

На правах рукописи

УДК 540.4(282.255.434): 556.531

Норматов Парвиз Иномович

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

Специальность 25.00.36 — геоэкология (Науки о Земле)

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
кандидата географических наук

Санкт-Петербург 2016

Работа выполнена на кафедре экологии факультета экологии и физики природной среды Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский государственный гидрометеорологический университет» (РГГМУ)

Научный руководитель: **Фрумин Григорий Тевелевич**

доктор химических наук, профессор, кафедра экологии,
Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Российский государственный
гидрометеорологический университет»

Официальные оппоненты: **Субетто Дмитрий Александрович**

доктор географических наук, профессор, директор,
Институт водных проблем Севера Карельского
научного центра РАН

Несветова Галина Ивановна

доктор географических наук, ведущий научный
сотрудник, Федеральное государственное бюджетное
научное учреждение «Государственный научно-
исследовательский институт озерного и речного
рыбного хозяйства»

Ведущая организация: Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт озераведения РАН»

Защита состоится «__» _____ 2016 года в _____ на заседании диссертационного совета Д 212.197.03 при Российском государственном гидрометеорологическом университете по адресу: 195196, г. Санкт-Петербург, пр. Металлистов, д.3, аудитория 207.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Российского государственного гидрометеорологического университета

Автореферат разослан «__» _____ 2016 г.

Ученый секретарь

диссертационного совета Д 212.197.03,
доктор географических наук, доцент

Е.С. Попова

Общая характеристика работы

Актуальность темы исследования. В бассейне Аральского моря, на территории которого расположены пять государств, водные экосистемы 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 компонентов геоэкологической системы региона Центральной Азии - главных пользователей воды - часто становятся причиной возникновения конфликтных ситуаций между странами верховья и низовья трансграничных рек [Петров, Норматов, 2010]. 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 геоэкологических аспектов, а именно экологические и санитарно-гигиенические условия рек и больших каналов. Это было связано с тем, что указанная схема была направлена на обеспечение водой компонента ландшафтной геоэкологии, т.е. сельскохозяйственных земель, используемых для выращивания стратегического сырья – хлопка-сырца. Это привело к появлению новых серьезных геоэкологических 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 геоэкологии, 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 и нарушение геоэкологии 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 относительно качества водных артерий между сопредельными государствами Центральной Азии, не разработан единый стандарт по оценке степени антропогенной нагрузки на геоэкологические системы (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 Равот в 8-10 км от комбината на берегу реки Ягноб. В связи с изложенным, исследования, направленные на установление степени антропогенного влияния промышленных объектов, коммунально-бытовых и возвратных вод из сельскохозяйственных земель на качество воды реки Зеравшан и изучение процессов поступления химических элементов с ледниковыми стоками в реку, несомненно, представляются актуальными.

Мониторинг качества вод трансграничных рек, выявление источников антропогенной нагрузки и принятие адекватных мер по их устранению путем разработки современных методов может служить действующим инструментом для регулирования отношений между компонентами геоэкосистемы и важным элементом геоэкологического анализа проблем Центральной Азии и развития геоэкосистемы региона, выступить ключевым звеном в разработке основ рационального использования и охраны водных экосистем.

Степень разработанности проблемы. В бассейне реки Зеравшан до настоящего времени не проводились исследования защищенности геосистем от загрязнения в контексте геоэкологических проблем региона, систематические и комплексные исследования по мониторингу качества талых вод и вод реки Зеравшан и ее притоков. На настоящий момент вопрос качества вод трансграничных рек Центрально-Азиатского региона во взаимоотношениях стран верховья и низовья приобретает особую актуальность и представляет крупную геоэкологическую проблему. Возникла острая нехватка в выработке регламентирующих документов по взаимоотношению геоэкологических

компонентов 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 геоэкологические методы диагностики, статистические методы для обобщения, систематизации и обработки данных, методы отбора проб воды и снега для анализа и изотопной гидрологии. Определение химического состава вод и физические свойства выполнены согласно стандартным нормативным критериям качества воды (ПДК). В работе широко использованы данные наблюдений на трансграничной реке Зеравшан и ее притоках концентраций 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 диссертационной работы заключается в следующем:

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. Установлено, что содержание тяжелых металлов в реке Зеравшан существенно ниже предельно допустимых концентраций.
2. 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.
3. Впервые с использованием длинноволновой сканирующей спектроскопии проведен анализ изотопного состава молекул воды рек Сабаг, Ярм, Самджон, Тро, Дехавз, Дехаданг, Гузн и Даштиобурдон, 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 определять концентрации загрязняющих химических веществ, поступающих в водотоки с промышленными, коммунально-бытовыми и коллекторно-дренажными сточными водами. Методика характеризуется универсальностью и может успешно применяться для оценки загрязняющей роли различных антропогенных источников.

