определяемого металла при соответствующей длине волны (589 нм для натрия и 768 нм для калия). Повторяют измерение и значения аналитического сигнала усредняют, если расхождение между ними не превышает 3% при определении натрия и 5% при определении калия по отношению к средней величине сигнала. В противном случае измерение повторяют.

Если величина аналитического сигнала пробы выше таковой для последней точки градуировочной зависимости, повторяют определение с меньшей аликвотой анализируемой воды. Для этого в мерную колбу вместимостью 25 см³ вносят 2,5 см³ буферного раствора, аликвоту анализируемой воды (1 - 10 см³) и доводят до метки дистиллированной водой.

Массовую концентрацию натрия (калия) в анализируемой пробе воды рассчитывают по формуле:

$$C_x = 1,11 \cdot C_r$$

где, C_x - массовая концентрация натрия (калия) в анализируемой пробе, мг/л; C_r - массовая концентрация натрия (калия), найденная по градуировочной зависимости, мг/л; 1,11 - коэффициент, учитывающий разбавление пробы буферным раствором.

Если для анализа брали меньшую аликвоту пробы воды, массовую концентрацию натрия (калия) в анализируемой пробе рассчитывают по формуле:

$$C_x = C_r \cdot 25/V$$

где, C_x - массовая концентрация натрия(калия)в анализируемой пробе, мг/л; C_r -концентрация натрия (калия), найденная по градуировочной зависимости, мг/л; V - объем аликвоты анализируемой пробы воды, см³.

Определение иона кальция.

В колбу для титрования отбирают пипеткой 100 мл пробы,

содержащей не больше 15 мг кальция, или меньшее количество пробы, доведенной до объема 100 мл дистиллированной водой. При анализе кислых проб их нейтрализуют едким натром. При анализе проб, щелочность которых превышает 6 мг-экв/л, прибавляют эквивалентное количество 0,1 н. соляной кислоты, кипятят 1 мин и охлаждают. Потом прибавляют 2 мл приблизительно 1 н. раствора едкого натра и от 0,1 до 0,2 г смеси индикатора с солью или смеси индикатора с солью и нафтоловым зеленым Б, после чего медленно титруют титрованным раствором комплексона III до появления интенсивной фиолетовой окраски (когда применяют смесь мурексида с нафтоловым зеленым Б, то до чисто-синей окраски).

Содержание кальций-ионов в мг/л (x) вычисляют по формуле:

$$x = a \cdot k \cdot 0,05 \cdot 40,08 \cdot 1000 / V = a \cdot k \cdot 2004 / V$$

где, a — объем израсходованного 0,05 М титрованного раствора комплексона III, мл; k — поправочный коэффициент для приведения концентрации раствора комплексона III к точно 0,05 М; V — количество пробы, взятой для определения, мл; 40,08 — эквивалент Ca²⁺-иона в комплексонометрии.

Определение катиона магния.

Для определения содержания магния в питьевых и поверхностных водах достаточно рассчитать его по результатам определения жесткости и кальция.

Концентрацию магния вычисляют по разности между израсходованными объемами титрованного раствора комплексона III на определение жесткости и на определение кальция.

Содержание магний-ионов в мг/л (x) вычисляют по формуле:

$$x = 12,16 (a \cdot k \cdot 0,05 \cdot 2 \cdot 1000 / V_1 - b \cdot k \cdot 0,05 \cdot 2 \cdot 1000 / V_2) = 1216(a \cdot k / V_1 - b \cdot k / V_2),$$

где a - объем 0,05 М раствора комплексона III, израсходованного при определении жесткости, мл; b - объем 0,05 М раствора комплексона III при определении кальция, мл; k - поправка для приведения концентрации

комплексона к точно 0,05 М; V_1 - объем пробы, взятой для определения жесткости, мл; V_2 - объем пробы, взятой для определения кальция, мл; 0,05 - молярность раствора комплексона III; 12,16 - эквивалент Mg^{2+} -иона при ацидиметрическом титровании.

Определение алюминия.

Основной раствор. Растворяют 1,7582 г $KAl(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$ ч.д.а. в дистиллированной воде и разбавляют до 1 л; 1 мл раствора содержит 0,100 мг алюминия.

Рабочий раствор. Разбавляют 10 мл основного раствора дистиллированной водой до 1 л. Применяют всегда свежеприготовленный раствор; 1 мл раствора содержит 0,001 мг алюминия.

Калибровочная кривая. В ряд колб отмеривают 0; 2,0; 5,0; 10,0; 20,0; 30,0; 40,0; 50,0 мл рабочего стандартного раствора и дополняют каждый раствор до 50 мл дистиллированной водой. Полученные растворы соответствуют содержанию алюминия 0; 0,040; 0,10; . . . ; 1,0 мг/л.

Стандартные растворы обрабатывают, как описано в ходе определения, и измеряют оптическую плотность. Вводя поправку на холостое определение, строят график в координатах оптическая плотность - концентрация алюминия.

Ход определения. В колбу емкостью 250 мл помещают 50 мл пробы (если надо, предварительно разбавленной или упаренной так, чтобы содержание алюминия в этом объеме оказалось в пределах 0,001-0,05 мг). Добавляют каплю раствора д-нитрофенола и раствор аммиака до появления желтой окраски индикатора. Вводят по каплям соляную кислоту до исчезновения окраски и последовательно приливают 1 мл раствора лимонной кислоты и 2 мл раствора тиогликолевой кислоты, затем смесь тщательно взбалтывают. Добавляют 10 мл раствора алюминона в буферной смеси и погружают колбу на 15 мин в кипящую водяную баню. Охладив смесь примерно до 20°C, переносят ее в мерную колбу емкостью 100 мл или в цилиндр Несслера, доливают водой до метки

и перемещивают.

Содержание алюминия (x) в мг/л вычисляют по формуле:

$$x = c \cdot 50 / V$$

где, c – концентрация алюминия, найденная по калибровочной кривой, мг/л; V – объем пробы, взятой для определения, мл; 50 – объем до которого разбавляют пробу, мл.

Определение железа.

Основной раствор. Растворяют в дистиллированной воде 0,8634 г $\text{NH}_4\text{Fe}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ ч.д.а., высушенного в эксикаторе при нормальной температуре, прибавляют 2 мл концентрированной HCl и доводят объем до 1 л; 1 мл раствора содержит 0,100 мг железа.

Рабочий раствор. Разбавляют 50,0 мл основного стандартного раствора до 1 л дистиллированной водой, каждый раз готовят свежий рабочий раствор; 1 мл раствора содержит 0,005 мг железа.

Калибровочная кривая. В ряд колб для кипячения помещают 0; 0,5; 1,0; 2,0; 5,0; 10,0; 20,0; 30,0; 40,0 мл рабочего раствора и доводят объемы дистиллированной водой до 50 мл. В приготовленной серии растворов, содержащих 0; 0,05; 0,10; . . . ; 4,0 мг/л железа, определяют железо указанным ниже способом. Вычитают оптическую плотность холостой пробы и строят график в координатах оптическая плотность - концентрация железа.

Ход определения. В широкогорлую колбу для кипячения емкостью 200 мл помещают 50 мл хорошо перемешанной пробы, содержащей не более 4,0 мг железа в 1 л, или же меньший объем пробы, разбавленной дистиллированной водой до 50 мл, добавляют 2,5 мл разбавленной серной кислоты, 2,5 мл раствора перманганата и кипятят смесь 3-5 мин до тех пор, пока не испарится по крайней мере 5 мл жидкости. Горячий раствор обесцвечивают щавелевой кислотой и осторожно прибавляют к нему раствор перманганата калия до повторного возникновения розового окрашивания. Если окисленный раствор мутен, то его после охлаждения

фильтруют и объем фильтрата доводят до 50 мл. Прибавляют 2,5 мл разбавленной соляной кислоты и перемешивают. Прибавляют 5,0 мл раствора роданида и после перемешивания сейчас же измеряют оптическую плотность; вводят поправку на оптическую плотность холостой пробы, приготовленной таким же способом, но с дистиллированной водой и по калибровочной кривой находят содержание железа.

Содержание железа (x) в мг/л вычисляют по формуле:

$$x = c \cdot 50 / V$$

где, c - концентрация железа, найденная по калибровочной кривой, мг/л; V - объем пробы, взятой для определения, мл; 50 - объем, до которого разбавлена проба, мл.

Определение марганца.

Основной раствор. Растворяют 0,2748 г $MnSO_4$, прокаленного при 500°C, примерно в 10 мл разбавленной (1:4) горячей серной кислоты и доводят объем дистиллированной водой до 1 л; 1 мл раствора содержит 0,100 мг марганца.

Рабочий раствор. Разбавляют 100,0 мл основного раствора до 1 л дистиллированной водой; каждый раз готовят свежий рабочий раствор; 1 мл раствора содержит 0,010 мг Mn.

Калибровочная кривая. В ряд стаканов емкостью около 150 мл помещают 0; 0,5; 1,0; 2,5; 5,0; 10,0; 20,0; 30,0; 40,0 мл рабочего стандартного раствора сульфата марганца, что после доведения объемов дистиллированной водой до 100 мл соответствует концентрациям 0; 0,05; 0,10; 0,25; ...4,00 мг марганца в 1 л.

При пользовании кюветами с толщиной слоя 2 см серию концентраций можно расширить до 10,0 мг марганца в 1 л включительно. В этих растворах определяют марганец так, как описано выше. Вводят поправку на холостое определение и строят график в координатах оптическая плотность - концентрация марганца.

При пользовании цилиндрами Несслера удобен ряд 0,05; 0,10; 0,20; 0,30; 0,40; 0,50; 0,60; 0,70; 0,80; 0,90; 1,00 мг марганца в 1 л.

Ход определения. К 100 мл пробы, содержащей 0,005-1,0 мг марганца, или к 100 мл выпаренной или разбавленной пробы прибавляют 2 мл азотной кислоты и осаждают хлориды, вводя по каплям раствор нитрата серебра до тех пор, пока не прекратится выделение осадка. Затем прибавляют еще 1-2 мл раствора нитрата серебра и после полного осаждения хлоридов смесь фильтруют. При низкой концентрации марганца и высокой концентрации хлоридов лучше устранять хлориды выпариванием пробы с азотной кислотой (см. «Мешающие влияния»). Так избегают возможной адсорбции марганца осадком хлорида серебра. К фильтрату добавляют 0,5 г персульфата, нагревают смесь и равномерно кипятят около 10 мин. Охладив пробу, доводят ее объем дистиллированной водой до 100 мл. Определяют величину оптической плотности в кюветах с толщиной слоя 2-5 см (в зависимости от интенсивности окраски) или же сравнивают полученную окраску со стандартами в цилиндрах Несслера и по калибровочной кривой находят концентрацию марганца.

Содержание марганца (II) в мг/л (x) вычисляют по формуле:

$$x = c \cdot 100/V,$$

где c - концентрация марганца, найденная по калибровочной кривой или сравнением со стандартами, мг/л; V - объем пробы, взятой для анализа, мл; 100 - объем, до которого разбавлена проба, мл.

Определение меди.

Основной раствор. Растворяют 0,200 г медной фольги или медной проволоки ч.д.а. в 10 мл разбавленной (1:1) азотной кислоты. После растворения приливают 1 мл концентрированной серной кислоты ч.д.а. и выпаривают до появления паров серной кислоты. Объем раствора дополняют при 20°С до 1 л; 1 мл раствора содержит 0,200 мг меди.

Рабочий раствор I. Разбавляют 250 мл основного раствора до

объема 1 л. Применяют всегда свежеприготовленный раствор; 1 мл раствора содержит 0,050 мг меди.

Рабочий раствор II. Разбавляют 20,0 мл рабочего раствора I до 1 л. Применяют всегда свежеприготовленный раствор; 1 мл раствора содержит 0,001 мг меди.

Для приготовления всех реактивов, для разбавления пробы и для мытья использованной посуды применяют бидистиллят, полученный в приборе из стекла.

Калибровочная кривая. В делительные воронки отмеривают 0; 2,0; 3,0; 10,0; 20,0; 40,0; 60,0; 100,0 мл стандартного рабочего раствора II и доводят объемы бидистиллятом до 100 мл, получая серию стандартных растворов с содержанием 0; 0,02; 0,05; 0,10; . . . 1,00 мг меди в 1 л. Стандартные растворы обрабатывают описанным выше способом. Из величин измеренных оптических плотностей вычитают величину оптической плотности холостого определения и строят график в координатах оптическая плотность - концентрация меди.

Ход определения. В делительную воронку емкостью 250-500 мл помещают 100-250 мл пробы либо первоначальной, либо предварительно разбавленной или сконцентрированной выпариванием так, чтобы в ней содержалось 0,005-0,1 мг меди. Очень кислые или сильнощелочные пробы нейтрализуют соответственно разбавленным раствором едкого натра или соляной кислоты. На каждые 100 мл пробы добавляют 5 мл раствора цитрата аммония, 10 мл раствора комплексона III, 10 мл раствора аммиака и 10 мл хлороформа. Эту смесь перемешивают около 1 мин и встряхивают. Слою хлороформа дают собраться на дне воронки, после чего его удаляют. Если он окрашен, то экстракцию продолжают новыми порциями хлороформа по 10 мл до тех пор, пока полученный экстракт не станет бесцветным. Затем к водному раствору добавляют 10 мл хлороформа (из цилиндра, в который заранее было отмерено 24 мл хлороформа) и 10 мл раствора диэтилдитиокарбамината натрия. Примерно

двухминутным встряхиванием проводят экстракцию, дают отделиться хлороформной фазе и сливают ее, фильтруя через маленький бумажный фильтр (белая лента) в мерную колбу емкостью 25 мл. Наливают в делительную воронку 2 мл хлороформа и тотчас сливают в колбу, ополаскивая таким образом отверстие крана и трубку воронки. После этого экстрагируют новой порцией в 5 мл хлороформа, встряхивая в течение 2 мин и сливают хлороформ после отделения слоев в ту же мерную колбу через тот же фильтр. Как и в предшествовавшем экстрагировании, отверстие крана и трубки воронки ополаскивают 1 мл хлороформа. Экстрагирование и прополаскивание повторяют с 5 и с 1 мл хлороформа. Собранные в мерной колбе экстракты доливают хлороформом до метки и перемешивают.

Измерение оптической плотности проводят быстро, так как хлороформ испаряется. Из измеренной величины вычитают оптическую плотность холостого определения с дистиллированной водой и по калибровочной кривой находят содержание меди.

Содержание меди (x) в мг/л вычисляют по формуле:

$$x = c \cdot 100/V,$$

где c - концентрация меди, найденная по калибровочной кривой, мг/л;
 V - объем пробы, взятой для анализа, мл; 100 - объем, до которого разбавлена проба, мл.

Определение цинка.

Растворяют 0,15 г $(\text{NH}_4)_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ (ч.д.а.) и 24 г $\text{CH}_3\text{COONa} \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ (ч.д.а.) в 200 мл дистиллированной воды и добавляют 10 мл 2 н. раствора NH_4OH и 70 мл 1 н. раствора HCl ;

Растворяют 120 г $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ в 200 мл дистиллированной воды.

Оба раствора соединяют и разбавляют водой до 1 л.

Четыреххлористый углерод (ч.д.а.) или очищенный перегонкой.

Дитизон, раствор для экстрагирования.

Основной раствор. Растворяют 50 мг дитизона в 100 мл четыреххлористого углерода в делительной воронке, добавляют 200 мл дистиллированной воды и 5-10 мл концентрированного раствора аммиака ч.д.а. Смесь тщательно перемешивают в течение 2 мин. После разделения слоев четыреххлористый углерод сливают. В делительную воронку прибавляют 20 мл четыреххлористого углерода, смесь немного взбалтывают, дают постоять и снова сливают слой органического растворителя. Трубку воронки высушивают фильтровальной бумагой и в воронку добавляют 200 мл четыреххлористого углерода и разбавленную соляную кислоту до явно кислой реакции. Смесь встряхивают до тех пор, пока дитизон не перейдет в слой четыреххлористого углерода. Слой растворителя сливают в другую воронку и три раза промывают его порциями по 50 мл дистиллированной воды. После этого раствор дитизона переливают в коричневую склянку и осторожно наливают сверху 0,5%-ный раствор соляной кислоты, содержащий 0,5% сернокислового гидразина $\text{NH}_2\text{NH}_2 \cdot \text{H}_2\text{SO}_4$.

Раствор хранят на холоду в темном помещении. Он устойчив в течение нескольких месяцев.

Рабочий раствор. К 1 объемной части основного раствора добавляют 9 объемных частей четыреххлористого углерода. Раствор хранят в темной склянке на холоду; он устойчив примерно одну неделю.

Промывной раствор (фосфат натрия и сульфид натрия). Растворяют 6 г $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ ч.д.а. в 100 мл дистиллированной воды; рН раствора доводится до 11 добавлением 5 н. раствора NaOH. После этого добавляют 10 мл 0,25 н. раствора сульфида натрия, полученного пропусканием сероводорода в 0,25 н. раствор едкого натра (10 г NaOH в 1 л дистиллированной воды); рН этого раствора должен достичь 8. Раствор сульфида применяют всегда свежеприготовленным.

Сульфат цинка, стандартный раствор.

Основной раствор. Растворяют 1,000 г цинка ч.д.а. в 10 мл концентрированной азотной кислоты ч.д.а., добавляют 5 мл серной кислоты и выпаривают на водяной бане до появления белых паров H_2SO_4 .

Затем разбавляют дистиллированной водой до 1 л; 1 мл раствора содержит 1,000 мг цинка.

Рабочий раствор I. Смешивают 25 мл основного раствора с 5 мл концентрированной серной кислоты ч.д.а. и дистиллированной водой доливают до 1 л. Применяют всегда свежеприготовленный раствор; 1 мл раствора содержит 0,025 мг Zn.

Рабочий раствор II. К 20,0 мл рабочего раствора I прибавляют 5 мл серной кислоты и доливают до 1 л дистиллированной водой. Применяют всегда свежеприготовленный раствор; 1 мл раствора содержит 0,0005 мг цинка.

Калибровочная кривая. В делительные воронки отмеряют 0; 10,0; 20,0; 30,0; 40,0; 50,0; 60,0 мл рабочего стандартного раствора II, что соответствует после дополнения до 100 мл концентрациям 0; 0,050; 0,10 до 0,30 мг цинка в 1 л. Стандартные растворы обрабатывают описанным ниже способом, измеряют значение оптической плотности, вводят поправку на холостое определение и строят график в координатах оптическая плотность - концентрация цинка.

Ход определения. В делительную воронку помещают 100-200 мл пробы, если надо, предварительно разбавляя ее или упаривая, чтобы содержание цинка в этом объеме оказалось в пределах 0,005-0,03 мг, и прибавляют 1 мл концентрированной соляной кислоты ч.д.а., не содержащей цинка. Прибавляют раствор ацетата натрия до pH 5 (проверяют индикаторной бумажкой) и 20 мл маскирующего раствора. После перемешивания экстрагируют цинк 50,0 мл рабочего раствора дитизона. Встряхивают до тех пор, пока окраска раствора не перестанет изменяться. Если экстракт окрашен в интенсивно-фиолетовый или даже в красный цвет, экстракцию повторяют с меньшим объемом пробы. После

полного разделения слоев сливают экстракт в другую делительную воронку, добавляют 10 мл промывного раствора, 15 мл дистиллированной воды и встряхивают до полного удаления дитизона из слоя четыреххлористого углерода.

Содержание цинка x определяют по формуле:

$$x = c \cdot 100 / V,$$

где c - концентрация цинка, найденная по калибровочной кривой, мг/л; V - объем пробы, взятой для анализа, мл; 100 - объем, до которого разбавлена проба, мл.

Определение шестивалентного хрома

Основной раствор. Растворяют 2.8285 г $K_2Cr_2O_7$ ч.д.а., высушенного при 105°C, в дистиллированной воде и дополняют объем при 20°C до 1 л. 1 мл раствора содержит 1 мг Cr.

Рабочий раствор I. Разбавляют 25,0 мл основного раствора дистиллированной водой, доводя объем до 500 мл; 1 мл раствора содержит 0,050 мг Cr.

Рабочий раствор II. Разбавляют 20,0 мл рабочего раствора I дистиллированной водой до 500 мл; применяют свежеприготовленным; 1 мл раствора содержит 0,002 мг хрома.

Для приготовления реактивов и разбавления пробы используют бидистиллят, полученный в стеклянном приборе.

Калибровочная кривая. В ряд мерных колб емкостью 100 мл отмеривают 0; 1,0; 2,0; 5,0; 10,0; 15,0; 20,0; 30,0; 40,0; 50,0 мл рабочего стандартного раствора II, после доведения объемов до 100 мл получают серию стандартов с концентрациями хрома 0; 0,02; 0,04; . . . ; 1,0 мг в 1 л. Затем проводят определение по варианту А. Из полученных значений оптической плотности вычитают величину оптической плотности холостого определения и по полученным величинам строят график в координатах оптическая плотность - концентрация хрома.

При визуальном определении в цилиндры Несслера помещают 0;

2,0; 4,0; 6,0; 8,0; . . . ; 20,0 *мл* рабочего стандартного раствора, получая после разбавления водой до объема 100 *мл* серию стандартов с концентрациями 0,0; 0,04; 0,08; 0,12; . . . ; 0,4 *мг* хрома в 1 *л*.

Ход определения. В мерную колбу емкостью 100 *мл* или в цилиндр Несслера помещают такой объем прозрачной пробы, чтобы в нем содержалось от 0,005 до 0,1 *мг* хрома. Пробу нейтрализуют 1 н. раствором едкого натра или 1 н. раствором серной кислоты. Необходимое количество щелочи или кислоты устанавливают титрованием отдельной порции пробы. Затем приливают 1 *мл* серной кислоты (1:1), 0,3 *мл* фосфорной кислоты, доводят объем дистиллированной водой до 100 *мл* и перемешивают. Добавляют 2 *мл* раствора дифенил-карбазида и снова перемешивают, через 5-10 *мин* измеряют оптическую плотность или сравнивают пробу со стандартными растворами, обработанными таким же способом; вычитают из полученной величины оптическую плотность холостого определения и по калибровочной кривой находят содержание хрома.

Содержание хрома (VI) и общее содержание хрома (x) вычисляют по формуле:

$$x = c \cdot 100/V,$$

где c — концентрация хрома, найденная по калибровочному графику или сравнением с серией стандартных растворов, *мг/л*; V - объем пробы, взятой для анализа, *мл*; 100 - объем, до которого разбавлена проба, *мл*.

Определение Cl.

Хлор выделяет йод из раствора иодида. Выделенный йод титруют раствором тиосульфата натрия по крахмалу. В кислой среде реакции протекают количественно. Титруя 0,01 н. раствором тиосульфата натрия, можно определить 0,05 *мг/л* и более активного хлора в пробе объемом 500 *мл*.

Мешающие влияния. Определению хлора в питьевых или поверхностных водах с небольшим содержанием органических веществ не

препятствуют нитриты, марганец и железо, если титруют с добавлением разбавленного раствора уксусной кислоты. В присутствии большого количества органических веществ метод не дает правильных результатов.

Реактивы. Уксусная кислота ч.д.а., ледяная, иодид калия, ч.д.а., тиосульфат натрия, 0,1 н. раствор. Растворяют 25 г $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ч.д.а. в свежeproкипяченной и охлажденной дистиллированной воде, добавляют 0,2 г Na_2CO_3 ч.д.а. и доводят объем до 1 л. Титр или поправку определяют по основному раствору бихромата той же нормальности.

Разбавляют 100 мл 0,1 н. раствора тиосульфата до 1 л свежeproкипяченной и охлажденной дистиллированной водой и добавляют 0,2 г Na_2CO_3 ч.д.а. Титр или поправку определяют так же, как 0,1 н. раствора.

Крахмал, 0,5%-ный раствор.

Ход определения. При предполагаемом содержании «активного хлора» менее 1 мг/л отмеривают 1000 мл пробы, при содержании его от 1 до 10 мг/л - 500 мл и т. д. (расход тиосульфата натрия на титрование не должен превышать 20 мл).

Прибавляют к пробе 5 мл уксусной кислоты и около 1 г твердого иодида калия. Титрование проводят на белом фоне 0,01 н. раствором тиосульфата натрия до получения светло-желтой окраски. Затем добавляют около 1 мл раствора крахмала и продолжают титрование до исчезновения синего окрашивания. Нельзя титровать при прямом солнечном свете. Таким же способом находят расход реактива на холостое определение с дистиллированной водой.

Содержание «активного хлора» (x) в мг/л вычисляют по формуле:

$$x = (a-b) \cdot k \cdot 0,01 \cdot 35,45 \cdot 1000/V = (a-b) \cdot k \cdot 354,5/V$$

где, a — объем 0,01 н. раствора тиосульфата натрия, израсходованного на титрование пробы, мл; b — объем 0,01 н. раствора тиосульфата натрия, израсходованного на титрование в холостом определении, мл; k -

поправочный коэффициент для приведения концентрации раствора тиосульфата натрия к точно 0,01 н.; V - объём анализируемой пробы, *мл*; 35,45 - атомный вес хлора; 0,01 - нормальность раствора тиосульфата.

Определение фосфатов.

К 50 *мл* пробы, профильтрованной в день отбора (на месте отбора или в лаборатории), через плотный фильтр (синяя лента) или к меньшему объёму пробы, но разбавленному до 50 *мл* дистиллированной водой, приливают сначала 2 *мл* раствора молибдата, через короткое время 0,5 *мл* раствора аскорбиновой кислоты. Смесь перемешивают. Одновременно проводят «холостое» определение с 50 *мл* дистиллированной воды. Если анализируемая проба содержит полифосфаты и органические соединения фосфора, измеряют оптическую плотность в промежутке времени от 5 до 15 *мин* после добавления раствора аскорбиновой кислоты. Если легко гидролизующихся полифосфатов нет, этот промежуток времени может быть увеличен до 60 *мин*. Если же нет ни полифосфатов, ни органических фосфатов, измерение оптической плотности можно проводить в течение времени от 5 *мин* до 48 *ч* после добавления аскорбиновой кислоты. Из найденной величины оптической плотности вычитают оптическую плотность «холостого» определения. Если проба была несколько мутной или окрашенной, надо также вычесть оптическую плотность раствора, получаемого после добавления молибдата, но перед введением аскорбиновой кислоты. Содержание фосфатов находят по калибровочной кривой.