Результаты исследований внедрены в тематические планы Института водных проблем, гидроэнергетики и экологии Академии наук Республики Таджикистан и Агентства 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 исследования докладывались и обсуждались 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 автором результатов мониторинга качества 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, заключения, изложена на 143 страницах основного текста и включает 36 рисунков и 16 таблиц. Список использованных источников включает 120 наименований, в том числе 13 иностранных.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность темы, кратко изложены предмет и объект исследований, структура диссертации, сформулированы цель и задачи работы, определена научная и практическая значимость проведенных исследований, приведены основные положения, выносимые на защиту, а также описан личный вклад автора.

В главе 1 подробно описываются геоэкологические, гидрографические особенности, водные ресурсы и метеорологические условия бассейна реки Зеравшан. Особое внимание уделено водным экосистемам и метеорологическим условиям бассейна, гидрогеоэкологическим характеристикам реки Зеравшан и ее притоков, динамике их изменения с начала 50-х годов прошлого столетия до настоящего времени. Учитывая особую роль ледников как аккумуляторов воды и главных источников для питания рек в данной главе подробно описано их современное состояние и их поведение в условиях глобального изменения климата.

Представлены результаты анализа работ отечественных и зарубежных авторов, посвященные различным геоэкологическим аспектам водной экосистемы бассейна, в частности гидрохимии рек. Проанализированы потенциальные источники загрязнения реки Зеравшан и ее притоков на верховьях - зоне формирования стока и в низовьях - зоне рассеяния стока.

Бассейн реки Зеравшан является природообразующей горной экосистемой долины Зеравшан, характеризующейся широким разбросом водных и наземных экосистем на высотах от 400 до 2500 м ниже уровня моря и включающий в себя части различных геоэкосистем. Экологическое состояние водосбора реки Зеравшан и ее притоков и протекающие в них геоэкологические процессы в достаточной степени отражаются в показателях качества вод.

В главе 2 представлена характеристика информационного массива, указывающая об источниках использованных в диссертационной работе данных, полученных 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” (2008-2011 гг.), 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.

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 г. по 2014 г. в бассейне реки Зеравшан для определения содержания загрязняющих веществ на 75 точках геоэкологического мониторинга было отобрано: 877 проб речной воды; 186 проб снежного покрова; 182 пробы коллекторно-дренажных вод; 225 проб сточных вод горно-обогатительного комбината и 115 проб вод из оросительных каналов.

Информационный массив химико-аналитических определений, полученный по результатам исследований в бассейне реки Зеравшан за период с 2002 г. по 2014 г., включает более 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 рН; 1174 записи значений концентрации растворенного кислорода; 1585 записи 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 SiO₂; 1288 записей 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 SO₄⁻²; 1585 записей значений концентрации NO₃⁻; 1585 записей значений концентрации Cl⁻; 1585 записей значений концентрации PO₄⁻; 225 записей значений концентрации кадмия; 225 записей значений концентрации мышьяка; 225 записей значений концентрации ртути, 225 записей значений концентрации сурьмы и 150 записей изотопного состава воды (¹⁸O, ²H).

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.

Водосборный бассейн реки Зеравшан вытянут в широтном направлении между Туркестанским и с юго-востока гребнями Гиссарского и Зеравшанского хребтов. На западе в 28-30 км ниже города Пенджикент река Зеравшан пересекает границу и течет по территории Республики Узбекистан. Общая длина реки Зеравшан 877 км, из которой 303 км пролегает на 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 Искандердаря (длина 21 км, площадь бассейна 974 км²). 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 (Фондарья, Кштут, Могияндарья). Схема расположения притоков на самом верховье реки Зеравшан, близкие к леднику Зеравшан, были объектами исследований (рис. 1).