Содержание растворенных неорганических ортофосфатов PO_4^{3-} (x) *мг/л* вычисляют по формуле:

$$x = c \cdot 50 / V,$$

где c — концентрация фосфат-ионов, найденная по калибровочной кривой, *мг/л*; V - объём пробы, взятой для определения, *мл*; 50 - объём, до которого

разбавляют раствор, мл.

Определение NO_3^- .

Метод основан на реакции нитратов с салициловокислым натрием в присутствии серной кислоты с образованием соли нитросалициловой кислоты, окрашенной в желтый цвет.

Чувствительность метода 0,1 мг/л нитратного азота.

Приготовление основного стандартного раствора азотнокислого калия.

0,7218 г азотнокислого калия KNO_3 , х.ч., высушенного при $105 \pm 2^\circ C$, растворяют в дистиллированной воде, добавляют 1 мл хлороформа и доводят объем до 1 л.

1 мл раствора содержит 0,1 мг нитратного азота.

Приготовление рабочего стандартного раствора азотнокислого калия.

10 мл основного раствора разбавляют в мерной колбе дистиллированной водой до 100 мл.

1 мл этого раствора содержит 0,01 мг нитратного азота.

Применяют свежеприготовленный раствор.

Приготовление раствора виннокислого калия-натрия.

30 г калия-натрия виннокислого растворяют в 70 мл дистиллированной воды.

Приготовление 0,5%-ного раствора салициловокислого натрия.

0,5 г салициловокислого натрия растворяют в 100 мл дистиллированной воды.

Применяют свежеприготовленный раствор.

Приготовление 10 н. раствора едкого натра.

400 г едкого натра растворяют в дистиллированной воде и после охлаждения доводят объем до 1 л.

Определению мешают цветность воды, влияние которой устраняется так же, как и в методе с фенолдисульфокислотой; хлориды в

концентрации, превышающей 200 мг/л, удаляют добавлением раствора серноокислого серебра к 100 мл исследуемой воды в количестве, эквивалентном содержанию хлор-иона. Осадок хлорида серебра отфильтровывают или отделяют центрифугированием; нитриты в концентрации 1-2 мг/л и железо в концентрации более 0,5 мг/л. Влияние железа может быть устранено добавлением 8-10 капель раствора калия-натрия виннокислого перед выпариванием воды в фарфоровой чашке.

10 мл исследуемой воды помещают в фарфоровую чашку. Прибавляют 1 мл раствора салициловокислого натрия и выпаривают на водяной бане досуха. После охлаждения сухой остаток увлажняют 1 мл концентрированной серной кислоты, тщательно растирают его стеклянной палочкой и оставляют на 10 мин. Затем добавляют 5-10 мл дистиллированной воды и количественно переносят в мерную колбу вместимостью 50 мл. Прибавляют 7 мл 10 н. раствора едкого натра, доводят объем дистиллированной водой до метки и перемешивают. В течение 10 мин после прибавления едкого натра окраска не изменяется. Сравнение интенсивности окраски исследуемой пробы производят фотометрическим методом, измеряя оптическую плотность раствора с фиолетовым светофильтром в кюветах с толщиной рабочего слоя 1-5 см. Из найденных величин оптической плотности вычитают оптическую плотность нулевой пробы и по калибровочному графику находят содержание нитратов.

Для приготовления стандартных растворов в колориметрические пробирки с отметкой на 10 мл отбирают 0,0; 0,5; 1,0; 2,0; 3,0; 4,0; 6,0 и 10 мл рабочего стандартного раствора азотнокислого калия (1 мл - 0,01 мг N) и доводят дистиллированной водой до отметки. Содержание нитратного азота в растворах соответственно будет равно 0,5; 1,0; 2,0; 3,0; 4,0; 6,0; 10,0 мг/л. Затем растворы переносят в фарфоровые чашки, прибавляют по 1 мл раствора салициловокислого натрия и выпаривают на водяной бане досуха. Сухой остаток

обрабатывают так же, как описано при анализе пробы исследуемой воды. Оптическую плотность окрашенных растворов измеряют при помощи электрофотокolorиметра, используя фиолетовый светофильтр и кюветы с толщиной рабочего слоя 1-5 см. Из полученных величин вычитают оптическую плотность нулевой пробы и результаты наносят на график.

Содержание нитратов (X) в мг/л вычисляют по формуле в пересчете на нитратный азот:

$$X = C,$$

где C - содержание нитратов, найденное по графику, мг/л. Сходимость результатов анализа (A) в процентах вычисляют по формуле:

$$A = 2(P_1 - P_2) / (P_1 + P_2) \cdot 100,$$

где P_1 - больший результат из двух параллельных определений; P_2 - меньший результат из двух параллельных определений.

ГЛАВА 3. ОЦЕНКА ЗАГРЯЗНЕННОСТИ ВЕРХОВЬЯ РЕКИ ЗЕРАВШАН И ОСНОВНЫХ ПРИТОКОВ

3.1 Динамика формирования и анализ снежного покрова

Нами проводились определения высоты снежного покрова бассейна реки Зеравшан на метеорологических станциях Пенджикент, Сангистон, Искандеркуль, Мадрушкат, Дехавз, основные климатические показатели которых обобщены в табл. 3.1.

Таблица 3.1

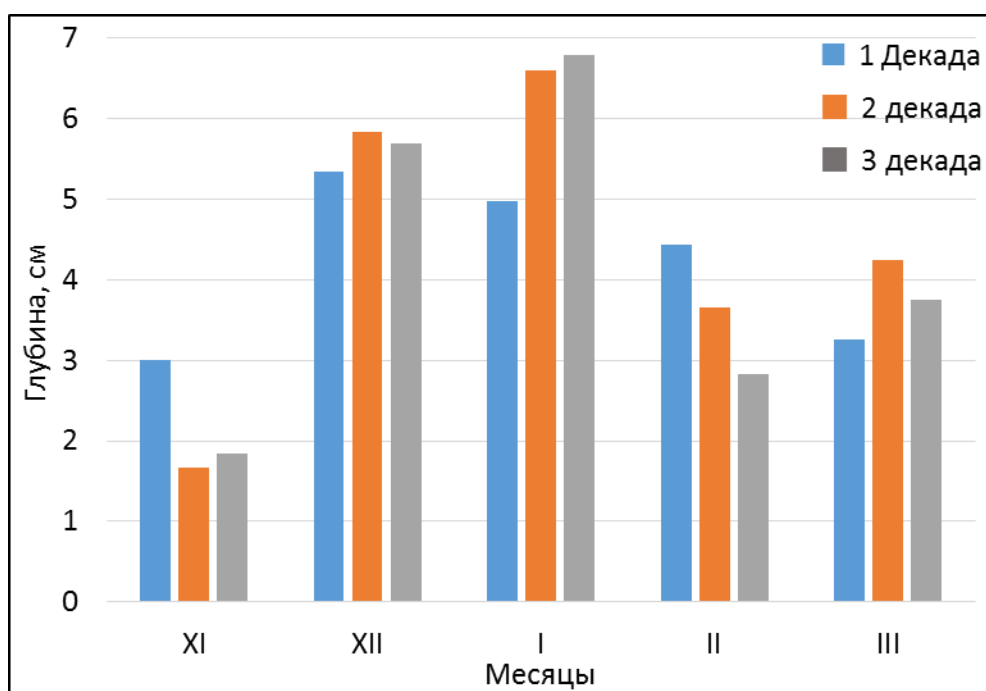
Основные климатические показатели бассейна реки Зеравшан по
гидрометеорологическим станциям Зеравшана [87].

№	Название станции	Высота, м	Средняя температура воздуха, °С			Абсолютная температура воздуха, °С		Среднее годовое количество осадков, мм
			I	II	Год	Макс	Мин	
1	Пенджикент	1015	-1,0	25,1	12,2	42	-28	332
2	Сангистон	1521	-2,0	24,0	11,4	40	-26	193
3	Искандеркуль	2204	-6,1	18,0	6,4	34	-32	280
4	Мадрушкат	2254	-5,4	18,4	7,1	34	-30	159
5	Дехавз	2564	-7,4	14,9	4,1	30	-33	270
6	Шахристан	3142	-8,9	11,1	0,7	25	-34	392

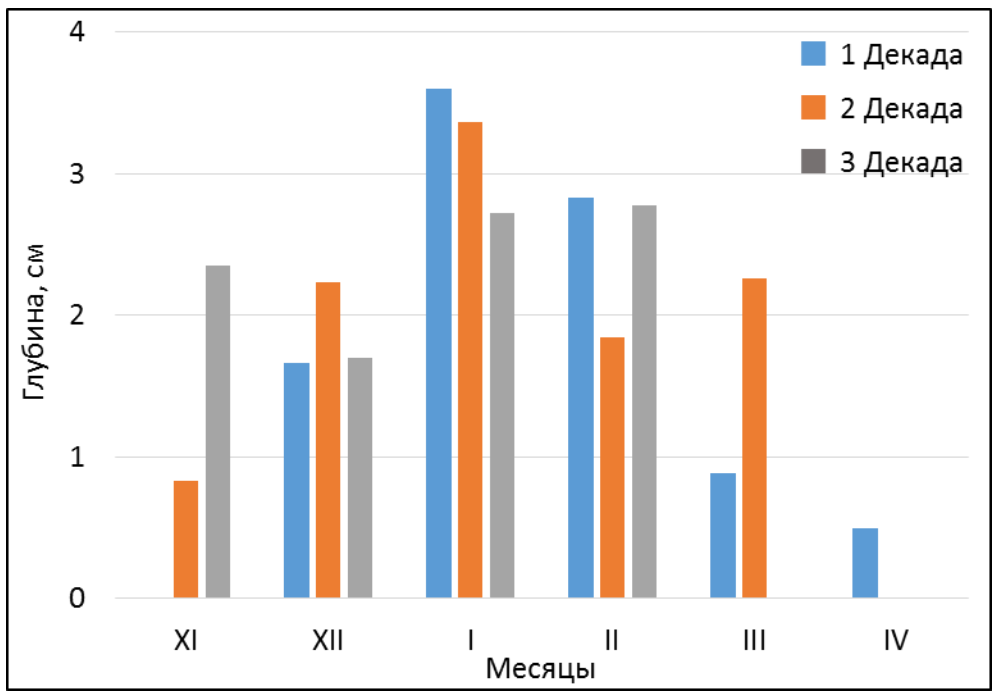
Территория бассейна реки Зеравшан отличается большой продолжительностью периода солнечного сияния, который составляет

2877 часов в год. Число ясных дней составляет 150 - 160 дней. Ветровой режим территории заповедника складывается под влиянием синоптических положений, характерных для равнин и предгорий. Преобладающими ветрами зимой и летом являются ветры восточных направлений, осенью и весной юга - восточные, т. е. ветры не приносящие влаги.

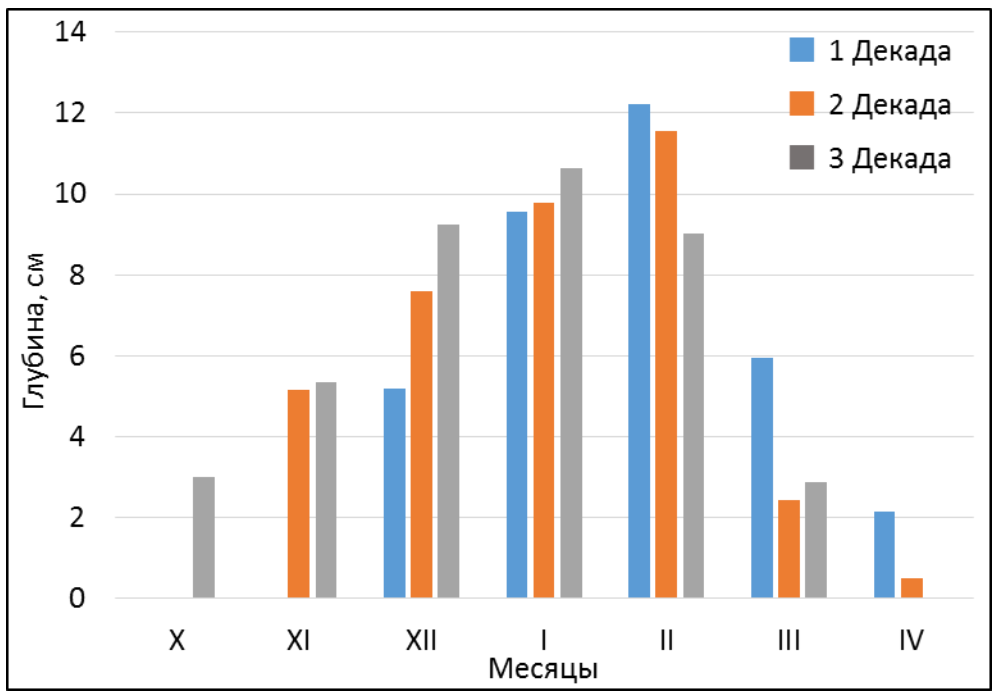
Выбор именно этих станций обусловлен тем, что нам представлялось важным изучение высотной зависимости формирования снежного покрова. Как следует из табл. 3.1, среднегодовое количество осадков не проявляет функциональную зависимость от высоты расположения местности. Важно установить распространения такой зависимости в случае учета только лишь твердых осадков. На рис. 3.1 представлены декадные значения снежного покрова, измеренные на метеорологических станциях, расположенных на различных абсолютных высотах.



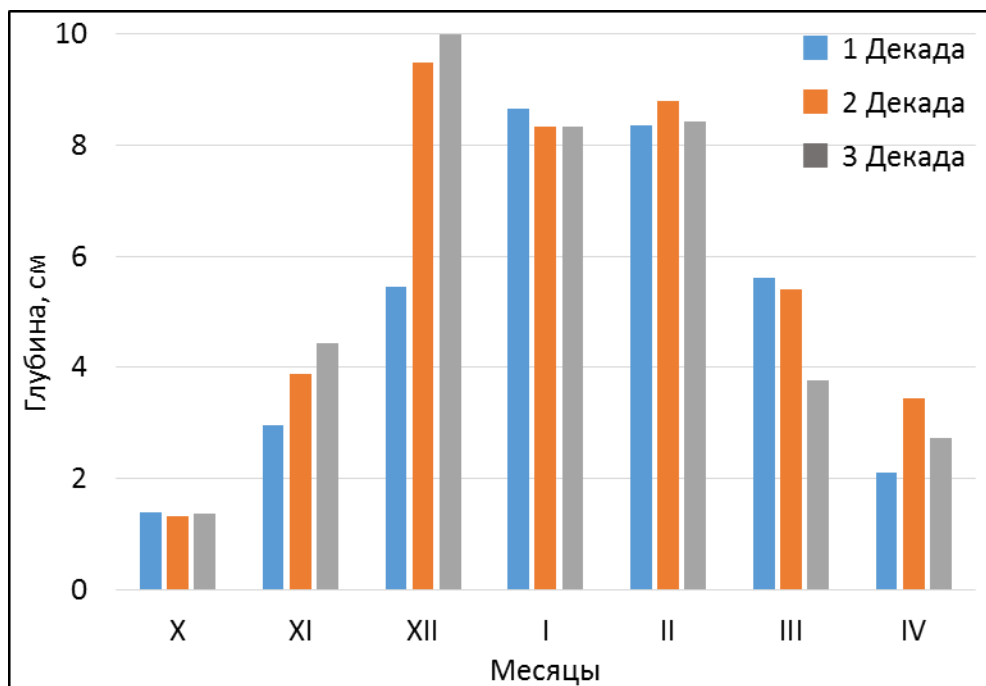
(a)



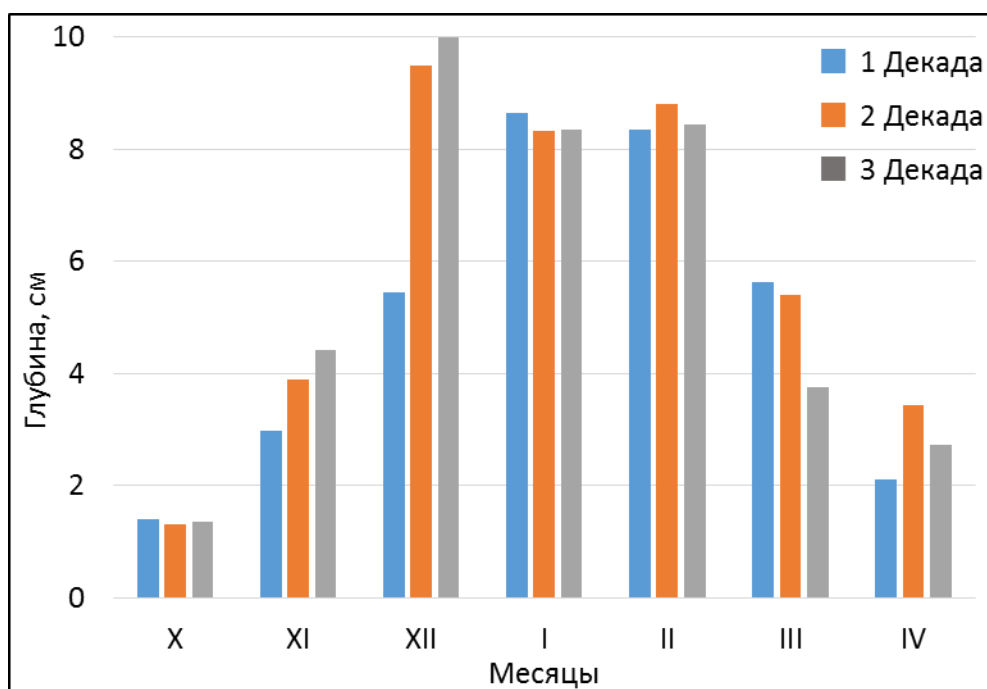
(б)



(в)



(г)



(д)

Рис. 3.1 Декадные значения высоты снежного покрова по метеорологическим станциям Пенджикент (а), Сангистон (б), Искандеркуль (в), Мадрушкат (г) и Дехавз (д) бассейна реки Зеравшан

Анализ гистограмм, представленных на рис. 3.1, свидетельствует о том, что в зависимости высоты снежного покрова от абсолютной высоты местности их залегания нет определенной закономерности. Как следует из рис. 3.1, высота снежного покрова на метеорологической станции Искандеркуль, расположенной на высоте 2204 м, достигает 12 см и немного выше показателя на станции Дехавз, расположенного на высоте 2564 м. Максимальное значение высоты снежного покрова на станции Пенджикент в третьей декаде января составляет около 7 см, больше чем соответствующего показателя на станции Сангистон. Хотя абсолютная высота расположения станции Пенджикент ниже чем станция Сангистон.

Отличительная особенность полученных результатов заключается в том, что формирование достаточной высоты снежного покрова на станциях, расположенных на высотах от 1000 м до 2000 м, происходит в январе-феврале, а на высотах более 2000 м в основном в декабре.

Согласно нашему предположению наблюдаемое более высокое значение высоты снежного покрова на станции Искандеркуль связано с влиянием озера на метеорологические параметры местности.

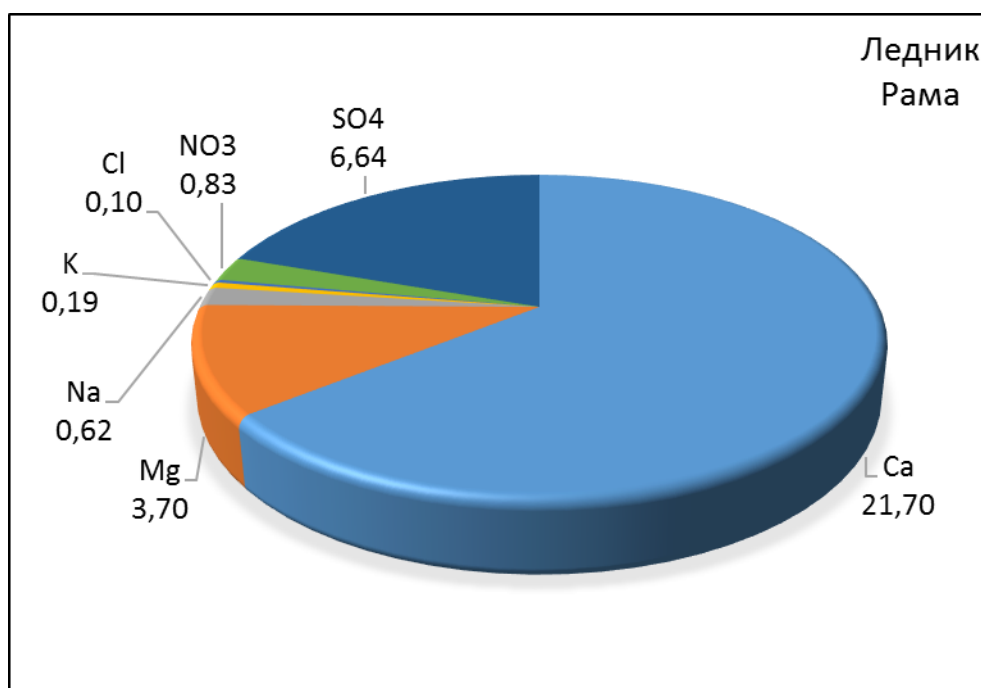
3.2 Исследование химического состава талой воды из ледников бассейна реки Зеравшан

Наряду с мониторингом химического состава вод реки Зеравшан в среднем ее течении и в низовьях значительный интерес представляет наличие информации о составе и транспортировке различных химических элементов и соединений из самой зоны формирования реки, т.е. из ледников бассейна реки Зеравшан. Ведь известно, что ледники являются аккумуляторами атмосферных аэрозолей, мелких дисперсных химических элементов и соединений.

Выбор снежного покрова в качестве естественного индикатора атмосферных загрязнений актуален тем, что снег при формировании эффективно сорбирует примеси из атмосферы и депонирует сухие

пылевые выбросы техногенных источников [88]. Согласно [89] концентрация загрязняющих веществ в снеге на 2-3 порядка выше, чем в атмосферном воздухе. Это позволяет проводить измерения содержания веществ достаточно простыми методами с высокой степенью надежности.

На рис.3.2 представлены результаты химических анализов состава сезонных снегов на ледниках Рама, Зеравшан, Россинч бассейна реки Зеравшан.



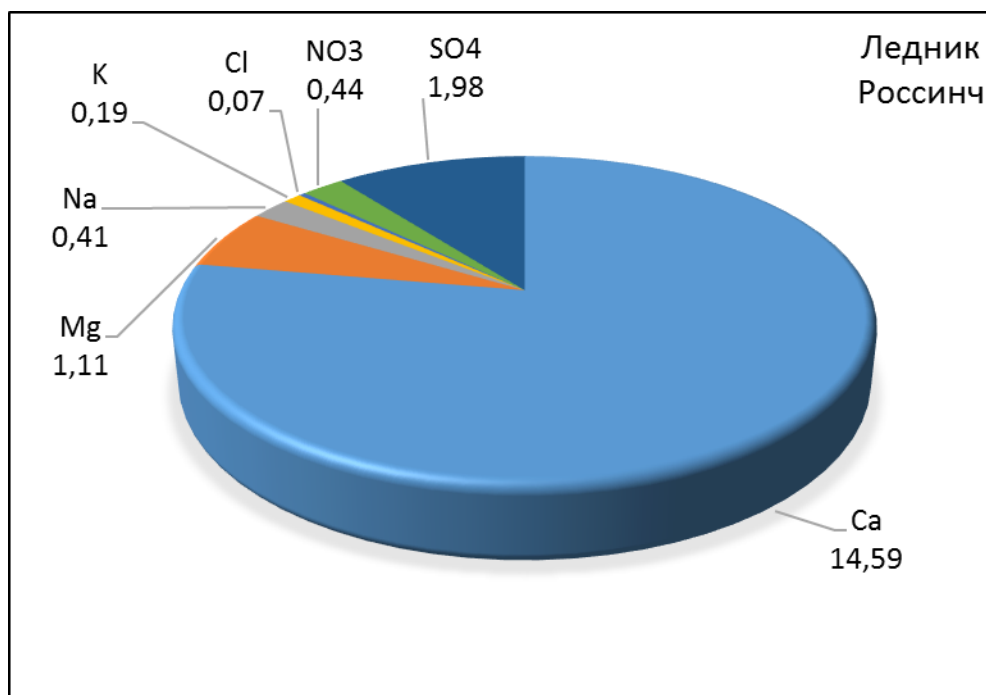
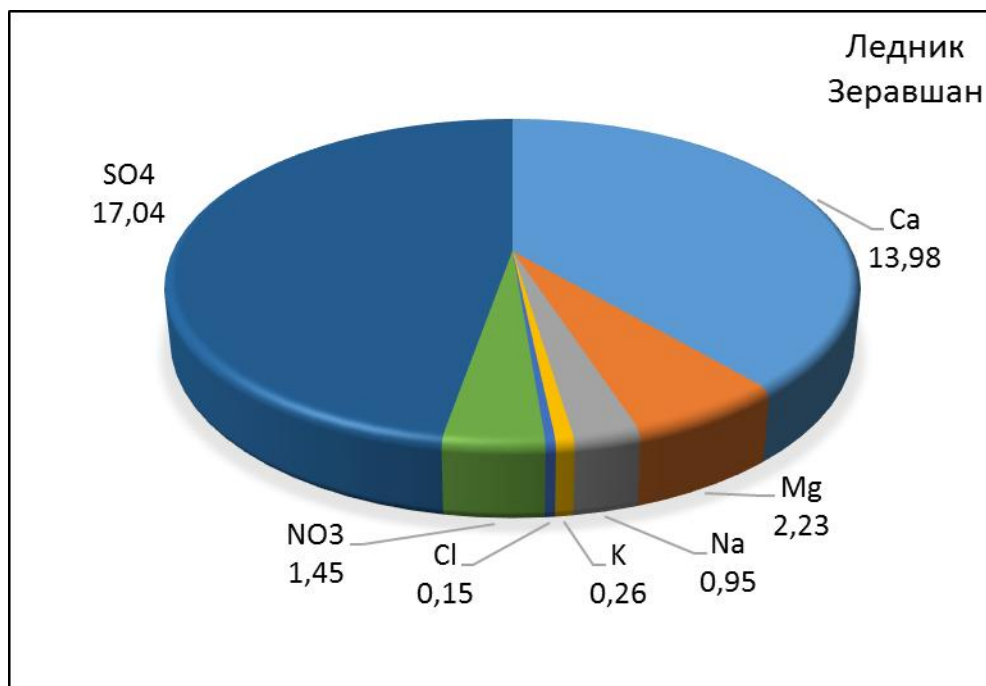


Рис. 3.2 - Химический состав сезонных снегов на ледниках бассейна реки Зеравшан

Для удобства сравнения содержания химических элементов и соединений на рис. 3.3 результаты анализов представлены в виде гистограмм.