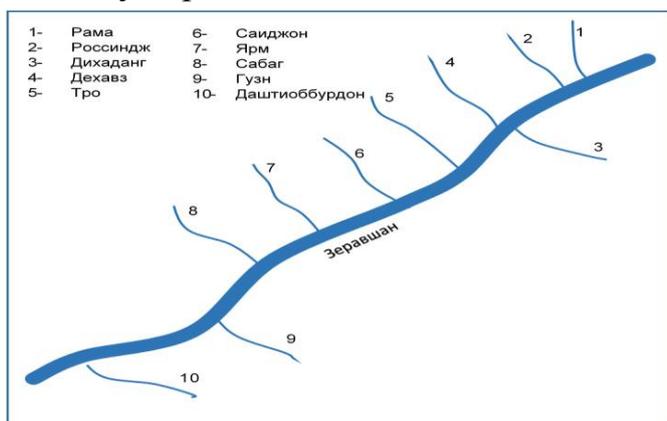
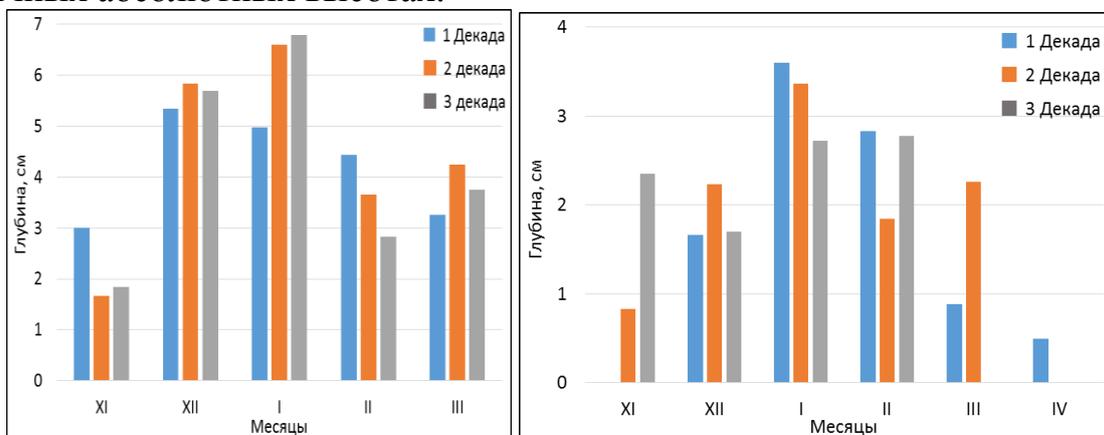


Рис 1. Схема расположения притоков реки Зеравшан от ледника Зеравшан

Для установления степени влияния Анзобского горно-обогатительного комбината на гидрохимические компоненты геоэкосистемы

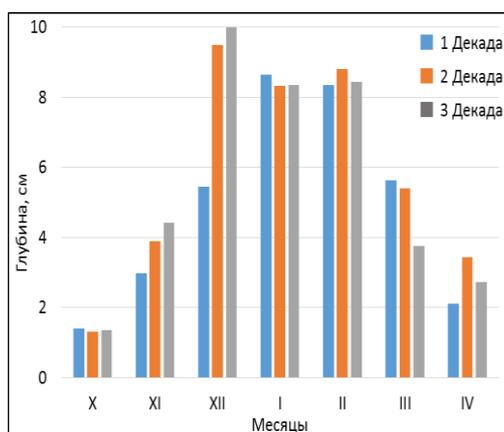
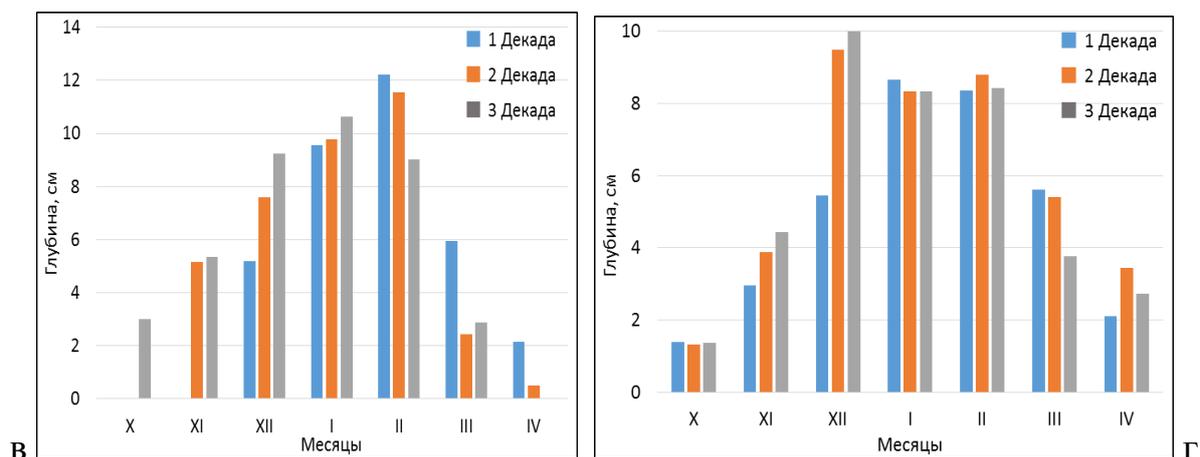
бассейна реки Зеравшан проводились отборы проб воды в двух местах, расположенных соответственно до и после хранилища сточных вод комбината в течение 2008-2014 годов с периодичностью три раза в месяц. По разнице результатов анализов проб из двух точек можно однозначно рассуждать о влиянии комбината на качество вод реки Зеравшан.

В главе 3 представлены результаты определение высоты снежного покрова в высокогорной геоэкологической системе бассейна реки Зеравшан на метеорологических станциях Пенджикент (1015 м), Сангистон (1521м), Искандеркуль (2204 м), Мадрушкат (2254 м) и Дехавз (2564 м). Выбор именно этих станций обусловлен тем, что нам представлялось важным изучение высотной зависимости формирования снежного покрова. Было установлено, что количество осадков не проявляет функциональную зависимость от высоты расположения местности. На рис. 2 представлены декадные значения снежного покрова, измеренные на метеорологических станциях, расположенных на различных абсолютных высотах.



а

б



Д

Рис. 2. 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. 2, свидетельствует об отсутствии зависимости высоты снежного покрова от абсолютной высоты местности их залегания. Высота снежного покрова на метеорологической станции Искандеркуль, расположенного на высоте 2204 м, достигает 12 см и немного выше показателя на станции Дехавз, расположенной на высоте 2564 м. Максимальное значение высоты снежного покрова на станции Пенджикент в третьей декаде января составляет около 7 см и больше чем соответствующее значение 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. Известно, что ледники являются аккумуляторами атмосферных аэрозолей, мелких дисперсных химических элементов и их соединений.

Представляет значительный интерес информация о составе аккумулярованных на высокогорной геоэкосистеме Зеравшана различных

химических элементов и соединений и их транспортировка из самой зоны водосбора реки, т.е. из ледников бассейна реки Зеравшан. Выбор снежного покрова в качестве естественного индикатора загрязнения геоэкосистемы актуален тем, что снег при формировании эффективно сорбирует примеси из атмосферы и депонирует сухие пылевые выбросы техногенных источников [Темерев, Индюшкин, 2010]. Согласно [Василенко и др., 1985] 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 и 4 представлены результаты химических анализов состава сезонных снегов на ледниках Рама, Зеравшан, Россинч бассейна реки Зеравшан.