Из рис. 3.2 и 3.3 видно, что на исследованных нами ледниках преобладает присутствие анионов SO_4^{2-} , NO_3^- , Cl^- и катионов Ca^{2+} и Mg^{2+} .

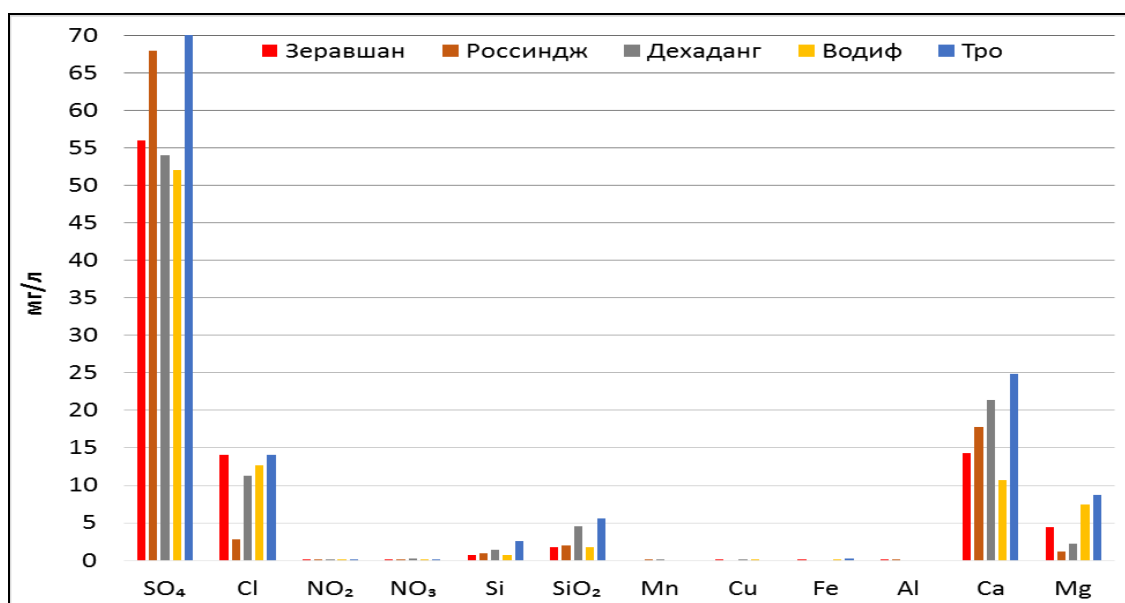


Рис. 3.3 Содержание химических элементов в сезонных снегах ледников бассейна реки Зеравшан

Полученные результаты можно объяснить в рамках представлений о стратосферном аэрозольном слое, состоящим из мельчайших капель серной кислоты, которые были сформулированы в начале 60-х годов прошлого столетия [91]. Данные представления о аэрозольном слое позволили оценить концентрацию аэрозоля в стратосфере путем анализа ледяного ядра из скважины Дронинг Маунд Лэнд в Западной Антарктиде [92] и разработать методику количественной оценки мощности вулканических извержений в прошлом по изменению электропроводности и содержанию сульфатного иона SO_4^{2-} в слоях ледяных ядер [93]. Анализируя содержание тяжелых металлов и их распределение в свежеснегосыпавших твердых осадках на ледниках южного склона Эльбруса, авторы [94] пришли к заключению, что тяжелые металлы приносятся в составе микрочастиц воздушными потоками дальнего переноса.

3.3 Гидрохимия основных притоков на верховье реки Зеравшан

Известно, что химические элементы и соединения могут переноситься водным путем на большие расстояния. К примеру,

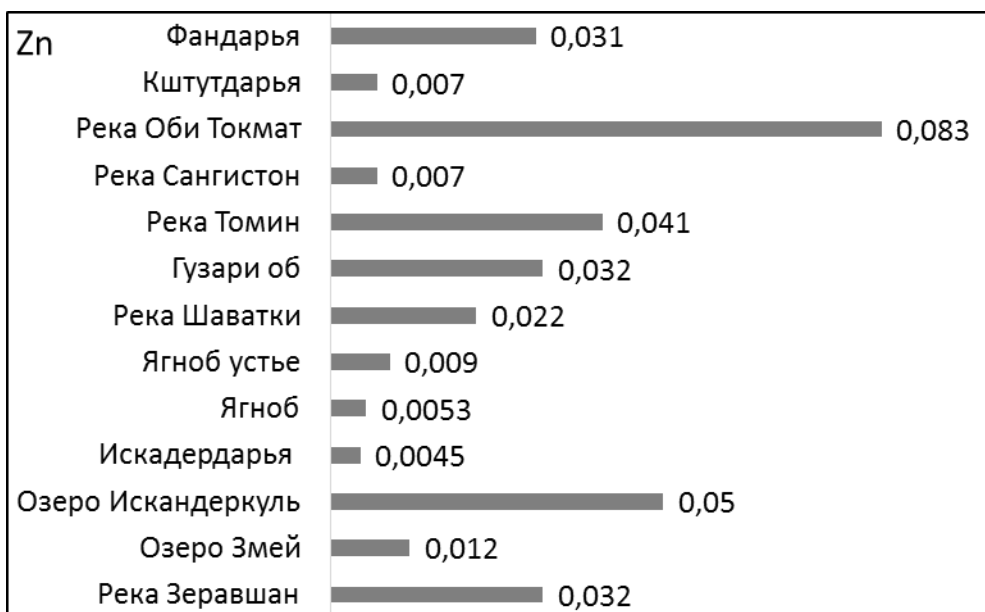
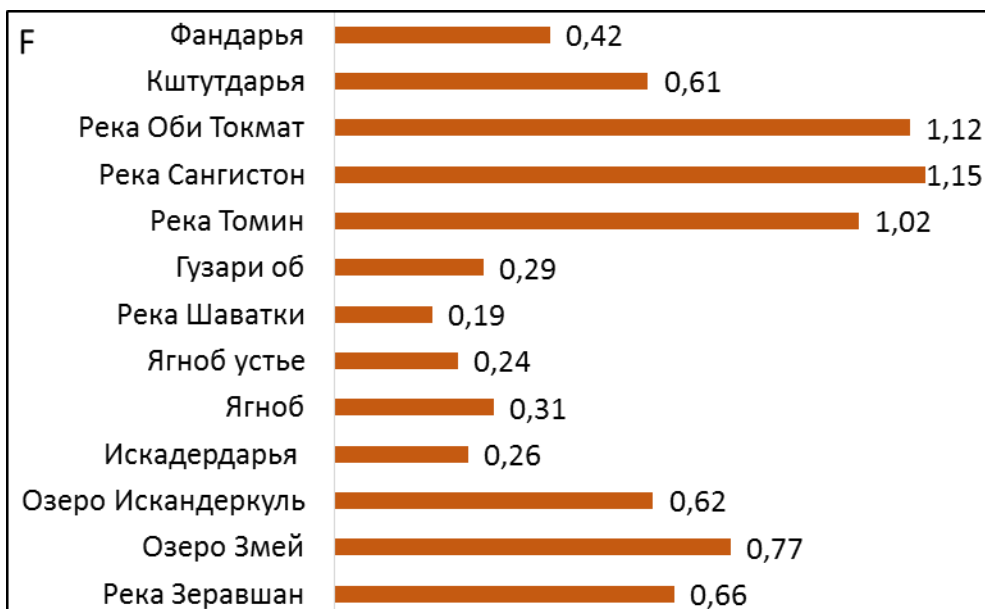
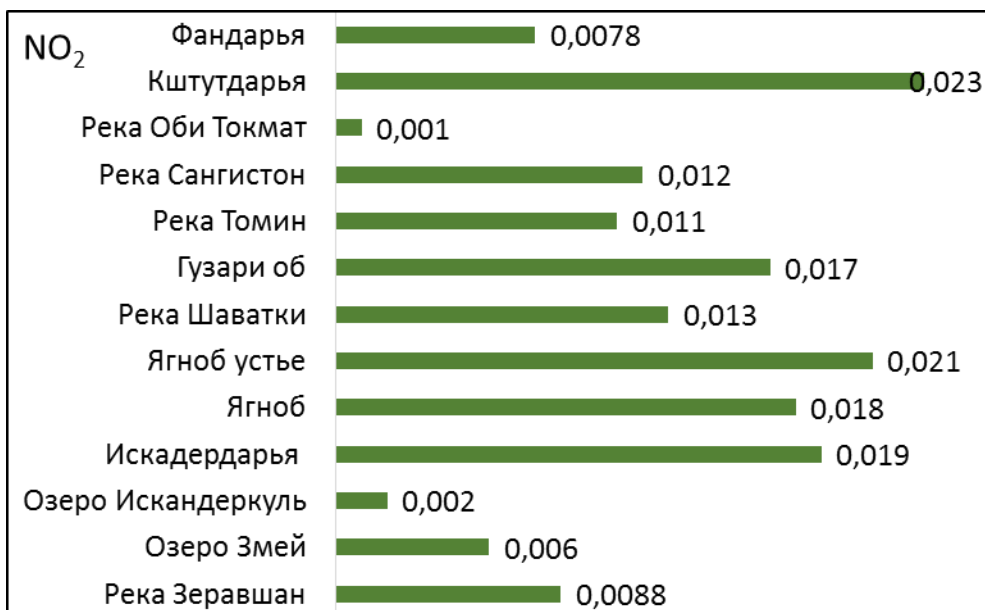
обнаружено, что соединения урана в гидрокарбонатной воде могут транспортироваться на 30-80 км.

Для установления механизмов транспортировки депонированных в сезонных снегах загрязняющих веществ в притоках и далее в основное течение реки Зеравшан проводились комплексные физико-химические исследования состава вод основных притоков реки Зеравшан. Отбор проб воды и соответствующие анализы проводились на основании руководящего документа ГОСТ 2874-82 [95].

Уровень земледелия на верховьях реки Зеравшан, определяемая орографической особенностью местности из-за ограниченности орошаемых территорий, развит слабо. Следовательно, можно ожидать, что поступление стока коллекторно-дренажных вод с высокой степенью минерализации в реку является незначительным. На рис. 3.4 представлены результаты химических анализов водных объектов среднего течения реки Зеравшан.









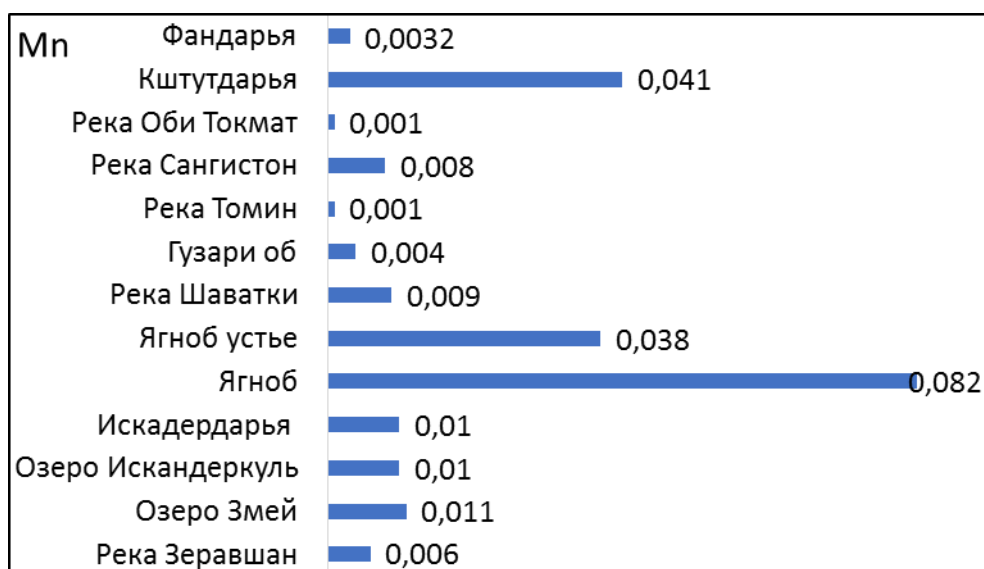
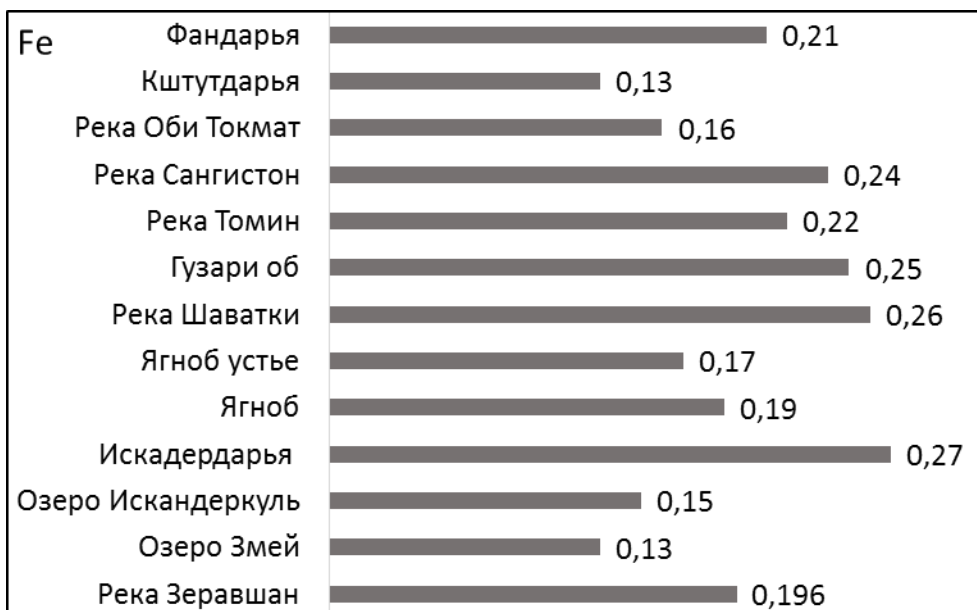






Рис. 3.4 Показатели состава и свойств вод водных объектов среднего течения реки Зеравшан

Анализ представленных на гистограммах данных по составу вод демонстрирует, что притоки реки Зеравшан на верховье реки не испытывают антропогенную нагрузку и их минерализация в основном обусловлена смыванием водой прибрежных минеральных отложений.

Естественно, что в формирование гидрохимии и водного баланса реки Зеравшан определенный вклад вносят ее притоки. В настоящем разделе представлены результаты физико-химических анализов основных

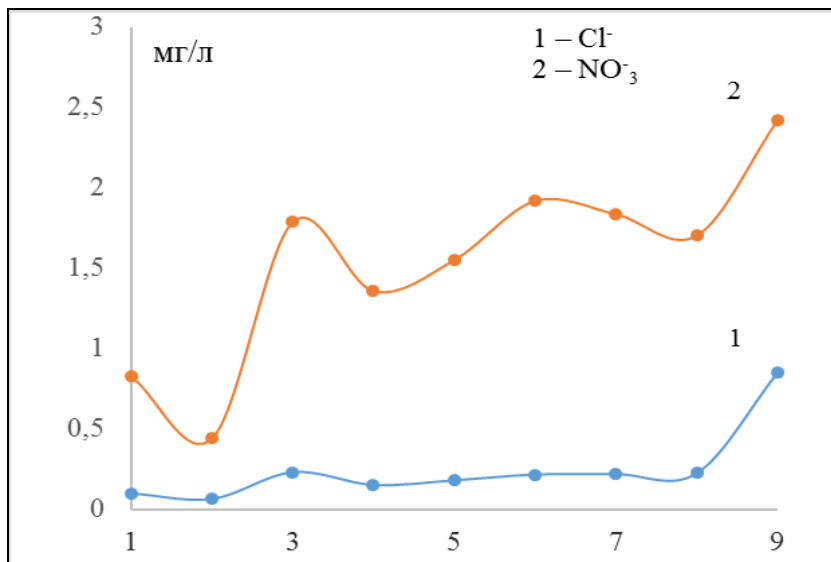
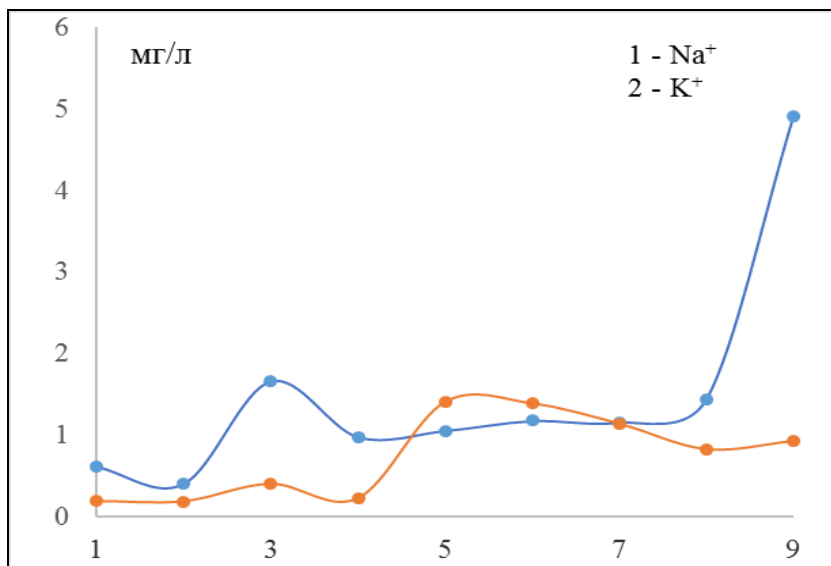
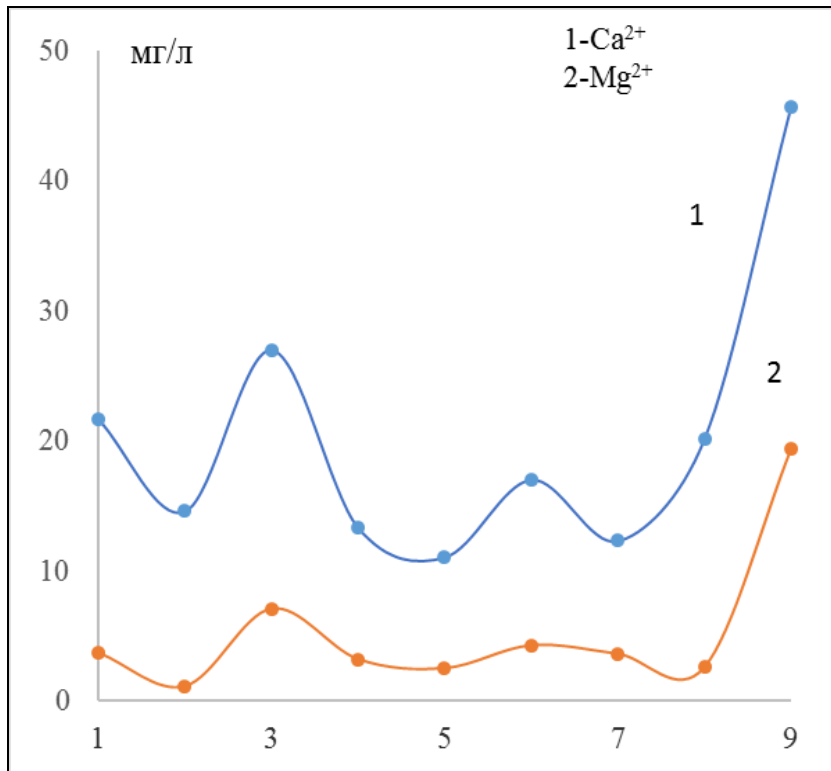
притоков реки Зеравшан, протекающих из самого верхнего водосбора реки, т.е. близкие к самому леднику Зеравшан. В таблице 3.2 обобщены результаты химических анализов рек -притоков реки Зеравшан.

Таблица 3.2

Содержание химических анионов и катионов в притоках реки Зеравшан

№	Река	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻
		мг/л						
1	Рама	21,704	3,696	0,618	0,190	0,10	0,825	6,643
2	Росиндж	14,587	1,111	0,406	0,187	0,066	0,441	1,975
3	Дихаданг	20,166	2,5845	1,4434	0,8279	0,225	1,703	35,036
4	Дехавз	12,308	3,6026	1,1576	1,1433	0,220	1,836	29,941
5	Тро	17,031	4,2614	1,1769	1,3927	0,217	1,919	42,485
6	Самджон	11,052	2,4956	1,0554	1,4106	0,181	1,552	31,449
7	Ярм	13,347	3,1950	0,9808	0,2241	0,152	1,357	26,650
8	Сабаг	27,013	7,0868	1,6627	0,4018	0,232	1,788	42,296
9	Даштиобурдон	45,725	19,4042	4,9101	0,9292	0,851	2,422	70,125

На рис. 3.5 представлена динамика изменения концентраций химических элементов вдоль реки Зеравшан.



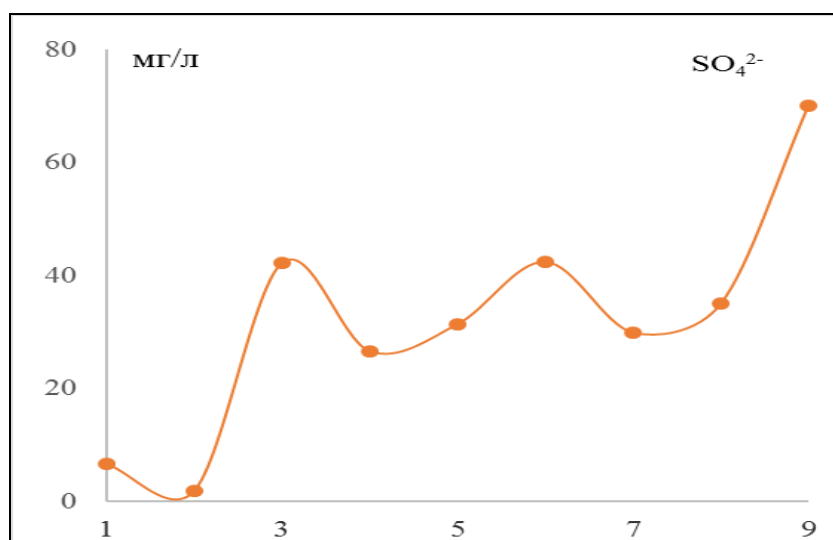


Рис. 3.5 Динамика изменения концентраций катионов и анионов вдоль реки Зеравшан

Из рис. 3.5 видно, что за исключением флуктуаций концентраций катионов Ca^{2+} и Mg^{2+} в некоторых притоках их концентрации невелики и сохраняют почти постоянный тренд изменения и лишь в более отдаленных от истока реки Зеравшан притоках (Сабаг, Даштиобурдон) наблюдается резкое увеличение их концентрации. Такая же картина наблюдается и в динамике изменения катионов щелочных элементов (K^+ , Na^+) и анионов (Cl^- , SO_4^{2-} , NO_3^-).

Основываясь на вышеотмеченном о том, что верховья бассейна реки Зеравшан почти не испытывают антропогенную нагрузку происхождение катионов и анионов в притоках реки может быть, вероятно, связано с вымывание атмосферных аэрозолей осадками и процессами выветривания горных пород и минералов. Отнесение ионов K^+ к числу главных ионов в природных водах является спорным. В подземных и поверхностных водах эти ионы, как правило, занимают второстепенное положение. Только в атмосферных осадках ионы K^+ могут играть главную роль [97].

Таким образом, наблюдаемое на рис. 3.5 резкое увеличение содержания Na^+ и умеренное изменение концентрации K^+ в составе вод в

нижних притоках реки Зеравшан имеет происхождение, обусловленное выветриванием минеральных пород.

Из сравнения рисунков на рис. 3.5 видно, что увеличенное содержание катионов и анионов наблюдается также в притоке Дихаданг реки Зеравшан. Повышение содержания SO_4^{2-} может быть связано с обогащением атмосферы аэрозолями континентального происхождения, обусловленного окислением SO_2 . Однако следует отметить, что притоки реки Зеравшан расположены на небольшом расстоянии и как водотоки одного бассейна должны были отражать явления обогащения анионами SO_4^{2-} . На самом деле, это не наблюдается на рис.3.5. Следовательно, можно предположить, что наличие анионов SO_4^{2-} в составе вод притоков реки Зеравшан связано с процессами выветривания горных пород, а также засоленностью прибрежных поверхностей.

ГЛАВА 4. ОЦЕНКА ЗАГРЯЗНЕННОСТИ СРЕДНЕГО ТЕЧЕНИЯ РЕКИ ЗЕРАВШАН И ВЛИЯНИЯ СТОЧНЫХ ВОД ПРОМЫШЛЕННЫХ ОБЪЕКТОВ

4.1 Промышленные отходы бассейна реки Зеравшан

Река Зеравшан считается одной из наиболее загрязненных рек Центральной Азии. Это во многом связывают с тем, что в бассейне реки расположены горно-обогатительные комбинаты, такие как Зеравшанский золоторудный комбинат (СП «Зеравшан») и Анзобский горно-обогатительный комбинат (СП «Анзоб»).

Промышленные отходы, накопившиеся в этих двух крупных горно-обогатительных комбинатах Зеравшанской долины, представлены в табл. 4.1.