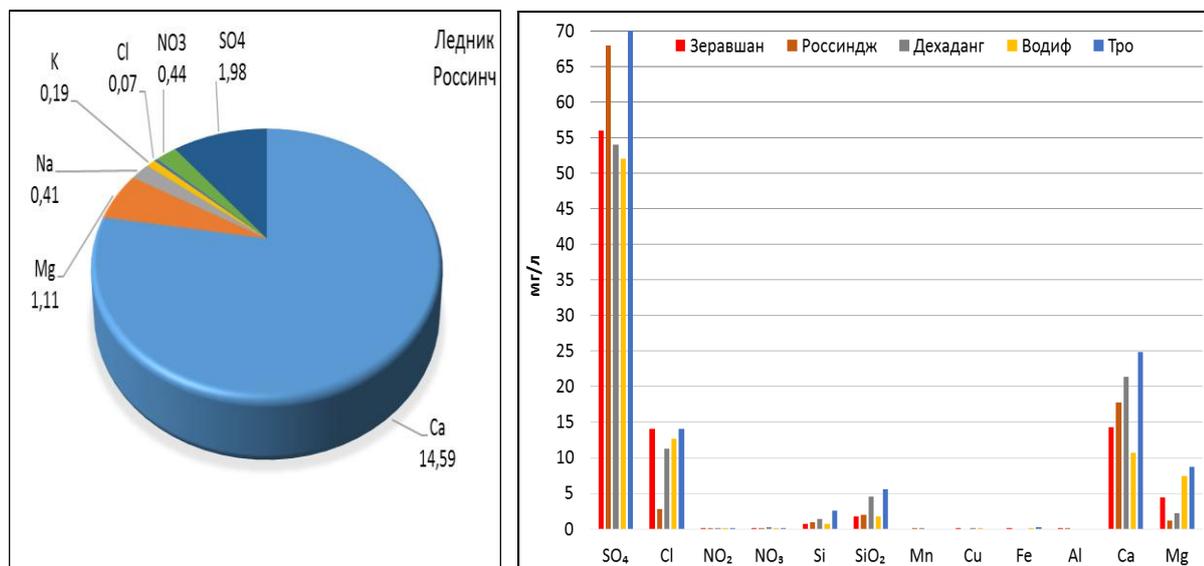
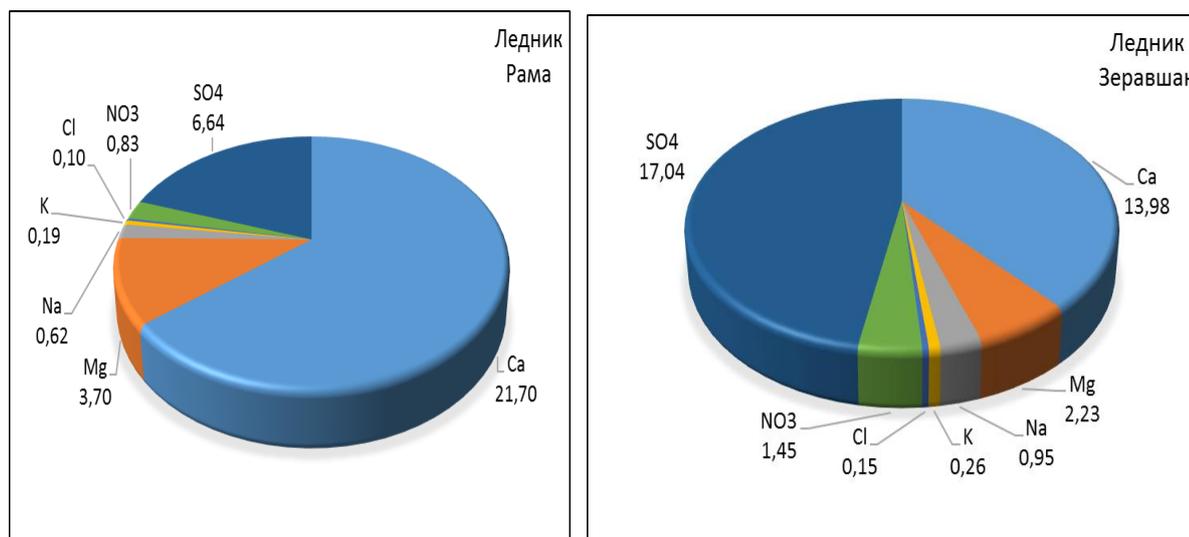


Рис. 3. Химический состав сезонных снегов на ледниках бассейна реки Зеравшан

Рис. 4. Содержание химических элементов в сезонных снегах ледников бассейна реки Зеравшан

Из рис. 3 и 4 видно, что на исследованных нами ледниках преобладает присутствие анионов SO_4^{2-} , NO_3^- , Cl^- и катионов Ca^{2+} и Mg^{2+} .