Таблица 4.1

Расположение, количество и факторы риска промышленных отходов в бассейне реки Зеравшан

Расположение	Предприятие	Кол-во отходов, тыс. т	Тип отходов	Факторы оценки риска		
				здоровье	экология	экономика
Район Айни	Анзобский горно-обогатительный комбинат	11,7	Отходы флотации: - сурьма - ртуть	3	4	4
Пенджикент	Горно-обогатительный комбинат «Зеравшан»	560,1	Уголь в щелочах с содержанием: -цианиды	2	2	3

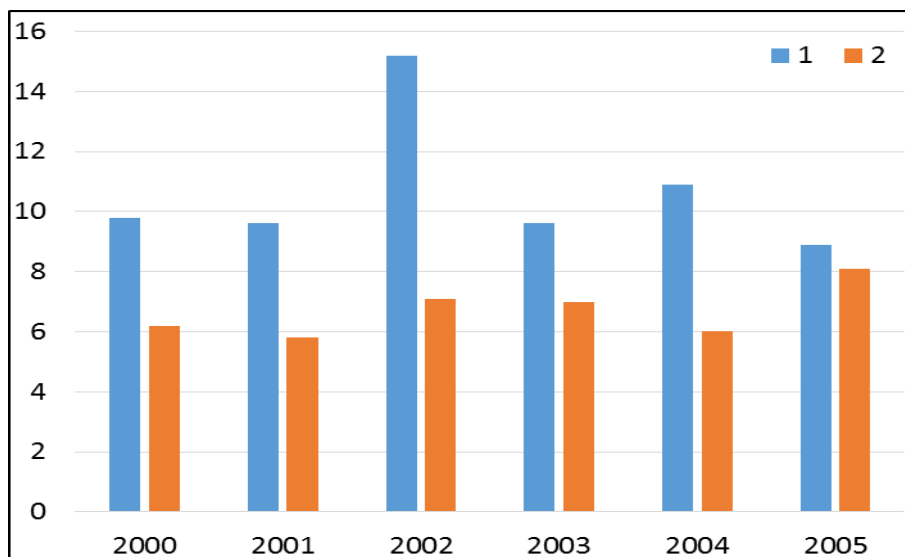
Источник: ПРООН. Региональный экологический план действий для Центральной Азии. 21 сентября 2001 г.

Естественно, что существование больших количеств промышленных отходов не может не оказывать пагубное влияние на компоненты экосистемы местности и разрушение природного баланса и тревожно то, что такое воздействие может распространяться на большие расстояния.

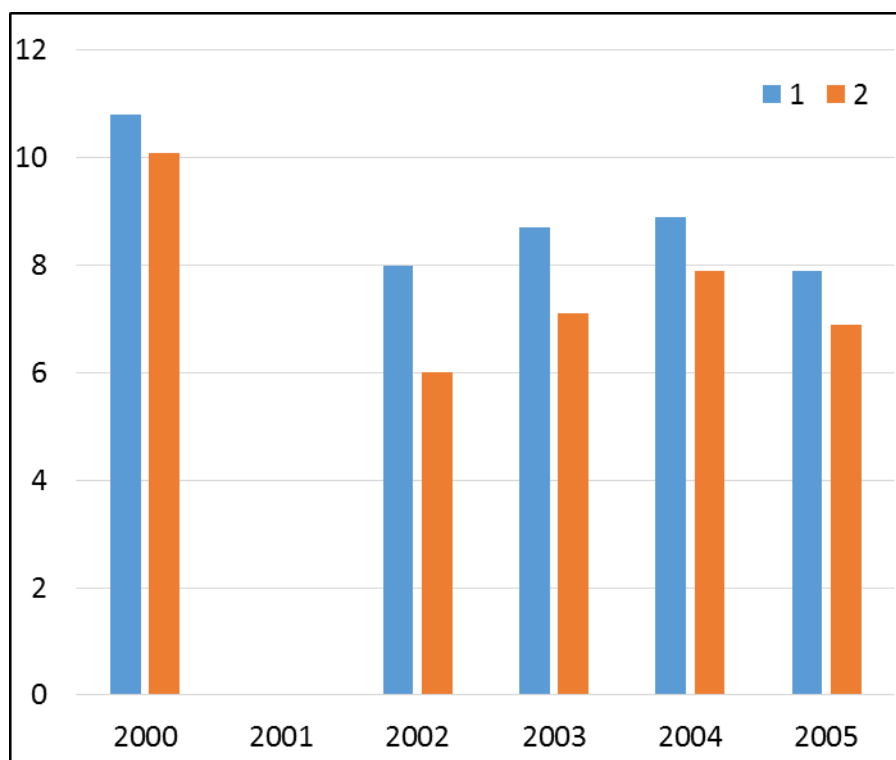
Пример тому - загрязнение поверхностных вод из-за вымывания дождями токсичных веществ хвостохранилищ благодаря постоянному динамическому взаимодействию поверхностных и подземных вод и процессу инфильтрации поверхностных вод в резервуары подземных вод как это было показано нами при изучении инфильтрации сточных вод сельскохозяйственных земель в отношении источников грунтовых вод.

4.2 Исследование процессов изменения состава подземных вод при инфильтрации поверхностных вод

Ранее было обнаружено, что содержание нитрат-ионов в подземных водах в засушливый период даже меньше 1 мг/дм^3 , а в период дождей достигает 18 мг/дм^3 . Таджикистан - страна аграрная и основным сельскохозяйственным продуктом является хлопок. Многие фермеры для получения прибыли, нарушая установленные нормы полива и внесения минеральных удобрений, вносят в сельскохозяйственные земли избыточные количества химикатов и пестицидов. При поливе химикаты и пестициды вымываются и попадают благодаря процессам инфильтрации в источники подземных вод. На рис. 4.1 представлены изменения состава подземных вод - источников водоснабжения сельского населения - в зависимости от сезона года и количества атмосферных осадков. Из рис. 4.1 и 4.2 видно, что летом разница содержания хлоридов в поверхностных и подземных водах более чем ощутима. Осенью при увеличении атмосферных осадков наблюдаемая летом большая разница содержания хлоридов в поверхностных и подземных водах устраняется. Такая картина наблюдалась и в случае других анионов (NO_3^- , SO_4^{2-}).

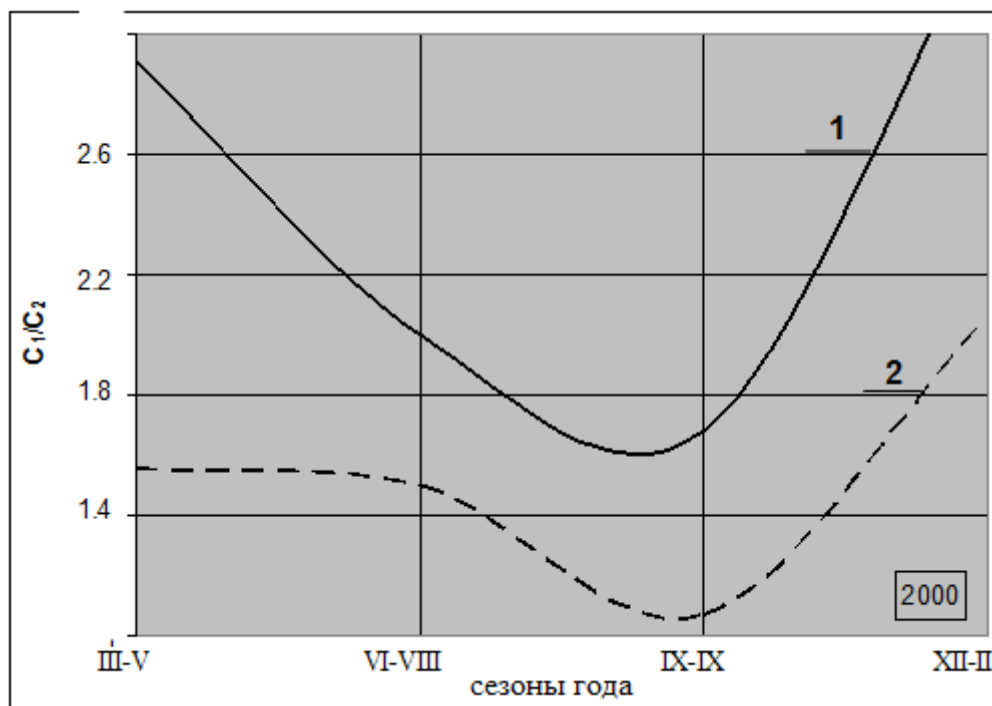


а)

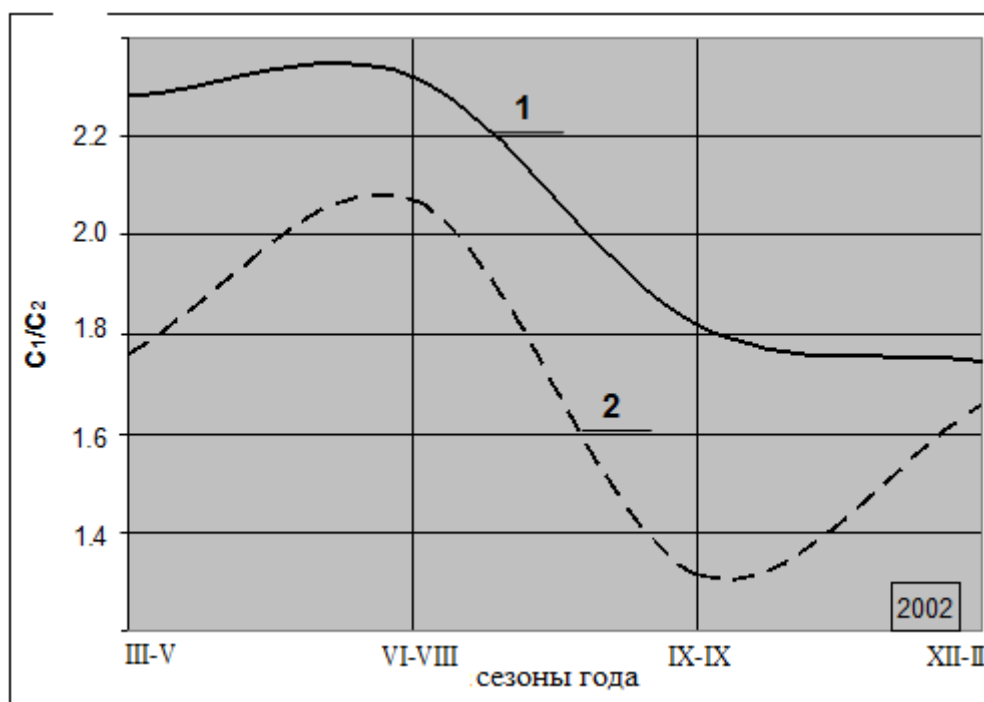


б)

Рис. 4.1 Среднее содержание хлоридов (мг/л) в составе подземных вод в летний (а) и зимние(б) сезоны



а)



б)

Рис. 4.2 Относительное изменение содержание хлоридов (а) и нитратов (б) в подземных водах в зависимости от сезона года

4.3. Исследование влияние сточных вод Анзобского горно-обогатительного комбината на загрязненность реки Зеравшан

Учитывая актуальность проблемы качества воды трансграничной реки Зеравшан во взаимоотношениях двух соседних государств, а также для получения полной информации о качестве воды реки в 1971 г. была организована первая экспедиция по отбору и комплексному анализу вод на приграничном гидрологическом посту Дупули. Результаты данной экспедиции по контролю качества воды реки Зеравшан обобщены в табл. 4.2.

Таблица 4.2

Химический анализ воды реки Зеравшан на гидропосту Дупули в 1971 г.

№ п/п	Дата	pH	t, °C	Содержание ионов, мг/л							Сумма ионов, мг/л
				Ca	Mg	Na+K	HCO ₃	Cl	NO ₃	NO ₂	
1	16.03	7,9	12	39,7	13,9	17,5	136,7	3,0	0,87	0,025	282,7
2	31.06	7,9	10	44,3	1,9	9,8	130,0	2,2	0,43	0,022	216,1
3	05.07	8,0	18	36,7	8,9	14,0	125,1	3,3	0,5	0,047	235,4
4	18.08	8,1	15	36,5	9,7	2,8	121,4	2,0	0,46	0,005	205,3
5	22.12	8,0	5	47,7	14,1	0,01	133,6	6,4	0,87	0,012	258,2

В 2009 г. нами проводились исследования качества воды реки Зеравшан в рамках международного проекта, финансируемого фондом Фольксвагена, результаты которых представлены в табл. 4.3.

Таблица 4.3

Состав и свойства вод реки Зеравшан в 2009 г.

t, °C	pH	χ, мкСм/см	O ₂	NO ₃	PO ₄	Zn	ppm
			мг/л				
15,9	8,4	285	4,0	0,0	50,0	0,005	135

13,8	8,4	269	7,0	10,0	100,0	0,0	136
16,2	8,4	280	5,0	10,0	100,0	0,0	141
15,7	8,4	289	6,0	5,0	50,0	0,0	144
14,2	8,4	244	7,0	5,0	0,0	0,0	122
13,3	8,5	250	7,0	7,5	0,0	0,0	124
13,3	8,4	247	6,0	10,0	0,0	0,0	125
12,3	8,5	250	5,0	5,0	50,0	0,0	125
16,1	8,3	243	2,0	5,0	250,0	0,0	119
17,1	8,4	280	0,0	5,0	100,0	0,0	139
16,8	8,5	248	5,0	5,0	100,0	0,0	124
17,3	8,4	255	3,0	0,0	175,0	0,0	130
15,2	8,42	262	4,75	5,63	81,3	0	130
17,3	8,5	289	7,0	10,0	250,0	0,0	144
12,3	8,3	243	0,0	0,0	0,0	0,0	119

После принятия Таджикистаном ряда правительственных программ по освоению гидроэнергетических ресурсов водных артерий бассейна реки Зеравшан проблемы качества воды рассматриваются в Республике Узбекистан. Эти проблемы в основном связывают с загрязнением реки сточными водами Анзобского горно-обогатительного комбината в долине Зеравшан.

Для установления степени влияния Анзобского горно-обогатительного комбината на изменение химического состава воды реки Зеравшан в течение 2008-2012 гг. проводился отбор проб воды в пунктах 1 и 2 (рис. 4.5 и 4.6), расположенных, соответственно, до и после хранилища сточных вод комбината, с периодичностью три раза в месяц.

В табл. 4.4-4.7 обобщены результаты химического анализа проб, отобранных соответственно в пунктах 1 и 2.

Таблица 4.4

Показатели состава и свойств вод реки Зеравшан до хранилища сточных вод Анзобского горно-обогатительного комбината

t, °C	pH	$\text{NO}_3^- \text{PO}_4^{3-} \text{HCO}_3^- \text{SO}_4^{2-} \text{NO}_2^- \text{SiO}_2$					
		мг/л					
12,4	7,62	2,65	0	93,4	36,0	0,004	3,92
12,9	8,31	2,54	48,2	56,7	42,4	0	4,01
13,1	7,92	3,41	72,4	97,6	55,3	0,001	3,86
14,1	8,24	15,04	92,7	105,4	20,8	0	3,24
14,8	8,14	11,54	120,0	148,0	22,6	0	3,96
15,7	8,24	9,62	112,0	131,4	69,2	0	4,12
16,2	8,10	2,73	53,0	159,8	75,0	0,013	4,00
16,8	7,98	3,64	61,4	105,9	73,8	0	4,20
17,4	6,95	8,61	84,3	74,6	70,6	0,011	4,40
18,2	7,89	7,52	136,0	65,4	55,4	0	3,46
18,8	7,35	17,36	154,0	56,1	21,0	0	3,30
18,4	8,08	14,51	152,0	42,3	24,6	0,014	4,34
17,6	8,27	15,06	153,0	31,4	37,8	0,012	4,61
16,8	7,95	29,34	4,52	56,7	75,3	0	4,84
14,7	8,30	3,74	6,13	26,0	74,8	0,013	4,9
14,2	8,40	36,8	121,0	131,2	67,5	0	3,84
13,6	8,21	31,28	4,56	101,5	19,3	0,011	2,51
14,2	7,96	27,68	102,0	96,4	21,2	0,009	4,52
15,3	8,17	11,74	147,0	32,7	47,3	0	3,27
15,9	8,30	10,95	110,0	56,8	59,3	0,001	4,59
16,4	8,19	9,74	87,4	64,5	66,7	0,007	3,84
16,8	8,29	8,04	127,0	127,4	74,9	0,013	3,32
17,3	8,21	3,34	149,0	131,2	38,3	0,012	2,87
17,1	8,34	19,30	132,0	47,4	42,8	0,009	3,44

Таблица 4.5

Состав и свойства вод реки Зеравшан до хранилища сточных вод
Анзобского горно-обогатительного комбината

t, C	pH	F	Ca	Mg	Al	Fe	Mn	Cu	Cr (VI)	Zn	Na+K	Si
		мг/л										
2,4	7,62	0,81	38,4	21,64	0	0,11	0	0	0	0	51,24	1,74
12,9	8,31	0,52	39,5	25,00	0,01	0,13	0	0,09	0	0,07	50,94	1,82
13,1	7,92	0,34	37,8	23,32	0	0,24	0	0,01	0,024	0,04	48,41	1,91
14,1	8,24	0,27	49,5	20,72	0,03	0,31	0,017	0	0,032	0,06	52,1	1,68
14,8	8,14	0,19	49,2	25,10	0,07	0,16	0,03	0,08	0	0,01	50,76	1,79
15,7	8,24	0,29	48,8	19,98	0,04	0,24	0,006	0,09	0	0,02	48,76	1,86
16,2	8,10	1,10	49,6	24,60	0	0,27	0	0,11	0	0,03	50,2	1,95
16,8	7,98	1,12	47,4	23,78	0,042	0,19	0	0,08	0,02	0,04	51,62	1,92
17,4	6,95	0,95	36,8	24,52	0,051	0,21	0,004	0,078	0,018	0,09	50,96	1,51
18,2	7,89	1,07	38,2	21,32	0,037	0,17	0	0,062	0,021	0,08	52,0	1,62
18,8	7,35	0,60	31,3	19,70	0,08	0,13	0,006	0,013	0	0,06	52,41	1,54
18,4	8,08	0,56	35,1	18,79	0,06	0,14	0	0,064	0,016	0	48,68	1,71
17,6	8,27	0,74	41,7	23,05	0,072	0,08	0,054	0,057	0,03	0,05	52,12	1,68
16,8	7,95	0,42	44,5	22,45	0,025	0,11	0,039	0	0	0,03	49,21	1,73
14,7	8,30	0,30	36,7	25,04	0,03	0,09	0	0	0,04	8	51,68	1,89
14,2	8,40	0,25	41,6	21,64	0,015	0,12	0,024	0	0,017	0	50,92	1,47
13,6	8,21	0,18	33,8	19,58	0,065	0,06	0,017	0	0,027	0	48,34	1,91
14,2	7,96	0,11	49,2	17,64	0,053	0,11	0,032	0,075	0,03	0,02	32,86	1,84
15,3	8,17	0,01	43,8	16,54	0	0,1	0,037	0,064	0	0,019	47,64	1,64
15,9	8,30	0,13	37,4	24,74	0,027	0,18	0,032	0	0,009	0,014	42,65	1,51
16,4	8,19	0,26	39,6	22,53	0,019	0,24	0,005	0,059	0,014	0,013	37,62	1,71
16,8	8,29	0,19	40,5	25,20	0,031	0,3	0,044	0,043	0,025	0,02	50,30	1,69
17,3	8,21	0,21	42,7	23,30	0,029	0,22	0,047	0,073	0,031	0,015	49,70	1,89
17,1	8,34	0,22	46,4	22,50	0,038	0,16	0,032	0,054	0,035	0,025	48,80	1,32

Таблица 4.6

Кислотность и содержание анионов в воде реки Зеравшан после хранилища сточных вод Анзобского горно-обогатительного комбината

t, °C	pH	NO ₃	PO ₄	HCO ₃	SO ₄	NO ₂	SiO ₂
		мг/л					
12,5	7,62	2,82	4,46	94,6	41,0	0,006	4,01
13,1	8,31	2,35	54,28	61,3	39,8	0,002	4,27
13,2	7,92	3,13	69,41	74,5	57,2	0	4,12
14,3	8,24	14,56	94,38	111,3	24,6	0	3,43
15,0	8,14	9,96	124,35	136,0	24,5	0	3,86
15,4	8,24	11,2	113,22	128,6	71,1	0,013	3,93
16,3	8,1	4,36	57,43	158,3	78,4	0	3,95
17,0	7,98	5,18	63,41	115,7	38,3	0	4,15
17,6	6,95	9,16	79,38	79,1	67,4	0,012	4,44
18,1	7,89	6,62	142,40	68,8	51,6	0,001	3,49
19,0	7,35	21,45	155,62	62,5	19,9	0	3,35
18,5	8,08	14,51	148,12	45,34	23,9	0	4,37
17,9	8,27	17,31	155,20	33,24	41,8	0,009	4,65
17,1	7,95	32,23	6,22	53,4	69,6	0	4,91
14,9	8,3	6,12	8,78	31,75	75,0	0	4,88
14,1	8,4	38,54	122,14	130,7	66,3	0	3,79
13,7	8,21	29,18	7,34	102,1	22,6	0	2,56
14,4	7,96	30,72	103,15	97,4	25,2	0	4,37
15,5	8,17	12,1	146,60	33,0	48,1	0,009	3,12
16,2	8,3	11,17	112,00	52,9	56,9	0,0014	4,17
16,6	8,19	10,64	88,10	62,5	71,1	0,008	3,92
17,0	8,29	7,73	129,20	134,6	75,0	0	3,34
17,4	8,21	4,21	151,30	97,8	33,5	0,011	2,9
17,0	8,34	22,42	131,10	49,3	40,8	0,001	3,41

Таблица 4.7

Состав и свойства вод реки Зеравшан после хранилище сточных вод
Анзобского горно-обогатительного комбината

t, °C	pH	F	Ca	Mg	Al	Fe	Mn	Cu	Cr(IV)	Zn	Na+K	Si
		мг/л										
12,5	7,62	0,77	39,1	20,72	0	0,13	0,011	0,003	0	0,012	52,31	1,97
13,1	8,31	0,62	36,5	23,43	0	0,15	0,01	0,008	0	0,05	51,43	1,89
13,2	7,92	0,26	38,2	13,64	0,015	0,27	0	0,011	0	0,0045	49,34	2,01
14,3	8,24	0,31	46,8	16,73	0,032	0,19	0	0,01	0,028	0,0053	51,87	1,74
15,0	8,14	0,24	45,3	17,41	0,041	0,17	0	0,09	0,015	0,009	50,9	1,83
15,4	8,24	0,19	47,3	21,83	0,028	0,26	0,009	0,1	0,01	0,022	49,86	1,92
16,3	8,1	0,29	44,6	23,82	0	0,25	0,004	0,032	0,009	0,032	52,03	1,97
17,0	7,98	1,02	48,2	22,65	0,036	0,22	0,001	0,01	0,019	0,041	50,93	1,93
17,6	6,95	1,15	35,6	23,74	0,04	0,24	0,008	0,078	0,02	0,007	49,74	1,48
18,1	7,89	1,12	36,1	13,91	0,039	0,16	0,001	0,074	0,022	0,083	51,73	1,56
19,0	7,35	0,69	29,6	17,81	0,083	0,14	0,042	0,015	0,017	0,071	51,88	1,55
18,5	8,08	0,61	33,8	19,92	0,071	0,13	0,041	0,071	0,019	0,007	46,64	1,73
17,9	8,27	0,79	40,3	22,83	0,076	0,09	0	0,062	0,033	0,054	50,14	1,71
17,1	7,95	0,58	42,4	21,75	0,029	0,15	0	0,013	0,012	0,034	48,73	1,75
14,9	8,3	0,28	35,8	26,31	0,031	0,11	0,021	0,01	0,037	0,013	50,78	1,92
14,1	8,4	0,18	43,7	23,43	0,019	0,10	0,034	0	0,02	0	49,37	1,39
13,7	8,21	0,21	36,7	21,54	0,044	0,10	0,019	0,01	0,031	0	49,68	1,89
14,4	7,96	0,17	49,8	13,71	0,056	0,13	0,034	0,081	0,029	0,019	35,32	1,82
15,5	8,17	0,01	42,3	16,92	0,021	0,12	0,032	0,069	0,014	0,017	45,56	1,61
16,2	8,3	0,14	38,6	25,13	0,03	0,22	0,036	0	0,01	0,015	43,73	1,49
16,6	8,19	0,28	39,9	23,09	0,02	0,26	0,037	0,061	0,015	0,014	39,02	1,73
17,0	8,29	0,23	41,3	26,11	0,029	0,29	0,005	0,046	0,029	0,021	49,93	1,70
17,0	8,34	0,24	47,2	21,9	0,054	0,18	0,034	0,06	0,037	0,029	49,02	1,34

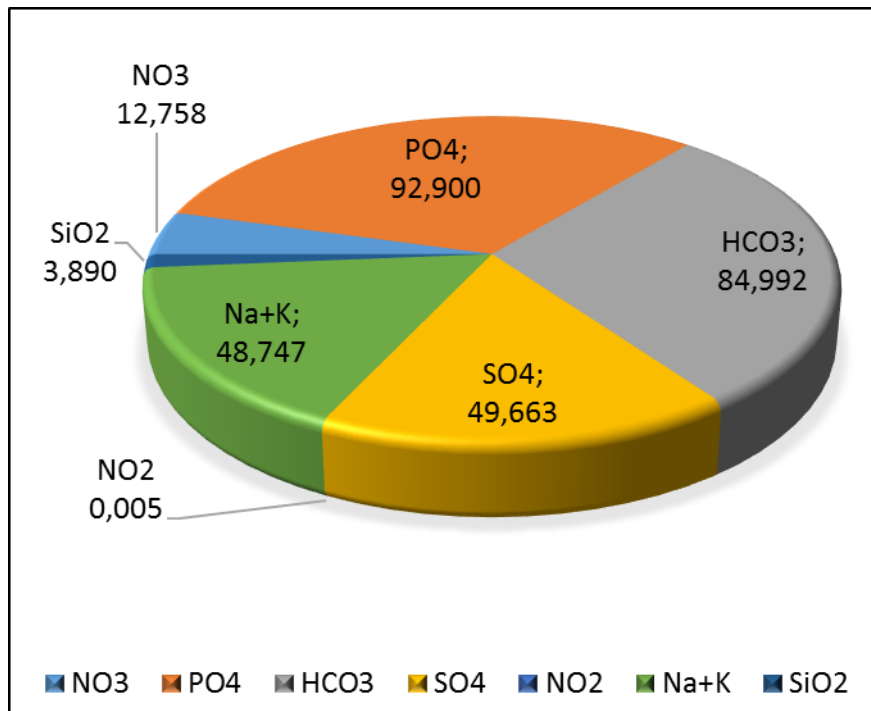
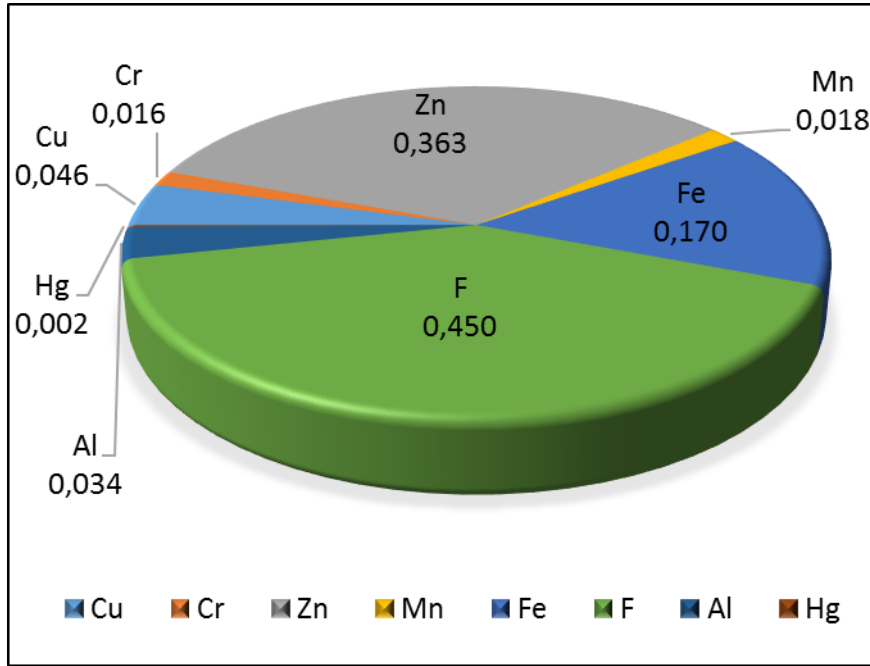


Рис. 4.5 Результаты химических анализов проб воды реки Зеравшан, отобранных до хранилище сточных вод АГОКа

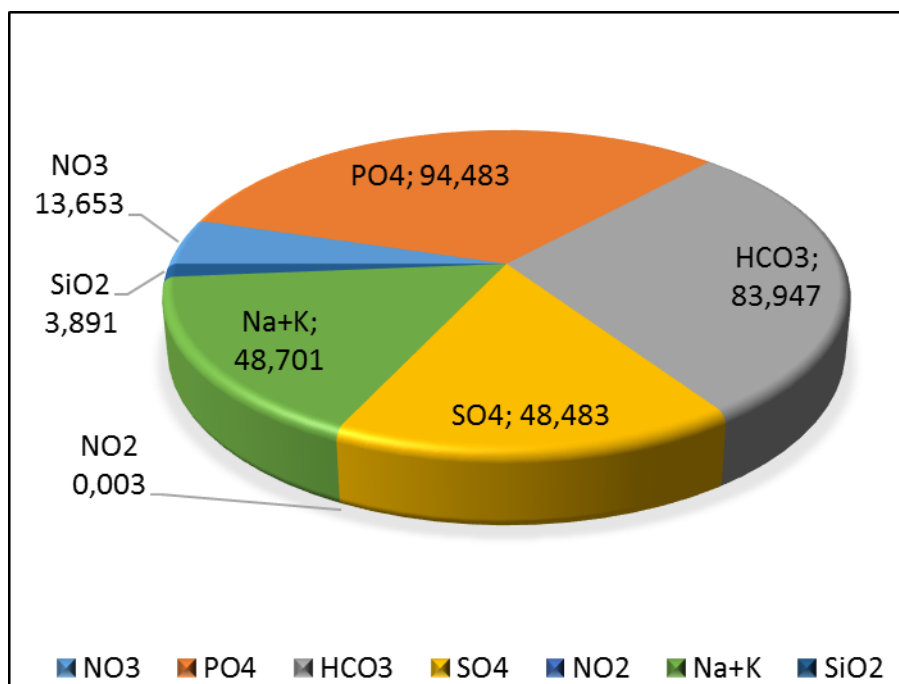
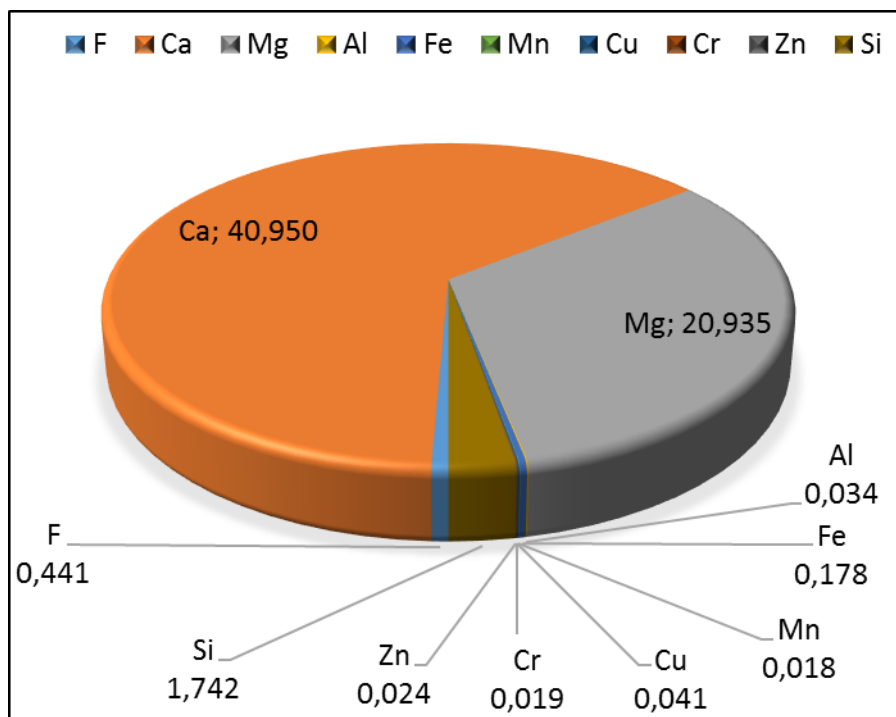


Рис. 4.6 Результаты химических анализов проб воды реки Зеравшан, отобранных после хранилище сточных вод АГОКа

Из сравнения табл. 4.4 и 4.5 становится очевидным, что река Зеравшан не загрязняется сбросами Анзобского горно-обогатительного комбината. Содержание тяжелых металлов в реке Зеравшан ниже установленных для них предельно допустимых концентраций. Поскольку их содержание в составе проб варьируется в пределах ошибки измерений, они опущены из табл. 4.4 и 4.5.

ГЛАВА 5. ОЦЕНКА ЗАГРЯЗНЕННОСТИ ВОД В НИЗОВЬЯХ РЕКИ ЗЕРАВШАН ПОД ВЛИЯНИЕМ КОЛЛЕКТОРНО-ДРЕНАЖНЫХ И КОММУНАЛЬНО-БЫТОВЫХ СТОКОВ

5. 1 Основные источники загрязнений воды в низовьях реки Зеравшан

Зеравшанский бассейн в настоящее время орошает примерно 551 000 га или 13% от общей площади орошаемых земель в Узбекистане. Он покрывает потребности в оросительной воде четырех областей: Самаркандской - 375 745 га, Кашкадарьинской - 29 985 га, Навоинской 95 985 га и Джизакской 49 138 га. По результатам мониторинга 2002-2007 гг. современное состояние вод реки Зеравшан можно характеризовать как удовлетворительное. Динамика загрязнений вод реки Зеравшан показала, что по ряду отдельных показателей наблюдается превышение предельно допустимых концентраций, причем по некоторым загрязняющим компонентам превышение ПДК является стабильным на протяжении всего периода наблюдений. К их числу относятся нефтепродукты в среднем по региону от 1 до 2,6 ПДК, нитраты от 1,2 до 1,75 ПДК, нитриты до 9,8 ПДК. Одним из критических показателей является минерализация вод реки Зеравшан, причем если промышленные загрязняющие вещества распределены достаточно равномерно по течению, то минерализация резко возрастает в нижнем течении Навоинской области и достигает максимума до 2,6 ПДК. Данная тенденция сохраняется в течение всего годового цикла [98].

В бассейне р. Зеравшан орошаемые земли в основном незасоленные и минерализация коллекторно-дренажных вод (КДВ) в большинстве коллекторов не превышает $1,9 \text{ г/дм}^3$. Лишь в Пахт Ачинском районе она достигает $3,1 \text{ г/дм}^3$. В Бухарском водохозяйственном районе коллекторно-дренажная система развита достаточно хорошо. Приемниками коллекторов и сбросов здесь являются естественные впадины, а также оз. Соленое. С

1973 г. после переполнения этого озера сброс КДВ происходит в р. Амударью по Парсанкульскому сбросу. Большая часть коллекторов имеет минерализацию от 2,5 до 4,5 г/дм³, однако, в отдельных коллекторах она достигает высоких значений – до 14,5 г/дм³. [99]. Одним из главных источников загрязнения реки Зеравшан в низовье (территория Узбекистана) являются сельскохозяйственные коллекторно-дренажные воды из орошаемых земель. Формирование таких коллекторно-дренажных вод скорее всего происходят по всей узбекской части реки Зеравшан [100-102].

Данному процессу также способствует применение устаревших и классических методов орошения. Не соответствие технического состояния дренажных систем современным требованиям часто приводит к деградации земель и ухудшению качества вод.

Обычно при исследованиях основных водных аспектов Зеравшана в низовьях реки речную сеть делят на три части: верхнее течение, среднее течение и низовья, которые охватывают соответственно Самаркандскую, Навоинскую и Бухарские области Узбекистана. Результаты, полученные авторами работ [103, 104], показывают, что качество воды на верхней части значительно отличается от качества в низовьях реки Зеравшан. Вниз по течению от верховья до города Навои средняя минерализация возрастает от 0,3 до 1,5 г/л и в Бухарском оазисе достигает 2,8 г/л. Уровень минерализации коллекторно-дренажных вод в Бухарском оазисе достигает до 4,9 г/л. Максимальное значение нитратов в воде наблюдается в конце осенне-зимнего сезонов, вызванное коммунальными и сельскохозяйственными сточными водами.

Согласно имеющимся данным, на входе в Узбекистан превышение нормы загрязняющих веществ наблюдается в отдельные месяцы: по нитриту 1,3-1,6 ПДК, фенолу - 2-4 ПДК и меди в пределах 1,2-4,1 ПДК. В Бухарской области в отдельные месяцы в реке установлено загрязнение нитратами до 3-7,6 ПДК, фенолами - 2,4, медью и хромом до 1,3-1,5 и

органическими веществами (по ХПК) до 4,5 ПДК [105]. Основными источниками загрязнения воды р. Зеравшан в пределах Самаркандской области являются сбросы очистного сооружения "Байназар", мелькомбината Джамбайского района, сбросные воды коллекторов Сиаб, Гаганак, Хаузаксай и Талигулан, а в Навоинской области - сбросы НГРЭС, ПО "Навоизот" и коллекторов Санитарный, Бишкент и Марказий.

5.2 Влияние коллекторно-дренажных вод на качество воды реки Зеравшан

Согласно [106] в низовьях вода реки Зеравшан в основном загрязняется коллекторно-дренажными водами. Учитывая это, контроль за качеством воды в низовьях реки проводили по изменению концентрации неорганических соединений (нитратов, фосфатов) и степени минерализации измерением электропроводности воды. На рис. 5.1 представлены величины химического потребления кислорода (ХПК) на различных участках стока реки Зеравшан, коллекторно-дренажных каналов на территории Республики Узбекистан. Стрелками на рис. 5.2 показаны экстремумы значений электропроводности в коллекторах и каналах, свидетельствующие о высокой степени минерализации вод.

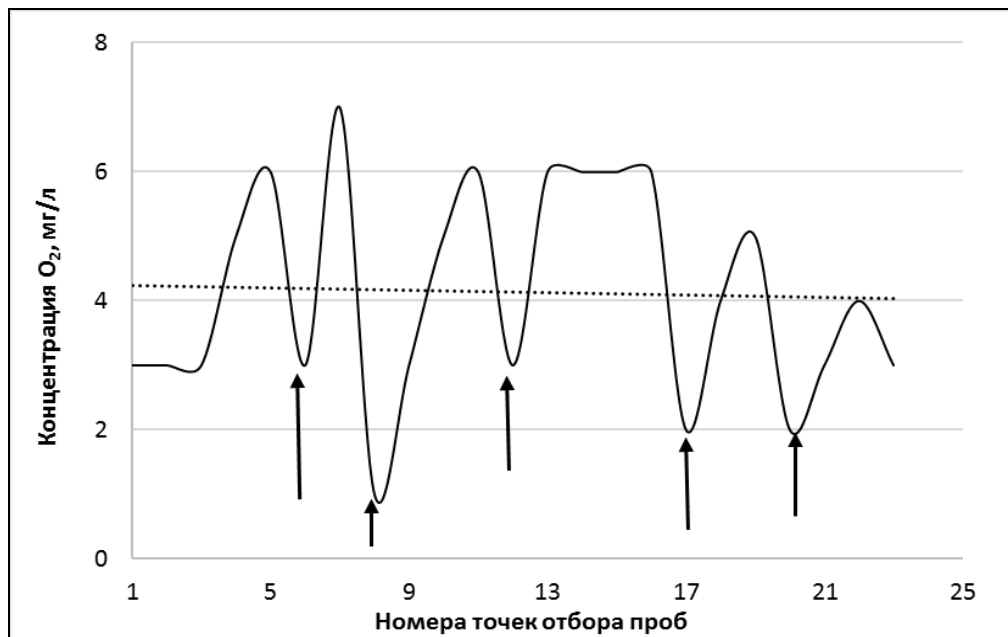


Рис. 5.1 Химическое потребление кислорода

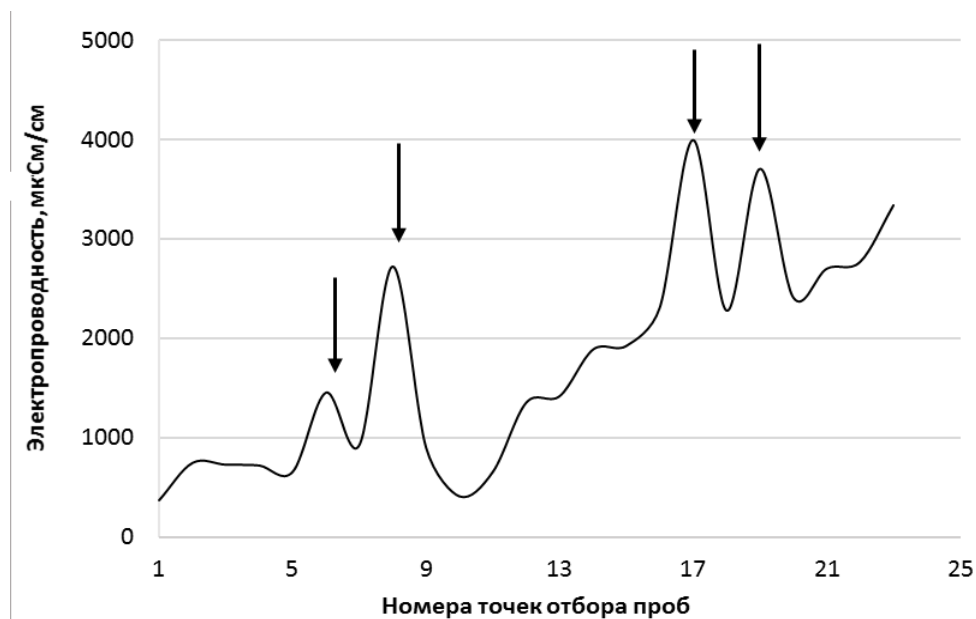


Рис. 5.2 Влияние коллекторно-дренажных вод на качество вод реки
Зеравшан

Естественно, совершенно противоположный характер должно было иметь значение химически потребляемого кислорода в составе вод, о чем свидетельствует кривая на рис. 5.1.

На рис. 5.3 приведено изменение электропроводности воды по всей длине основного стока реки Зеравшан за исключением их значений для коллекторов и каналов в низовье реки. Точка 13 на рис. 5.3 соответствует участку реки на границе Таджикистана с Узбекистаном. Из рис. 5.3 видно, что электропроводность воды на территории Таджикистана имеет минимальное значение и колеблется в районе 240 мкСм/см, а при переходе границы происходит резкое увеличение электропроводности воды.



Рис. 5.3 Изменение электропроводности воды в верховье и низовье реки Зеравшан

Полученные результаты свидетельствует о том, что повышение минерализации воды реки Зеравшан главным образом происходит в низовьях реки на территории Республики Узбекистан.

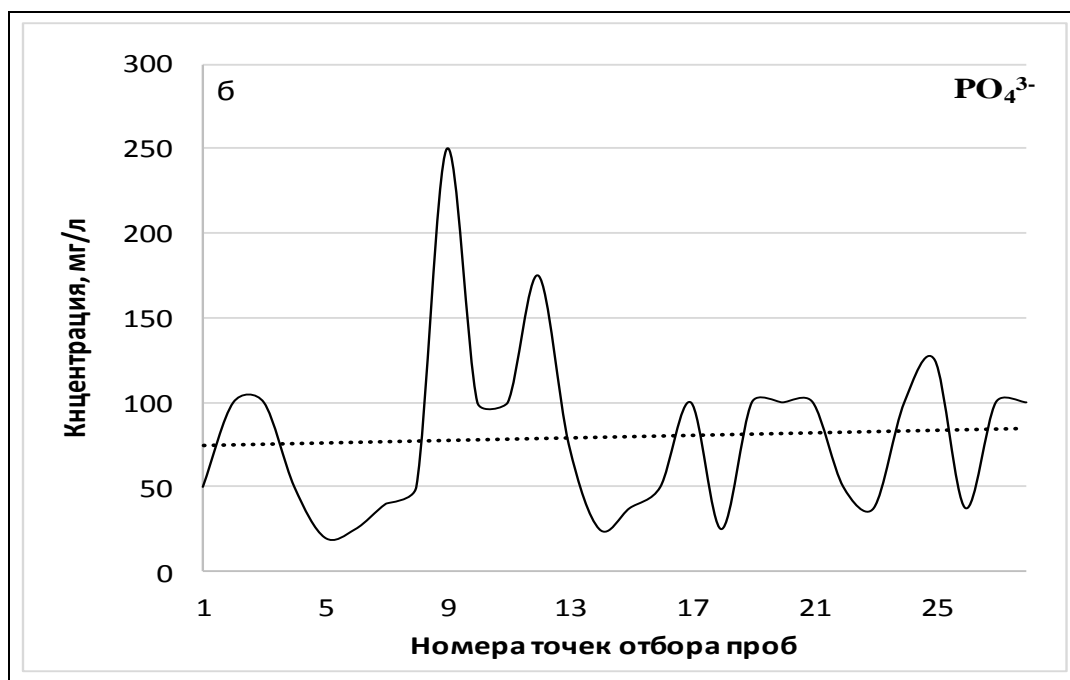


Рис. 5.4 Динамика концентраций ионов нитратного азота (а) и фосфатов (б) по длине реки Зеравшан

Наблюдаемый на рисунке 5.4 увеличение концентрации фосфатов в водах реки Зеравшан на приграничной территории Республики Таджикистан (точки 9, 12) обусловлено влиянием фосфоритного месторождения Риват, которое находится на правом берегу реки Зеравшан

напротив г. Пенджикент с балансом 22 млн. т руды, прогнозные запасы которого составляют 60 млн т.

На рис. 5.5 представлены результаты измерений электропроводности в нижнем течении реки Зеравшан и в коллекторно-дренажных водах на территории Республики Узбекистан. Для сравнения на рисунке 5.5 приведены также значения электропроводности в верховьях и притоках реки Зеравшан (см. также рис. 5.6 - 5.10).

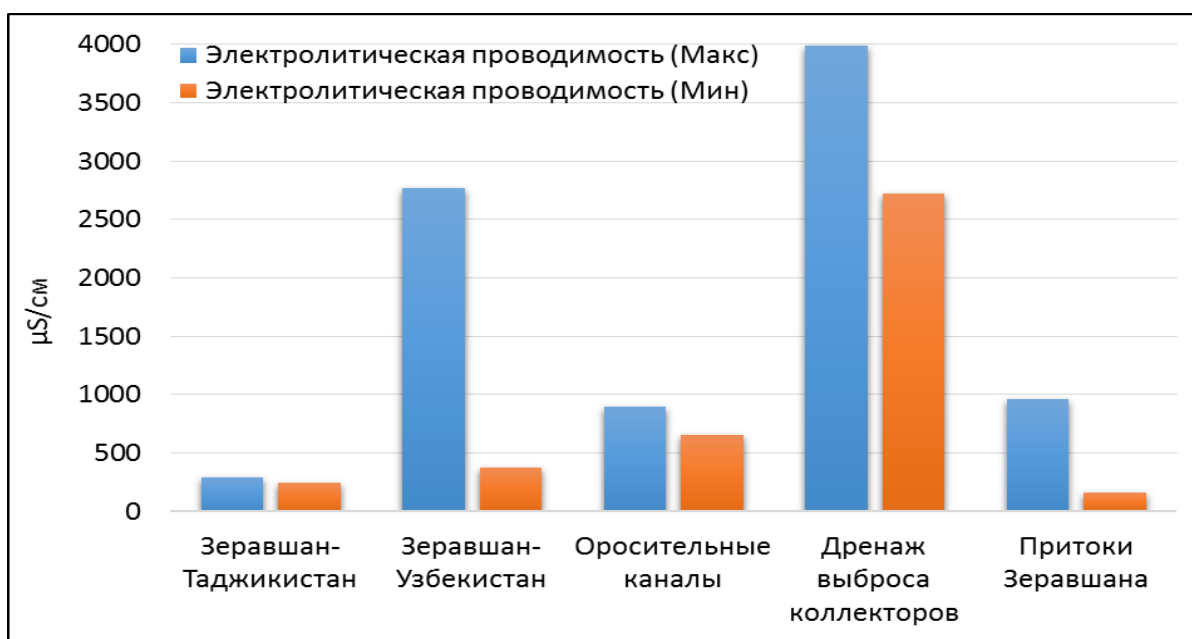


Рис. 5.5 Минимальные и максимальные значения электропроводности воды р. Зеравшан, ее притоках и в ирригационных каналах и коллекторно-дренажных водах на территории Узбекистана

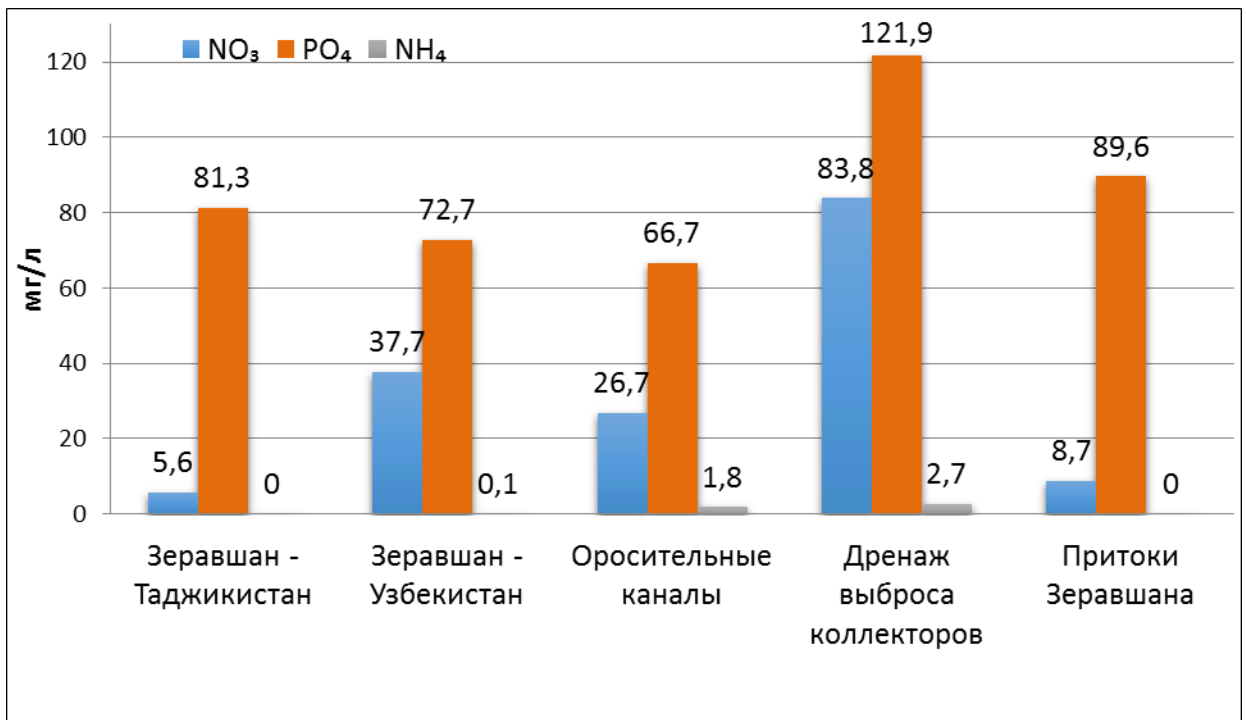


Рис. 5.6 Содержание нитратов NO₃⁻, фосфатов PO₄³⁻ и аммония NH₄⁺ в р. Зеравшан, ее притоках и в ирригационных каналах и коллекторно-дренажных водах на территории Узбекистана

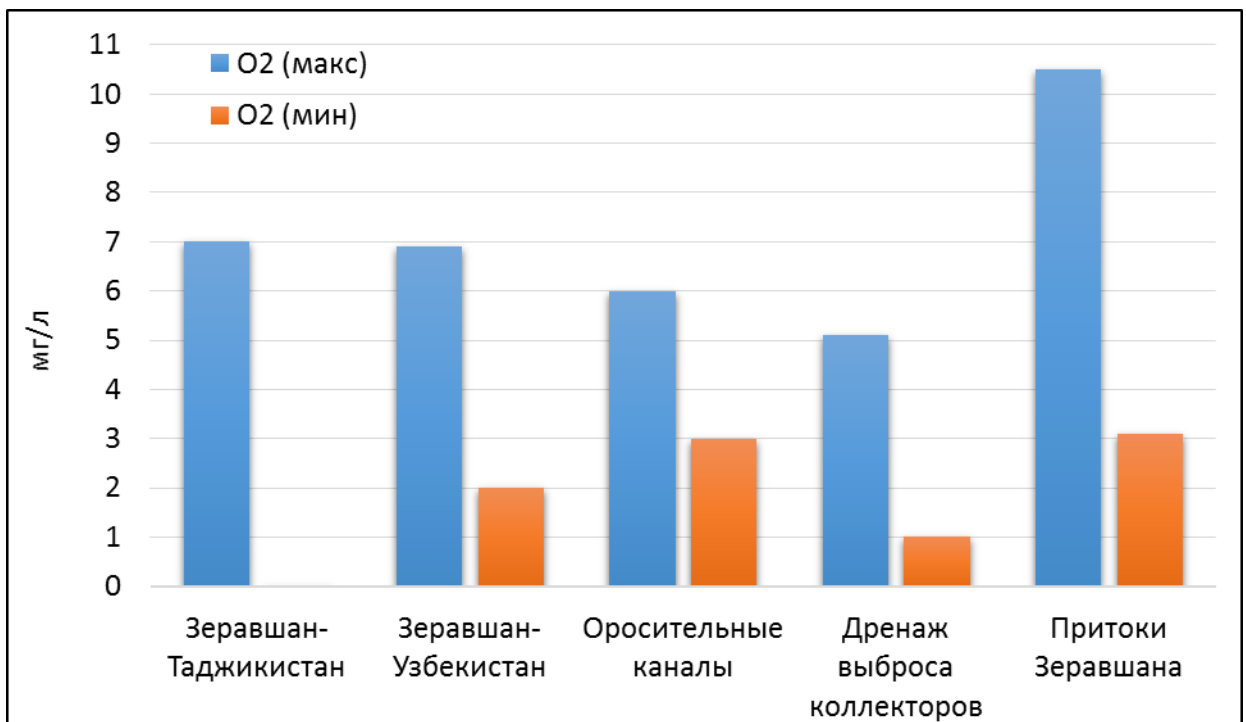


Рис. 5.7 Минимальные и максимальные значения кислорода в р. Зеравшан, ее притоках, в ирригационных каналах и коллекторно-дренажных водах на территории Узбекистана

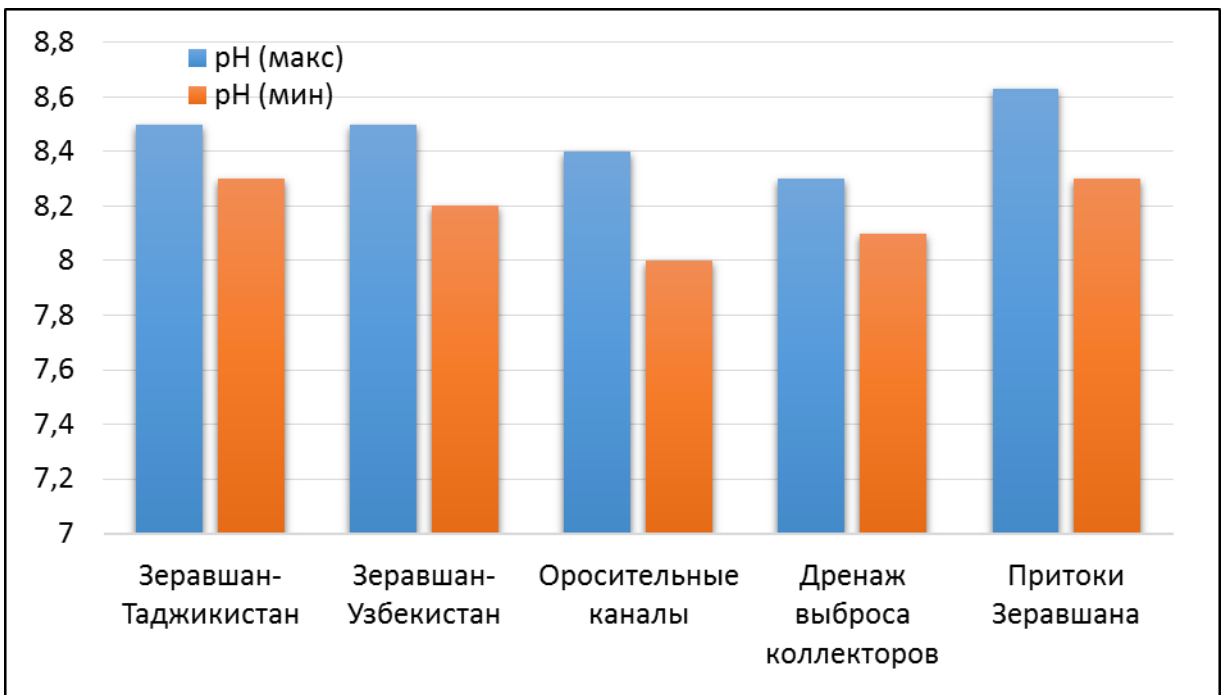


Рис. 5.8 Минимальное и максимальные значения кислотности в р. Зеравшан, ее притоках, в ирригационных каналах и коллекторно-дренажных водах на территории Узбекистана

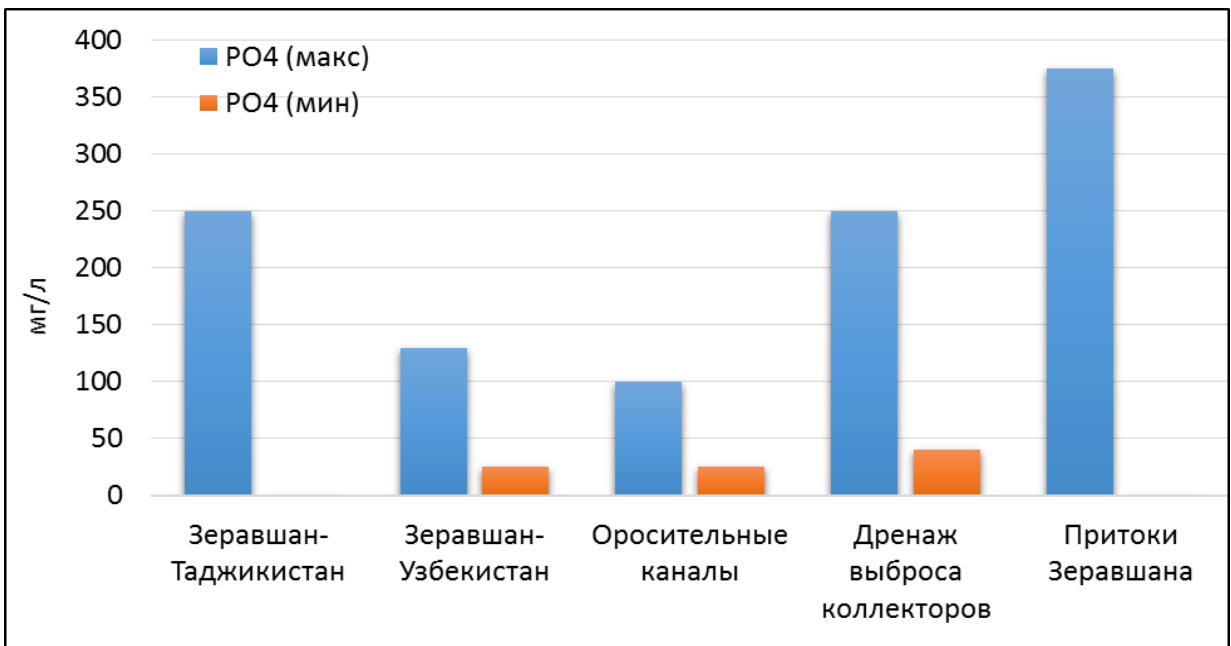


Рис. 5.9 Минимальные и максимальные значения фосфатов PO_4^{-3} в р. Зеравшан, ее притоках и в ирригационных каналах и коллекторно-дренажных водах на территории Узбекистана

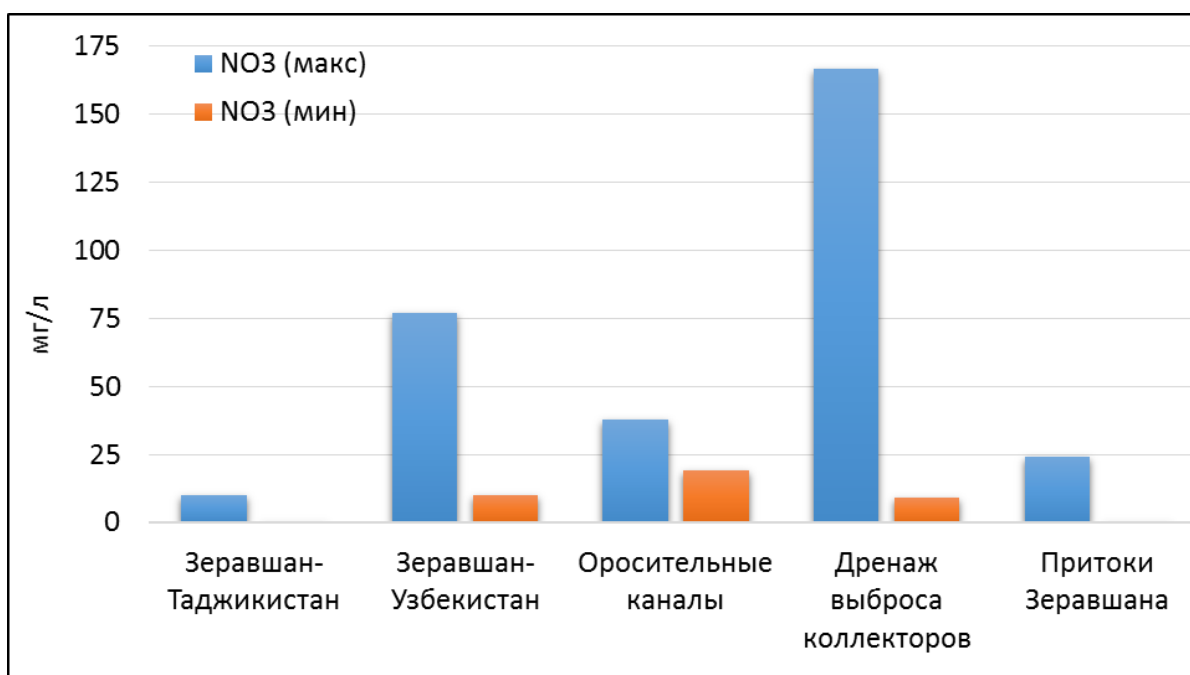


Рис. 5.10 Минимальные и максимальные значения нитратов NO_3^- в р. Зеравшан, ее притоках и в ирригационных каналах и коллекторно-дренажных водах на территории Узбекистана

5.3 Риски, связанные с чрезвычайными водными факторами в бассейне реки Зеравшан

В последние десятилетия проблема уязвимости человечества к стихийным бедствиям и чрезвычайным ситуациям приобретает все более нарастающий характер, что не могло не обратить внимание мирового сообщества. Для определения пути создания потенциала противодействия государств и сообществ к таким явлениям, а также для выработки стратегического и системного подхода к чрезвычайным ситуациям и их рисков по решению Генеральной Ассамблеи ООН была созвана Всемирная конференция по уменьшению опасности бедствий, которая проходила 18–22 января 2005 года в Кобе (Япония). На конференции была принята Хиогская рамочная Программа действий на 2005–2015 годы, в которой отмечено, что риск бедствия возникает в том случае, когда гидрометеорологические, геологические и другие опасности вступают во

взаимодействие с факторами уязвимости физического, социального, экономического и экологического характера. Причиной подавляющего большинства чрезвычайных ситуаций являются гидрометеорологические явления. Хиогская Рамочная Программа особенно актуальна для горных стран, где более тонко и чувствительно ощущается влияние метеорологических и гидрологических катаклизмов на различные аспекты человеческой жизни и обитания человека [107].

Согласно [108] более 80% потерь во всем мире является следствием бедствий, связанных с погодой, климатом и водой: штормов, наводнений, засух. За последние 30 лет количество таких бедствий увеличилось втрое и чрезвычайные гидрометеорологические явления 90-х годов прошлого века унесли жизни более 600000 человек. Вызывает тревогу нарастания частоты интенсивных ливней, сильных ветров, увеличение количества очень жарких дней, самых высоких и самых низких объемов стока [109] и как утверждает Межправительственная группа экспертов по изменению климата Всемирной Метеорологической Организации данная тенденция сохранится и в будущем [110].

Для Республики Таджикистан, 93% территории которой занимают горы, проблема чрезвычайных ситуаций, связанных с метеорологическими явлениями, представляют особую актуальность (рис. 5.11- 5.13).

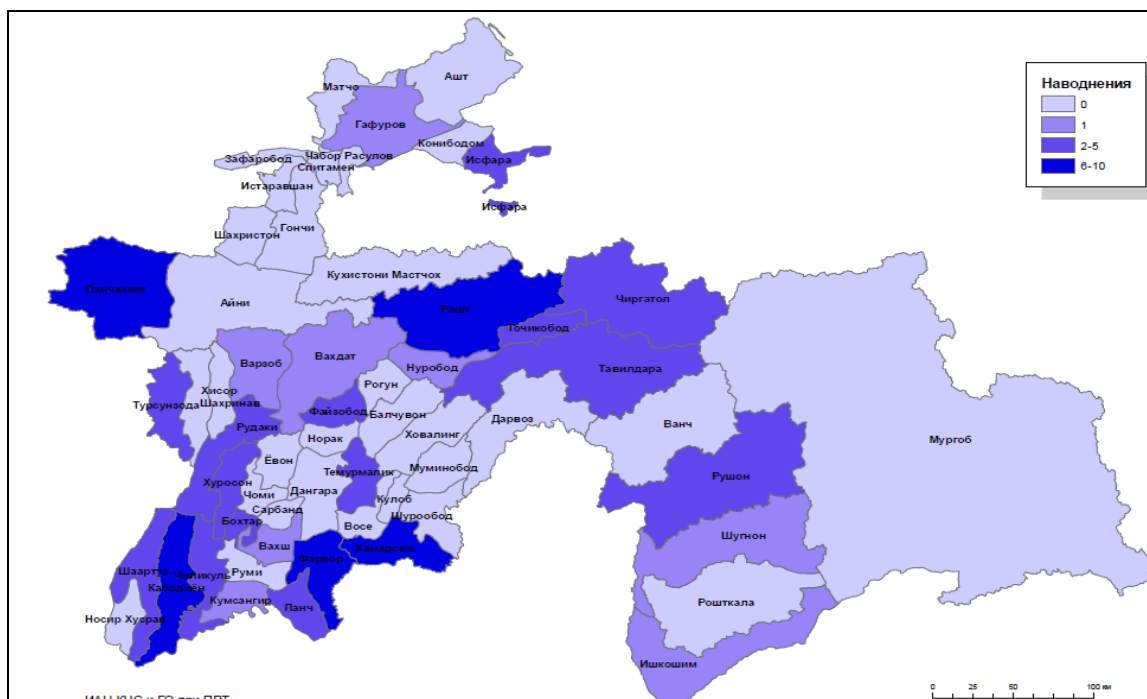


Рис. 5.11 Количество наводнений на территории Республики Таджикистан в 1998 – 2007гг.

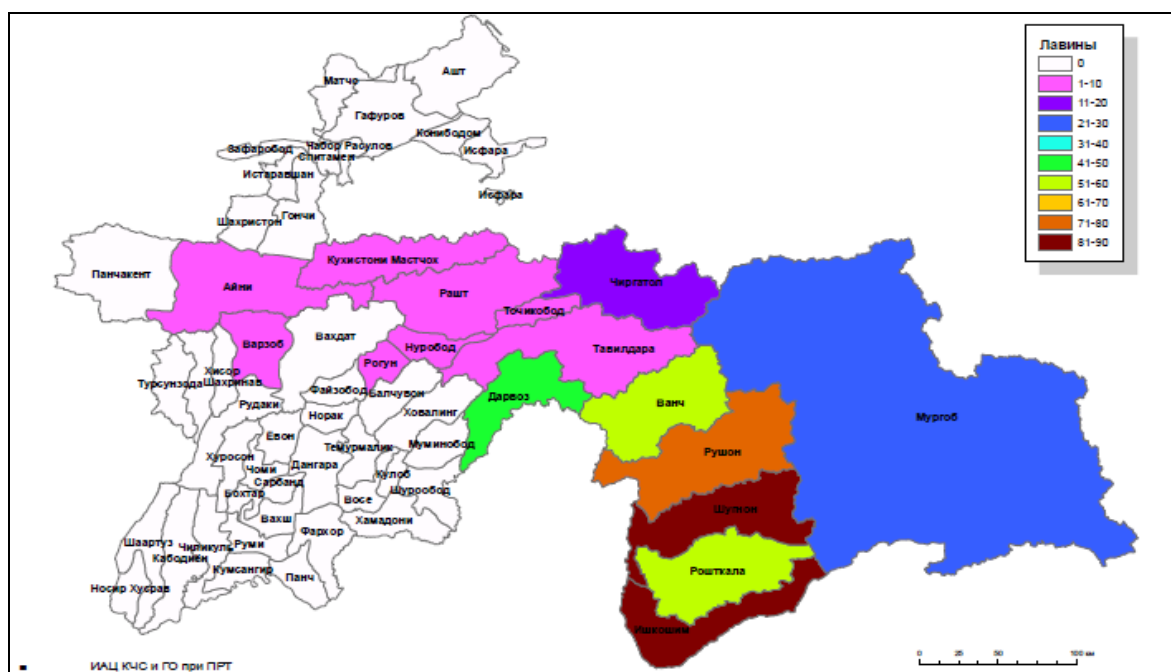


Рис. 5.12 Количество лавин на территории Республики Таджикистан в 1998-2007 гг.

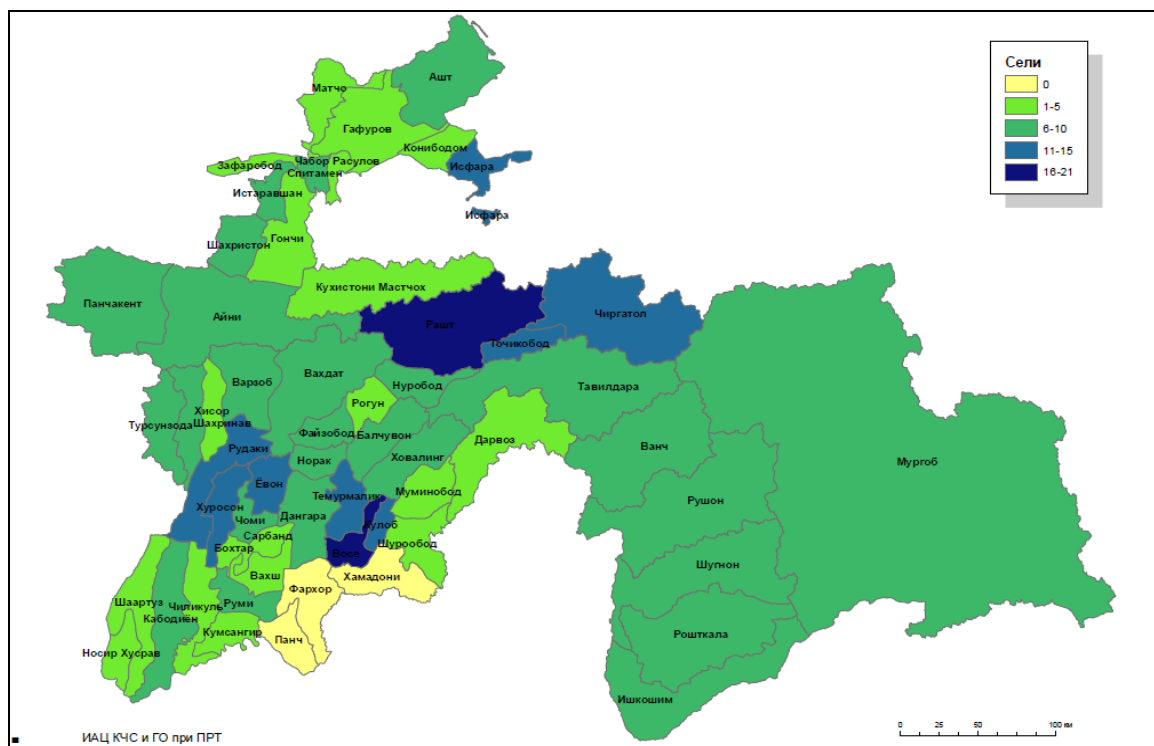


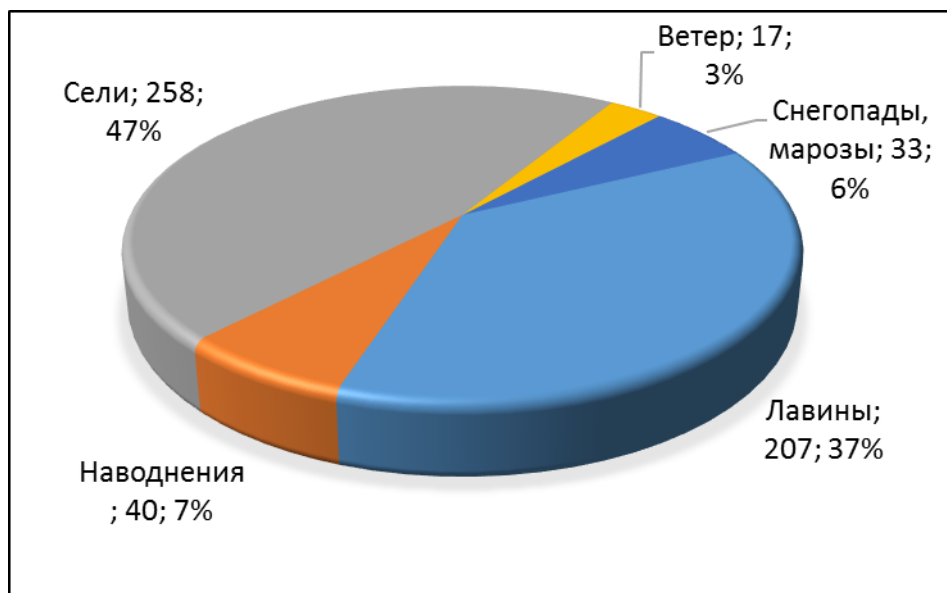
Рис. 5.13 Количество селей на территории Республики Таджикистан в 1998 – 2007гг.

Только за период 2005-2008 гг. по всей республике были зафиксированы более 700 чрезвычайных ситуаций (ЧС) природного характера, около 80% которых связаны с гидрометеорологическими факторами. Из них более 45% составляют формирование селевых потоков в предгорных районах страны (табл. 5.1, рис. 5.14).

Таблица 5.1

Количество и виды чрезвычайных ситуаций в Таджикистане за период 2005-2008 гг.

Чрезвычайные ситуации	Количество
Природные	713
Гидрометеорологические:	555
- Наводнение	40
- Сели	258
- Лавины	207
- Снегопады	33



Источник: ИАЦ Комитета по ЧС и ГО РТ

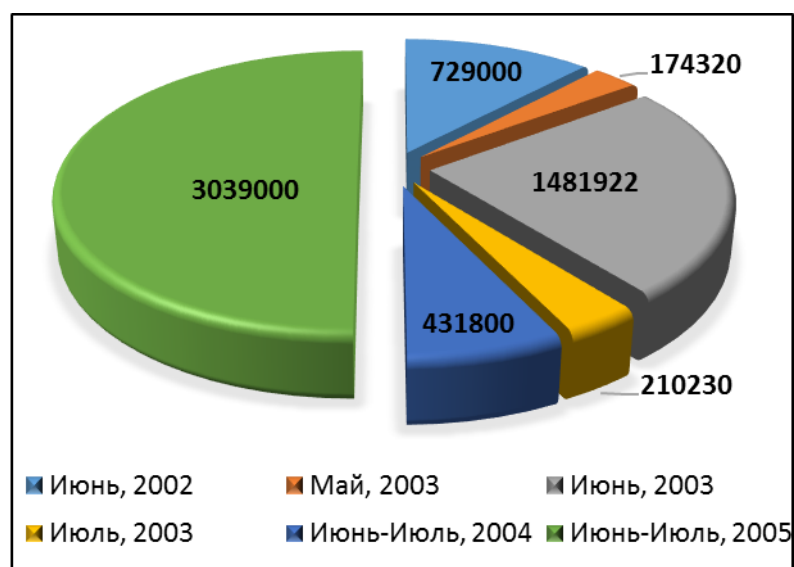
Рис. 5.14 Количество ЧС гидрометеорологического характера в Республике Таджикистан в 2005-2008 гг.

В бассейне реки Зеравшан по сравнению с остальными частями Республики Таджикистан чаще наблюдаются чрезвычайные ситуации, связанные с водным фактором, а именно наводнениями, селевыми потоками и сходом лавин. В бассейне реки Зеравшан чрезвычайные ситуации в среднем составляют более 150 случаев в году или около 7% от общего количества по всей территории республики. При этом большинство поселений бассейна, а именно население районов Айни и Пенджикент, ежегодно несет большие экономические, а иногда и человеческие потери [111].

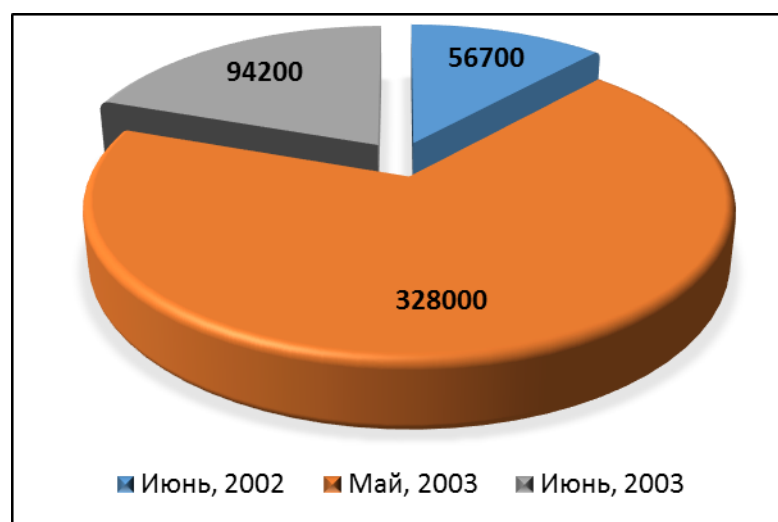
Чрезвычайные ситуации в Зеравшанской долине имеют дождевой, снеговой, ледниковый, смешанный генезисы и составляют 6,5% всех селевых потоков республики. Каждый из них связан с конкретными условиями местности. Они по своему составу бывают грязекаменными, водно-каменными и грязевыми. Большинство селей имеют дождевой генезис. На западе долины сели начинаются в марте-апреле, далее - в мае-июне, переходя на земли Айни, Матчи и бассейна реки Фондарьи (Фан-Ягнобская долины).

В Зеравшанской долине более чем 300 тысяч обитателей живут в административных центрах Пенджикент, Айни и Горном Матче и ежегодно испытывают ощутимые потери от чрезвычайных факторов, связанных с водными факторами.

На рис. 5.15 приведены результаты обобщения размеров экономического ущерба соответствующим районам за период 2002-2005 годы (см. также рис. 5.16 и 5.17).



(а)

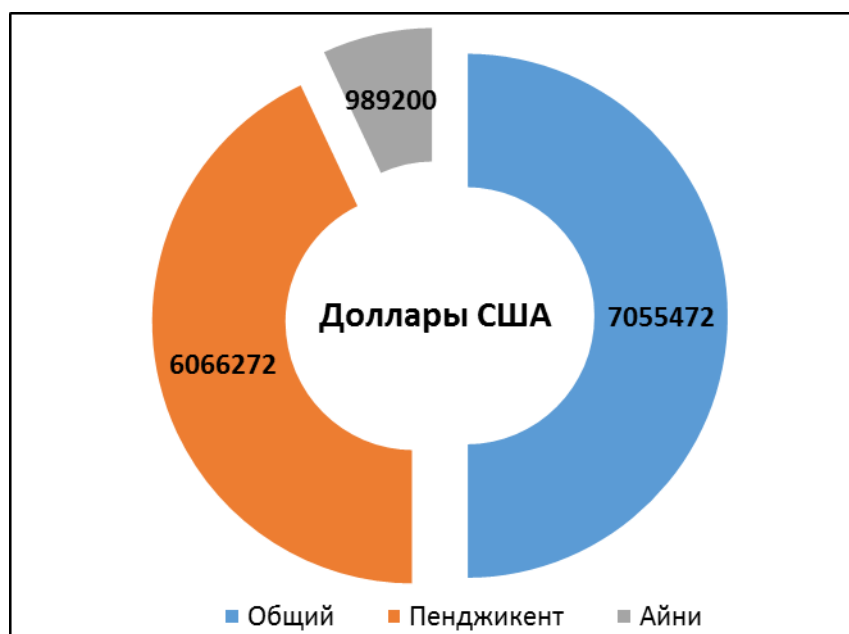


(б)

Рис. 5.15 Размеры экономического ущерба (в долл. США) от наводнений в районах Пенджикент (а) и Айни (б) Зеравшанской долины



(а)

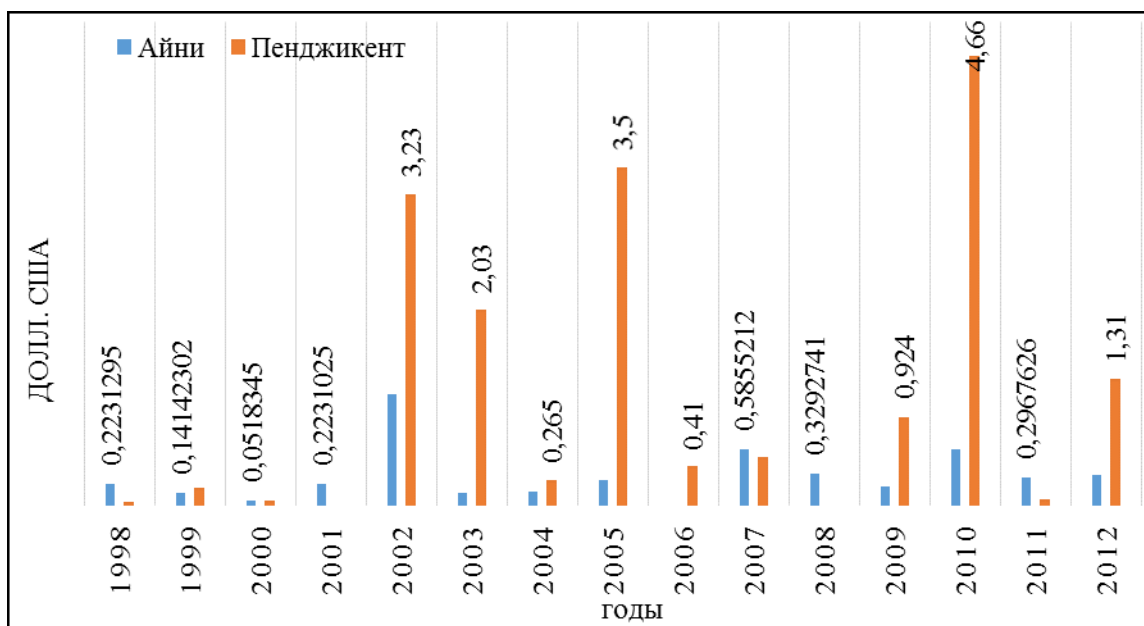


(б)

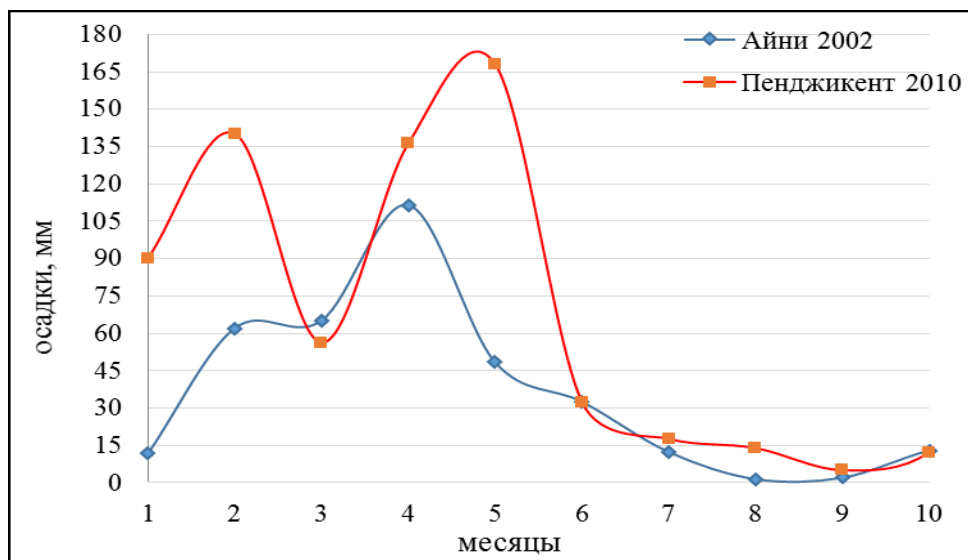
Рис. 5.16 Количество человеческих жертв (а) и общий экономический ущерб (б) районов Айни и Пенджикент при наводнениях 2002-2005 годов

Из рис. 5.15 видно, что размер экономического ущерба от чрезвычайных ситуаций 2002-2005 годов только в двух районах Айни и Пенджикент Зеравшанской долины является весомым и составляет более семи миллионов долларов США, который включает ущербы 17 отраслям хозяйства двух районов: разрушенные жилые дома (на сумму 2491448 долларов США), разрушенные автомобильные дороги (на сумму 1218997

долларов США), разрушенные оросительные каналы (на сумму 792996 долларов США), разрушенные и пришедшие в негодность мосты и переправы (на сумму 467381 доллар США), разрушенные и смытые берегоукрепительные сооружения (на сумму 31554 доллар США) и человеческие жертвы.



(а)



(б)

Рис. 5.17 Экономический ущерб от наводнений и селевых потоков в горных районах Пенджикента и Айни бассейна реки Зеравшан (а) и среднемесячное распределение атмосферных осадков в бассейне (б)

Метеорологическими станциями, установленными в Пенджикентском и Айнинском районах, было зафиксировано выпадение обильных осадков в виде дождя, о чем свидетельствуют представленные на рис. 5.18 и 5.19 соответственно сезонное распределение количества осадков в 2002 и 2010 годах в вышеназванных горных районах.

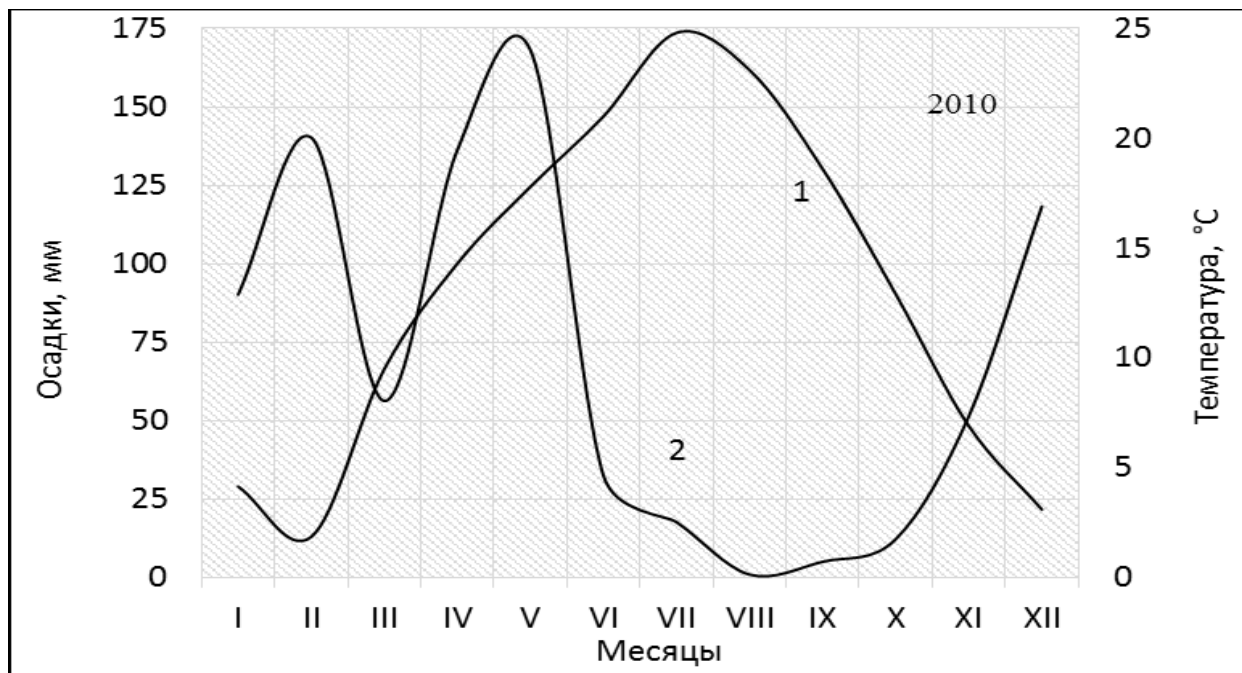


Рис. 5.18 Среднемесячное количество атмосферных осадков (2) и температуры (1) в Пенджикентском районе в 2010 году

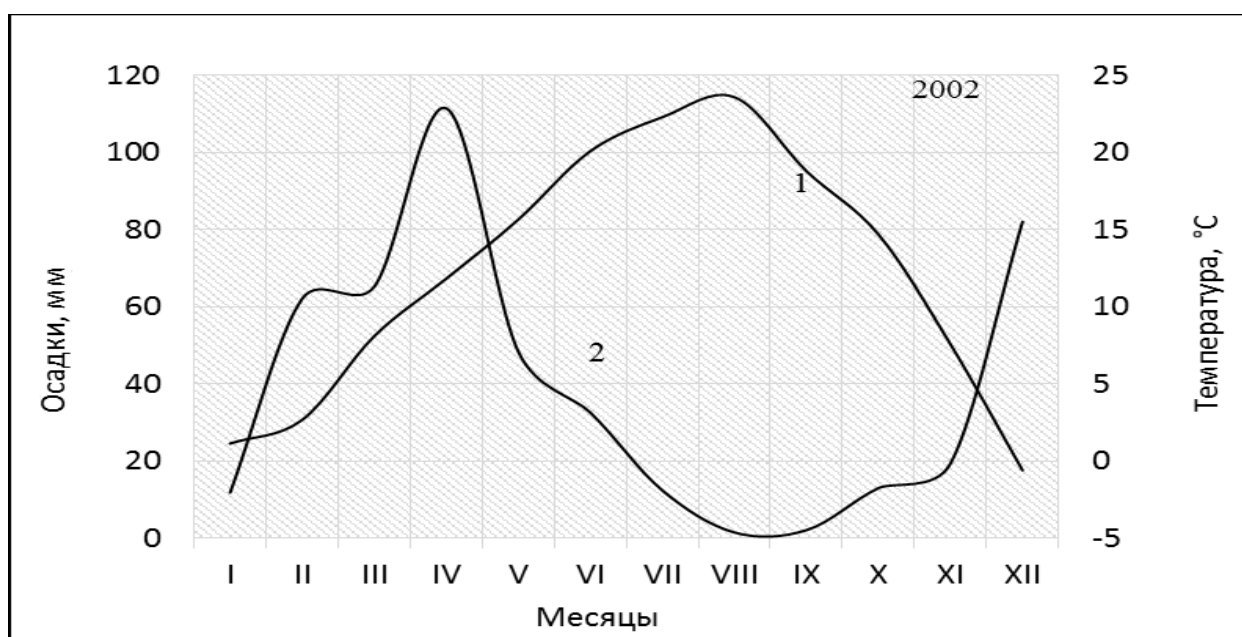


Рис. 5.19 Среднемесячное количество атмосферных осадков (2) и температуры (1) в Айнинском районе в 2002 году

Хотя экстремальные изменения атмосферных осадков в Айнинском и Пенджикентском районах долины Зеравшан в 2002 и в 2010 годах были зафиксированы, однако сглажены в многолетнем разрезе. Следовательно, если при определении долгосрочного прогноза метеоусловий бассейна важно усредненное значение метеорологических параметров многолетнего периода, то для оценки и возможности предсказаний чрезвычайных погодных ситуаций необходим анализ и обобщение их значений за более короткие периоды (декадные и суточные).

Выработка оптимальных механизмов и алгоритмов предсказания чрезвычайных ситуаций в горных местностях на базе обобщения и систематизации метеорологических параметров и их сопоставление с периодами возникновения чрезвычайных ситуаций составляет задачу наших будущих исследований.

5.4 Структура межгосударственной организации по контролю качества вод трансграничных рек

Водные отношения между республиками Центральной Азии в Советское время регулировались «Схемами комплексного использования и охраны водных ресурсов» по бассейнам Амударьи и Сырдарьи.

Основная цель разработки бассейновых «Схемы...» заключалась в определении объемов воды, реально располагаемых в пределах бассейнов Амударьи и Сырдарьи и доступных для использования водных ресурсов, обеспечении справедливого распределения их между республиками региона, соблюдении интересов всех водопотребителей.

Следует отметить, что в «Схемы...» из-за существенного изменения ситуации в регионе после 1980 года (годы последнего уточнения «Схемы...» и завершения составления гидрологического ряда) не были учтены и предусмотрены ряд важных аспектов. Главным образом это относится к экологическим требованиям и санитарному сбросу в реки и

каналы. Предусмотренное «Схемами...» максимальное использование вод бассейнов на орошаемое земледелие привело почти к полному исчерпанию и истощению водных ресурсов и, в свою очередь, к возникновению и обострению проблем:

- ухудшению экологического состояния, иногда доходившего до экологического бедствия в низовьях рек Аральского бассейна;
- сильному загрязнению речных вод пестицидами, гербицидами, другими вредными веществами и повышению минерализации вод.

Например, установлено, что вода Амударьи после выхода из Туямуянского водохранилища характеризуется превышением ПДК по нитратам и нитритам в 1,2 и 2,3 соответственно, в районе Нукуса наблюдается превышение ПДК по тяжелым металлам [112].

Несмотря на убедительные показатели влияния загрязнений вод на здоровье человека (80% всех болезней в мире вызваны употреблением недоброкачественной воды, с водным фактором связана заболеваемость около 2 млрд. человека) экологическая трагедия Арала продолжается. Ежегодно в реку Сырдарья сбрасываются 12-14 км³ неочищенных использованных вод, перенасыщенных пестицидами, ядохимикатами.

По данным Кызыл-Ординского областного управления охраны окружающей среды в Сырдарье превышение ПДК по содержанию азота составляет 2,5 раза, сульфатов – 3,0-7,7, БПК – 5-3,1, нефтепродуктов – 7, меди-10, железа - 2 раза. Минерализация поступающей воды из Чардаринского водохранилища выросла до 1,4 г/л, а в районе Казалинска до 2 г/л, что в два раза больше нормы [113].

Обнаружение в водах Сырдарьи и ее притоках соединений тяжелых металлов (Pb, Zn, Cr, Ni, Cd и Hg) с концентрацией в десятки и сотни раз превышающих ПДК, прежде всего, связано с осуществлением в условиях узковедомственного подхода к освоению недр применением несовершенных технологических схем переработки.

На водосборных площадях в бассейне Нарына - Сырдарьи только на территории Кыргызстана находится 14 законсервированных и действующих объектов горнодобывающей промышленности, а объем твердых отходов превышает 550 млн. м³.

В водах Сырдарьи ниже впадения рек Сумсар и Алабука, стекающих с горного обрамления северной части Ферганской долины, концентрация свинца составляет от 3 до 100 ПДК, цинка более 10 ПДК, меди более 30 ПДК.

К числу потенциально опасных источников радиоактивного загрязнения вод Нарына - Сырдарьи относятся три хвостохранилища и отвалы в поселке Мин-Куш. Эти хранилища с общей массой радиоактивных отходов около 2 млн тонн и суммарной активностью 10^{15} Бк размещены в долине реки. Природные катаклизмы могут разрушить дамбы хранилищ, вызвать размыв радиоактивных отходов и заразить воду на огромной территории [114]. Таких примеров можно привести множество. Однако самая главная задача заключается не в констатации существующих фактов, способствующих возникновению и распространению экологических катаклизмов, а в принятии кардинальных решений для оздоровления экосистемы.

Анализ публикаций последних пяти лет, а также резолюции ряда региональных, международных совещаний и конференций демонстрирует, что проблема качества водных артерий региона становится предметом глубоких исследований и анализов.

Международным фондом спасения Арала, например, опубликован буклет (сентябрь, 1997) в котором представлен перечень проектов по бассейну, требующих дополнительной донорской поддержки. Примечательно, что большинство этих проектов связано с исследованиями качества водных артерий Аральского бассейна.

Проблема изучения изменения качества воды и разработка механизмов его управления является актуальной и относится не только к

отдельно взятой стране Центральной Азии, а ко всем государствам региона.

Здесь можно было бы предложить в качестве рекомендации развитие двухсторонних и многосторонних правовых механизмов для строгого выполнения 13 и 16 принципов Декларации Рио относительно долга и компенсации за экологический ущерб и подхода, согласно которому - загрязнитель платит за загрязнение. Для стабилизации экологической обстановки в регионе предлагается ряд мер. Согласно [115] необходимо введение в принцип лимитированного забора, отдельных изменений, дающих право на больший объем водозабора в процентном отношении водопотребителям, ниже располагаемым по течению реки. Внедрение данной системы лимитированного водозабора позволяет регулировать водозабор из рек не только с учетом орошаемых земель, но и с учетом качества воды, степени ее минерализации.

Предположим, что трансграничная река, формирующаяся на территории страны – верховья (А), протекает через территорию соседнего государства (В) в страну низовья (С).

Согласно системе лимитированного водозабора при превышении степени минерализации речного стока (С) предъявляется (В) требование на сверхлимитный водозабор в качестве компенсации.

В данном случае возможны два варианта:

1. (В), которому предъявлено соблюдение лимитированного водозабора, должно обратиться с аналогичным требованием к (А).
2. Сокращение собственного лимита водозабора (В) для выполнения требования (С).

Речные стоки, поступающие с горных территорий их формирования, по утверждению самого автора системы лимитированного водозабора, практически ничем не загрязнены и отличаются небольшой степенью

минерализации. Следовательно, требование (В) будет автоматически отклонено (А).

Само собой, разумеющийся факт, что вариант 2 также не выполним, ибо за этим стоит основной источник жизни нескольких сот тысяч людей.

Глубокое понимание роли воды в регионе и ответственности перед обществом за устойчивое водообеспечение, например, вызвало немедленное действие Правительств пяти стран Центральной Азии о создании в феврале 1992 года Межгосударственной Координационной Водохозяйственной Комиссии (МКВК). Создание МКВК в сложное и непредсказуемое постсоветское время дало возможность странам региона безболезненно пройти путь водного «безвластия», обеспечивать равновесие и согласие в регионе и продемонстрировало стратегию всех стран обеспечивать сегодня и на будущее нормальное и взаимопонимательное уважительное сотрудничество.

Это дает основание надеяться, что возникшую ныне в регионе проблему загрязнения и возрастания степени минерализации водных артерий можно с таким же успехом решить путем создания (подобной МКВК) Межгосударственной координационной комиссии по качеству воды (МКККВ). Структуру такой организации схематически можно представить в следующем виде (рис. 5.20):



Рис. 5.20 - Структура Межгосударственной координационной комиссии по качеству воды

В структурное подразделение «межгосударственные эксперты» объединяются ведущие специалисты по оценке качества и состава вод из всех пяти государств Центральной Азии.

Основная функция данного органа заключается в сопоставлении данных республиканских экспертов по составу воды и решение спорных вопросов путем проведения независимых экспертиз качества воды трансграничных рек.

Количественный состав и срок полномочия межгосударственных экспертов устанавливается секретариатом МКККВ.

В Информационном центре, создаваемом в каждой из стран Центральной Азии, собираются, обобщаются и систематизируются данные

экспертов по контролю качества воды в промышленном, сельскохозяйственном, коммунальном секторах и на гидропостах.

Таким образом, данные относительно качества водных артерий из каждой страны поступают в аналитический центр МКККВ.

Следует отметить, что после достижения полной прозрачности относительно состава и качества всех водных артерий Центральной Азии очередным шагом является разработка механизмов поощрения и принятия мер по отношению к государствам, загрязняющим водную среду. Эти вопросы в комплексе с другими должны прорабатываться в секретариате МКККВ для рассмотрения на заседании Глав Правительств стран Центральной Азии.

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ВЫВОДЫ

1. Проведена геоэкологическая оценка загрязненности поверхностных вод и снегов бассейна трансграничной реки Зеравшан от зоны формирования до устья.
2. Содержание загрязняющих веществ в водах верховья реки Зеравшан обусловлено смыванием горных пород водным стоком.
3. Содержание тяжелых металлов в водах реки Зеравшан меньше предельно допустимых концентраций, что свидетельствует об отсутствии влияния горно-обогатительного комбината на изменение состава и свойств воды.
4. Антропогенное воздействие с территории Республики Узбекистан обусловлено загрязнением реки Зеравшан коллекторно-дренажными и коммунально-бытовыми водами.
5. Содержание катионов и анионов в сезонных снегах на ледниках бассейна реки Зеравшан обусловлено вулканическим происхождением.
6. Выявлены сезонные вариации изотопного состава атмосферных осадков и их влияние на изотопный состав вод реки, т.е. внутригодовое изменение структуры питания (изменение соотношения дождевых, талых вод сезонных снегов и подземных вод).
7. Предложена структура Межгосударственной организации по контролю и регулированию загрязнения трансграничных рек между сопредельными государствами.
8. В геоэкологической емкости территории бассейна реки Зеравшан доминируют чрезвычайные ситуации, связанные с водными факторами (наводнения, селевые потоки) со значительными геоэколого-экономическими ущербами и человеческими жертвами.

ПЕРЕЧЕНЬ ОБОЗНАЧЕНИЙ И СОКРАЩЕНИЙ

АГОК	- Анзобский горно-обогатительный комбинат
ВМО	- Всемирная метеорологическая организация
г/л	- грамм на литр
га	- гектар
ГГО	- главная геофизическая обсерватория
ГПП	- гидрогеографическая партия
ГС-КМН	- гидрокарбонатно-сульфатный-кальциево-магниевый-натриевый
ГОСТ	- Государственный общесоюзный стандарт
ГЭС	- гидроэлектростанция
ЕС	- Европейский союз
ИЗВ	- индекс загрязненности воды
ИКАРДА	- Международный Центр Сельскохозяйственных Исследований в Засушливых Регионах
кВт·ч	- киловатт·час
КДВ	- коллекторно- дренажные воды
КДС	- коллекторно-дренажная система
ЛГУ	- Ленинградский государственный университет
МВт	- Мегаватт
ММ и ВР РТ	- Министерство мелиорации и водных ресурсов Республики Таджикистан
МКВК	- Межгосударственная координационная водохозяйственная комиссия
МКККВ	- Межгосударственная координационная комиссия качества воды
НГРЭС станция	- Навоинская государственная районная электрическая станция
НИЦ	- научно-информационный центр
НПУ	- нормальный подпорный уровень

н.у.м.	- над уровнем моря
ООН	- Организация объединенных наций
п	- поселок
ПДК	- предельно допустимая концентрация
ПО	- производственное объединение
ПРООН	- Программа развития организации объединенных наций
р	- река
РД	- руководящий документ
САНИИРИ	- Среднеазиатский научно-исследовательский ирригационный институт
СГ-НК	- сульфатно-гидрокарбонатный-натриево-кальциевый
См	- Сименс
СП	- совместное предприятие
ТНУ	- Таджикский национальный университет
ХПК	- химическое потребление кислорода
ЦА	- Центральная Азия
ЧС и ГО	- чрезвычайная ситуация и гражданская оборона
ppm	- parts per million (частей на миллион)
UNEP	- United Nation Ecological Programme

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Петров Г.Н., Норматов И.Ш. Конфликт интересов водопользователей в Центрально-Азиатском регионе и возможности его разрешения // Водные ресурсы, 2010, Т.37, №1, сс. 113-120.
2. Клапцов В.М. Водноэнергетические проблемы в Центральной Азии: причины, трудности и подходы к разрешению. Проблемы национальной стратегии // Экономика, 2012, №6 (15), сс. 165-162.
3. Абдуллаев И. История водного хозяйства и перспективы водodelения в Центральной Азии / Искандер Абдуллаев // Полемика: электрон. журн. 2000. Вып. 7. URL: <http://www.irex.ru/press/pub/polemika/07/>.
4. Проблемы водоснабжения и канализации в странах Центральной Азии и Южного Кавказа: Региональный обзор = Global Water Partership, Central Asia and Caucasus: Regional review. 2009. Апрель. С. 9.
5. Абрамий М. Трансграничные реки Центр Азии: частота экстремальных явлений увеличилась / Маърифат Абрамий // Центр Азии: интернет-сайт. 2010. 8 января. URL: <http://www.centrasia.ru/newsA.php?st=1262929440>.
6. Диагностический доклад для подготовки региональной стратегии рационального и эффективного использования водных ресурсов Центральной Азии / Европейская экон. комиссия, Экон. и социальная комиссия для Азии и Тихого океана. 2002. С. 13.
7. Мироненков А. Что кроется за нехваткой воды: ситуация с наличием водных ресурсов и водопользованием в Центральной Азии / Александр Мироненков // Аналитический центр "Разумные решения»: интернет-сайт. 2006. 14 ноября. URL: <http://analitika.org/ca/water-and-energetics/1145-20061114224933178.html>.
8. Межстрановый проект содействия Инициативе стран Центральной Азии по управлению земельными ресурсами. Исследовательский проект по устойчивому управлению земельными ресурсами 2007–

- 2009: Заключительный отчёт: Часть III (Социально-экономический анализ) / Региональный офис ИКАРДА по Центральной Азии и Закавказью (ЦАЗ), Ташкент, Узбекистан // International Center for Agricultural research in the Dry Areas: интернет-сайт. 2009. Октябрь. С. 8. URL: http://www.icarda.org/cac/files/slmr/slmr_final_report_part3_ru.pdf.
9. Петров Г. Н. Совместное использование водно-энергетических ресурсов трансграничных рек Центральной Азии / Петров Г. Н. // Евразийская экономическая интеграция. 2009. № 1 (2). С. 104.
10. Джалалов А. А. Перевод управления водными ресурсами на бассейновый принцип: [доклад] / А. А. Джалалов // Интегрированное управление водными ресурсами на трансграничных бассейнах – межгосударственные и межсекторальные подходы: науч.-практ. семинар НАТО (г. Бишкек, 23–27 февраля 2004 г.). С. 4. URL: <http://www.berg.bendery.md/vp/mened/djalalov.pdf>.
11. Текущее состояние секторов энергетики в республиках Центральной Азии: Приложение 3.1 // Центральная Азия: Исследования регионального потенциала экспорта электроэнергии (Регион Европы и Центральной Азии. Всемирный банк, Вашингтон, О.К.). 2004. Декабрь. С. 3, 6, 9, 12. URL: http://siteresources.worldbank.org/INTUZBEKISTANINRUS/Resources/R_EEPS_Appendix_Volume_Russian.pdf.
12. Водно-энергетические ресурсы Центральной Азии: проблемы использования и освоения: Отраслевой обзор / Евразийский банк развития. 2008. 24 апреля. С. 10. 14 Медведев А. История проблемы и позиции внерегиональных партнеров по трансграничным водно-энергетическим проектам в Центральной Азии: интервью с директором Института Центральной Азии и Кавказа Андреем Медведевым / Андрей Медведев // Joint Eurasian Expert Network: интернет-сайт. 2010. 9 сентября. URL: http://j-een.com/news_view/699/.

13. Петров Г. Н., Ахмедов Х. М. Комплексное использование водно-энергетических ресурсов трансграничных рек Центральной Азии. Современное состояние, проблемы и пути решения / Г. Н. Петров, Х. М. Ахмедов; Акад. наук Республики Таджикистан. Душанбе: Дониш, 2011. - С. 49с.
14. Петров Г. Н. Региональная интеграция и водно-энергетическая независимость / Г. Н. Петров // Евразийская экономическая интеграция. 2010. Ноябрь. № 4 (9). С. 99.
15. Виденеева Е. М., Верещагина Н. Г., Горелкин Н. Е., Рахматова Н. И. О необходимости партнерства стран Центральной Азии в регулировании водопользования в бассейнах трансграничных рек Сырдарьи и Нарына / Е. М. Виденеева, Н. Г. Верещагина, Н. Е. Горелкин, Н. И. Рахматова // Международная конференция по региональному сотрудничеству в бассейнах трансграничных рек (Душанбе, 30 мая – 1 июня 2005 г.): сб. тезисов докл. С. 24–26.
16. Olsson O., Gassmann M., Wegerich K., Bauer M. Identification of the effective water availability from stream flows in Zarafshan river basin. J. Hydrology, 2010, 390, pp. 190-197.
17. Крюков В.И. Схема территориального деления Таджикской ССР для целей экономического мониторинга окружающей среды республики/ Рук. Деп. в ТаджикНИИТИ 07.08.1989, №48(648), Душанбе, 1989, - 104с.
18. Groll M., Opp Ch., Kulmatov R., Ikramova M., Normatov I. Water quality, potential conflicts and solutions – an upstream-downstream analysis of the transnational Zarafshan River (Tajikistan, Uzbekistan).J. Env. Earth Sci. 2013, DOI 10.1007/s12665-013-2988-5.
19. Kulmatov R., Hoshimhodjaev M. Spatial distribution and speciation of microelements in Zeravshan river water. J. Water Resources, 1992, V. 11, pp. 103-114.

20. Kulmatov R., Opp Ch., Groll M, Kulmatova D. Assessment of Water Quality of the Transboundary Zarafshan River in the Territory of Uzbekistan. *J. Water Resource and Protection*, 2013, V. 5, pp.17-26.
21. Шульц В.Л. Реки Средней Азии. Л.: Гидрометеоиздат, 1965, -301с
22. Тахиров И.Г., Купайи Г.Д. Водные ресурсы Республики Таджикистан. Книга 1. Реки. Душанбе, 1998, -201с.
23. Ресурсы поверхностных вод СССР. Т14, вып.3. Бассейн реки Амударья, Л.: Гидрометеоиздат, 1971, -472с.
24. Аброров Х., Шерматов Н. Формирования водных ресурсов горного Зеравшана и их экономический потенциал. Душанбе, 2013. -132с.
25. Аброров Х., Шерматов Н. Особенности гидрологического режима реки Зерафшан и ее больших притоков. Вестник ТНУ. Серия естеств. Наук, 2010, 3(59), сс.295-301.
26. Баканин Г.В., Трестман А.Г., Гордон С.М. Гидрология бассейна реки Зеравшан в пределах Тадж. ССР. Материалы по производительным силам Таджикистана. Вып. 2. - Душанбе, 1964.
27. Киреев И.А. Гидрологические исследования в бассейне Зеравшана / Таджикско-Памирская экспедиция 1933 г. Ленинград, 1934.
28. Ланге О.К. Гидрогеологическая характеристика бассейна р. Зеравшан. М. 1954.
29. Реки и озера Таджикистана. Министерство охраны природы Республики Таджикистан. Главное управление по гидрометеорологии и наблюдениям за природной средой, Душанбе, 2000, - 23 с.
30. Chub V.E. Water resources of the Central Asia under conditions of climate change/ in book: *Climate change and terrestrial carbon sequestration in Central Asia*. Ed: Lal R., Suleimenov M., Stewart B.A. and et al. Taylor & Francis/Balkema, London, UK, 2007, pp.67-74.
31. Схема комплексного использования реки Зеравшан. - 8с. minenergoprom.tj/barnoma/w11.doc.

32. Гордиенко В.Е. Гляциологический и геоморфологический очерк верховьев реки Ягноба / В кн. «Зеравшан» / Труды ледниковых экспедиций. -Т. 3.- 1936.
33. Давыдов Л.К. Зеравшанский ледник / Ученые записки ЛГУ / Серия география. Вып. 8-Л., 1952.
34. Давыдов Л.К., Пронин А.Г. Бассейны Зеравшанского ледника река Матча и ее верхние притоки / В кн. «Крупнейшие ледники Средней Азии -Ледники Федченко и Зеравшан». - ЛГУ. - Л., 1967.
35. Коновалов Е.П. Об области питания и строения Зеравшанского ледника // Известия государственного географического общества. Т. 67. - Вып. 5.-М., 1935.
36. Корженевский Н.Л. Некоторые новые данные о Зеравшанском леднике // Известия Всероссийского географического общества. Т. 80. -Вып. 5.-М., 1948.
37. Ледники –водные ресурсы Таджикистана в условиях изменения климата. Государственное Учреждение по гидрометеорологии Комитета охраны окружающей среды при Правительстве Республики Таджикистана, Душанбе, 2003, -34с.
38. Kayumov A. Glaciers of Tajikistan in condition of the Climate change. State Agency for Hydrometeorology of Committee for Environmental Protection under the Government of the Republic of Tajikistan, 2003, Dushanbe, -32p/
39. Коновалов В.Г., Вильямс М.В. Многолетние колебания оледенения и стока рек Центральной Азии в современных климатических условиях. Метеорология и гидрология, 2005, №9, сс. 69-83.
40. Насыров М.Н. Ледники бассейна реки Зеравшан. Ташкент,1972, -186 с.
41. Насыров М.Н, Хасанов Н.Г., Садиков К.Г., Камалов Л.Ф. Высокогорные озера бассейна реки Зеравшан. Изв. узбекского геогр. общества, Т.12, Ташкент, 1970.

42. Влияние изменения климата на водные ресурсы в Центральной Азии. Евразийский Банк Развития, 2009, - 42 с.
43. Влияние таяния ледников на состояние водных ресурсов в Центральной Азии. Отчет Регионального центра ООН по превентивной дипломатии для Центральной Азии, 11-12 апреля 2013 г., Алматы, Казахстан, - 48 с.
44. Khomidov A. Sh. Dynamics of glaciers and mountain lakes in Zeravshan River Basin. www.untj.org/index.php
45. Аналитический обзор. Состояние и перспективы интегрированного управления водными ресурсами бассейна реки Зерафшан. Проект ЕС-ПРООН (2009-2012): Содействие интегрированному управлению водными ресурсами и трансграничному диалогу в Центральной Азии, Душанбе, 2010, -95с.
46. Схема Комплексного использования и охраны водных и земельных ресурсов бассейна Аральского моря» по Таджикской ССР. Раздел «Мелиоративное и водохозяйственное развитие» Книга 1. Современное состояние орошаемого земледелия, Душанбе, 1990.
47. Рахмонов Ш. Т. Экономико-географические проблемы размещения производительных сил Таджикистана в условиях Трансформируемой экономики (на примере Зеравшанского региона). Автореф. дис. на соиск. уч. степени канд. географ. наук Душанбе, 2010.
48. Джонмахмадов М.П. Горный Зеравшан: проблемы использования ресурсного потенциала. Экономика Таджикистана: стратегия развития № 1. 2009. С. 59, 108,109,116,117,118,125.
49. Джураев К.Ш. Экономическое значение воды Республики Таджикистан (на тадж. языке) Издательство Душанбе, Ирфон 1971.
50. Курцер Г.Я. Стамов Г.Г. Рациональные проблемы повышения эффективности использования земельных ресурсов в Таджикистане. Проблемы эффективности производства, т. VI. Душанбе, Дониш, 1981.

51. Мадаманов А.А. Некоторые аспекты устойчивого развития сельского хозяйства. Проблемы экономического устойчивого развития АПК Таджикистана. Душанбе, 2001.
52. Максумов А.Н. Основные проблемы богарного земледелия Таджикистан. ч.1, Душанбе: Издательство АН Тадж. ССР, 1964
53. Маслякова Э. И. Совершенствование расселения и перспективы хозяйственного освоения горных районов (на пр. Таджикистана). Душанбе, 1990.
54. Мухаббатов Х., Умаров Х. Проблемы социально-экономического развития Ягнобской долины. Известия РАН. Серия географическая, 2009, г. №2, С.101-105.
55. Мухаббатов Х.М. Природно-ресурсный потенциал горных регионов Таджикистана. Москва 1999 С. 59,60.
56. Нарзикулов И.К., Поляруш Е.И. История формирования хозяйства Зеравшанской долины. Материалы по производительным силам Таджикистана, Т. VII, 1961 г. С. 43, 44,49,50.
57. Нарзикулов И. К. Поляруш Е. И. Характеристика современного состояния сельского хозяйства Зеравшанской долины. Материалы по производительным силам Таджикистана, т. VII. 1961-С.27.
58. Рахмонов Ш. Экономико-географическая оценка гидроэнергетических ресурсов Зеравшанского региона. Известия АН Республики Таджикистан. Отделение общественных наук. №1 2010г. С. 86-94.
59. Рахмонов Ш. Современное состояние и перспективы развития и размещения производительных сил Зеравшанского региона. Вестник Таджикского национального университета. 3(59). Душанбе: Сино, 2010, -С. 306-313.
60. Селиванов Р.И. Общая характеристика и схема геоморфологического районирования горной части бассейна р. Зеравшан. Материалы по производительным силам Таджикистана, вып. 2, 1964

61. Тагаев З.И. К вопросу изучения Зеравшанской долины. Материалы по производительным силам Таджикистана. Т. VII. 1961- С.6,7,15,20.
62. Тагаев З. И. К вопросу изучения Зеравшанской долины. Материалы по производительным силам Таджикистана, т. VII. 1961-С.21.
63. Ямпольский Э.В. Планирование использования целинных склоновых земель в сельском хозяйстве Зеравшанской зоны Таджикской ССР / Дисс. канд. экон. наук. Целиноград, 1983.
64. Ямпольский Э.В. Планировка горных сельскохозяйственных районов Таджикистана/ Вопросы землепользования, землеустройства и районной сельскохозяйственной планировки. Вып. 1,- Ташкент, 1972.
65. Ямпольский Э.В. Перспективы рационального использования горных территорий на примере Зерафшанской зоны / Материалы республиканской конференции молодых ученых и специалистов, посвященной 50-летию образования комсомола Таджикистана. Душанбе, 1975.
66. Ямпольский Э.В. Организаций сельскохозяйственных территорий и расселение в Зерафшанской зоне Таджикистана / Материалы республиканской конференции молодых ученых и специалистов, посвященной 50-летию образования комсомола Таджикистана. Душанбе, 1979.
67. Ямпольский Э.В. Вопросы развития плодоводства и лесоводства в Зерафшанской зоне. Региональные аспекты развития и размещения производительных сил Таджикской ССР. Душанбе, 1977.
68. Ямпольский Э.В. Перспективы сельскохозяйственного использования горных территорий на примере Зерафшанской зоны Таджикской ССР. Алма-Ата, 1978.
69. Кошлаков Г.В., Бабаев А.М., Джураев Д., Махмадалиев Б., Шокиров Б.У. Комплексное социально-экономическое развитие Зеравшанской горной подзоны. Проблемы социально-экономического развития Республики Таджикистан. Душанбе, 1998, сс.18-66.

70. Кошлаков Г.В., Мухаббатов Х.М., Джонмахмадов М.П. Вопросы использования природно-ресурсного потенциала Зеравшанской зоны Республики Таджикистан // Экономика Таджикистана: стратегия развития. -№2. Душанбе, 2004.
71. План интегрированного управления водными ресурсами и водосбережения для бассейна реки Зеравшан(2005-2009). Проект ПРООН: Узбекистан, 2009,-39с./ www.uz.undp.org.
72. Водно-энергетические вопросы Центральной Азии и взгляд Республики Таджикистан на их решение. www.tajikembassytr.org/eski/RU/tomain178.html.
73. Нурмахмадов Д.Н. Гидроэнергетика Таджикистана. Современное состояние и перспективы развития. – Сб. докл. Межд. Конф. “Состояние, проблемы и перспективы развития банковской системы с странах Центральной Азии на этапе перехода к рыночным отношениям”, Душанбе, Таджикистан, 16-17 июня 2005, с.12-16.
74. Рахимов А.Р. Предварительный отчет оценки воздействия на окружающую среду Яванской ГЭС в Республике Таджикистан/http://www.unece.org/fileadmin/DAM/env/eia/documents/Events/DushanbeFeb07/Dushanbe07_Rakhimov.pdf.
75. Всё о воде [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://all-about-water.ru/chemical-composition.php>.
76. Салимов Т. О. Управление качеством вод. Душанбе, 2001. – 191 с
77. Аналитический отчет: Качество воды в бассейнах рек Амударья и Сырдарья, Ташкент, 2011,- 80 с.
78. Чембарисов Э.И, Шодиев С.Р, Хожамуратова Р.Т. Исследования качества оросительных и коллекторно- дренажных вод Узбекистана с целью оценки их влияния на процессы засоления орошаемых земель //Мат-лы конф. ТИИМ. Ташкент,2007.
79. Чембарисов Э.И., Шодиев С.Р. Гидрохимическое районирование орошаемой зоны юго-запада Республики Узбекистан по качеству

коллекторно-дренажных вод //Роль молодежи в развитии научных исследований для водного хозяйства и мелиорации земель. Ташкент, САНИИРИ, 2008,-19с.

80. Шодиев С.Р., Чембарисов Э.И. Коллекторно-дренажные воды Юго-Западного Узбекистана // Проблемы освоения пустынь. 2007. № 4.
81. Чембарисов Э.И., Шодиев С.Р. Гидрохимическая характеристика речных вод юго-западного Узбекистана. Проблемы освоения пустынь, 2010, №1-2, сс.48-50.
82. Информация о результатах мониторинга экологического состояния приграничных районов Согдийской области Республики Таджикистан поручением Правительства Республики Таджикистан за №152779 (19-3) от 06.01.2007 года. <http://refdb.ru/look/3439604.html>.
83. Ежегодник Узгидромета (2009), Ташкент, 2009, -374с.
84. Ежегодник Узгидромета 2010), Ташкент, 2010, -324с.
85. Мамазарова К.С. Сезонное развитие индикаторно-сапробных водорослей нижнего течения бассейна реки Зеравшан (Республика Узбекистан), Альгология. 2014 24(1) , сс.67-74]
86. Информационный бюллетень о состоянии источников загрязнения и их влиянии на окружающую среду (2002-2003 гг.) Ташкент, Госкомприроды, 2004, -48с.
87. Тагаев З.И. Климат Зеравшанской долины. Материалы по производительным силам Таджикистана. Душанбе, 1964, вып.2, сс. 5-12. Баратов П.Б. Природные ресурсы Зарафшанской долины и их использование. Ташкент, 1977, -115с.
88. Темерев С.В., Индюшкин И.В. Химический мониторинг снежного покрова в области влияния Барнаула. Изв. Алтайского государственного университета, 2010, 3-1(67), сс.196-203
89. Василенко В.Н., Назаров И.М., Фридман Ш.Ф. Мониторинг загрязнения снежного покрова. Л.: Гидрометеиздат, 1985. - 182 с

90. Руководство по контролю загрязнения атмосферы: РД 52.04.186-89. М.: Гидрометеоздат, 1991. 693 с.
91. Борзенкова И.И., Брук С.А. О влияние вулканических извержений на изменение климата в позднеледниковые голоцене. – Труды ГГИ, 1989, вып. 347, с.40-56.
92. Traufetter F., Oerter H., Fischer H., et al. Spatio-temporal variability in volcanic sulphate deposition over the past 2 kyr in snow pits and firn cores from Amundsenisen, Antarctica.- J.Glaciol, 2004, vol. 50, No. 168, pp. 137-146.
93. Hammer C.U., Clausen H.B., Dansgaard W. Greenland ice sheet evidence of post-glacial volcanism and its climate impact. Nature, 1980, 288, pp. 230-235.
94. Керимов А.М., Рототаева О.В., Хмелевской И.Ф. Распределение тяжёлых металлов в поверхностных слоях снежно-фирновой толщи на южном склоне Эльбруса. - Лёд и Снег, 2011, № 2 (114), с.24-35.
95. ГОСТ 2874-82 Вода питьевая. Методы анализа. Гос. Комитет СССР по стандартам, М., Изд-во стандартов, 1984,- 239с.
96. Баканин Г.В., Трестман А.Г. Гидрология бассейна реки Зерафшан в пределах Таджикской ССР. Мат. По произв. Сил Таджикистана. Душанбе, 1964, вып.2, сс. 13-24
97. Химический состав воды. <http://all-about-water.ru/chemical-composition.php>
98. План интегрированного управления водными ресурсами и водосбережения для бассейна реки Зеравшан(2005-2009). Проект ПРООН: Узбекистан, 2009,-39с./ www.uz.undp.org.
99. Качество воды в бассейнах рек Амударья и Сырдарья. Аналитический отчет НИЦ МКВК. - Ташкент, 2011, -80 с.
100. В. В. Alihanov, “About a Condition of Environment and Use of Natural Resources in Republic of Uzbekistan (the Retrospective Analysis for 1988-

- 2007),” National Report of the State Committee for Nature Protection of the Re-public of Uzbekistan, Chinor, Tashkent, 2008
101. E. I. Chembarisov and S. P. Shodiev, “Mineralization of Collector-Drainage Waters of Uzbekistan,” The Problems of Development of Deserts, Vol. 4, 2007, pp. 22-25. (in Russian)
102. Kulmatov R., Opp Ch., Michael Groll, Kulmatova D. Assessment of Water Quality of the Trans-Boundary Zarafshan River in the Territory of Uzbekistan. J. Water Res. and Protection, 2013, No5, pp. 17-26
103. Tsukatani T., Katayama, Y. (2001): Baseline Study of Surface Streams of Zeravshan River Basins. Discussion Kier Paper. Joint Field Survey Expedition, 528. University, Kyoto, Japan, pp. 68.
104. Toderich K.N., Tsukatani T., Shuyskaya E.V., Khujanazarov T., Azizov A.A. Water quality and livestock waste management in the arid and semiarid zones of Uzbekistan. Proceedings of the University of Obihiro, 2005, pp.574-583.
105. Информационный бюллетень о состоянии источников загрязнения и их влиянии на окружающую среду (2002-2003 гг.). - Ташкент, Госкомприрода, 2004, -80с
106. Чембарисов Э. И., Бахритдинов Б.А. Гидрохимия речных и дренажных вод Средней Азии. Ташкент: Укутувчи, 1989,-232 с.
107. Хиогская рамочная программа действий на 2005–2015 годы: Создание потенциала противодействия бедствиям на уровне государств и общин//www.un.org/ru/documents/decl_conv/conventions/hyogoframework.k.shtml
108. Публ. ВМО №970, 2004, Женева, Швейцария,-с.13
109. Отчет ИАЦ Комитета по ЧС и ГО при Правительстве Республики Таджикистан” ЧС гидрометеорологического характера в Таджикистане в 2005-2008 гг.”, Душанбе, 2009,-30с
110. Публ. ВМО №974,2004, Женева, Швейцария, сс. 2-6

111. Норматов П.И., Армстронг Р., Норматов И.Ш. и др. Мониторинг чрезвычайных водных факторов и исследование антропогенной нагрузки промышленных объектов на качество воды в бассейне р. Зеравшан. Ж. Метеорология и гидрология, 2015, №5, сс.89-97.
112. Чембарисов Э.И. Современные гидрологические проблемы водных ресурсов Центральной Азии и пути их решения // Вода и устойчивое развитие. Бишкек, 2001, -82с.
113. Нургисаев С. У. // сб. докл. Научно-практич. конф. «Водные ресурсы Центральной Азии». Ташкент: НИЦ МКВК, 2002,- с.23.
114. Айтматов И. Т., Торгоев И. А., Алешин Ю. Г. // Вода и устойчивое развитие. Бишкек, 2001. с.25.
115. Джалалов А. А. Экологические аспекты управления водными ресурсами на реках – механизмы лимитирования и регулирования. Ташкент: НИЦ МКВК. 2001,- 24с.
116. Унифицированные методы анализа вод / Под. ред. Ю.Ю. Лурье. - М.: Химия, 1971. – 375 с.
117. Фрумин Г.Т. Оценка состояния водных объектов и экологическое нормирование. – СПб.: Синтез, 1998. – С.45-53.
118. Фрумин Г.Т. Экологическая химия и экологическая токсикология. Учеб. Пособие. – СПб.: РГГМУ, 2002.С.107-111.
119. Дмитриев В.В., Фрумин Г.Т. Экологическое нормирование и устойчивость природных систем. – СПб.: Наука, 2004. – 294 с.
120. Вода питьевая. Методы анализа. М.: Изд-во стандартов, 1984. – 239 с.