Полученные результаты можно объяснить в рамках представлений о стратосферном аэрозольном слое, как неразрывной части геоэкологической системы, состоящей из мельчайших капель серной кислоты, которые были сформированы в начале 60-х годов прошлого столетия [Борзенкова, Брук, 1989].

Для установления механизмов взаимодействия компонентов геоэкологии - транспортировки депонированных в сезонных снегах загрязняющих веществ в притоки и далее в основное течение реки Зеравшан был проведен комплекс физико-химических исследований состава вод основных притоков реки Зеравшан.

Уровень земледелия на верховьях реки Зеравшан, определяемый 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. 5 представлены некоторые результаты химических анализов водных объектов среднего течения реки Зеравшан.

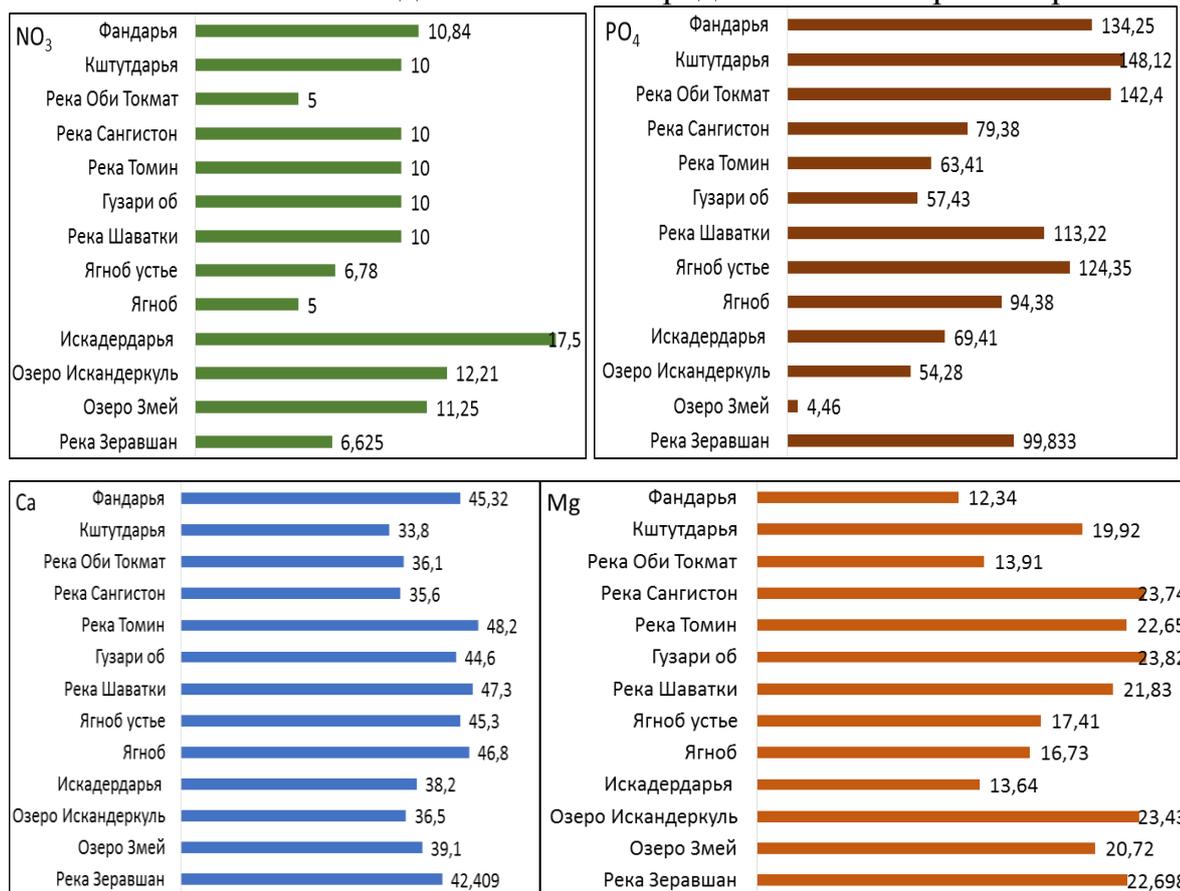




Рис. 5. Результаты химических анализов водных объектов среднего течения реки Зеравшан

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.

На рис. 6 представлена динамика концентраций ионов вдоль реки Зеравшан.

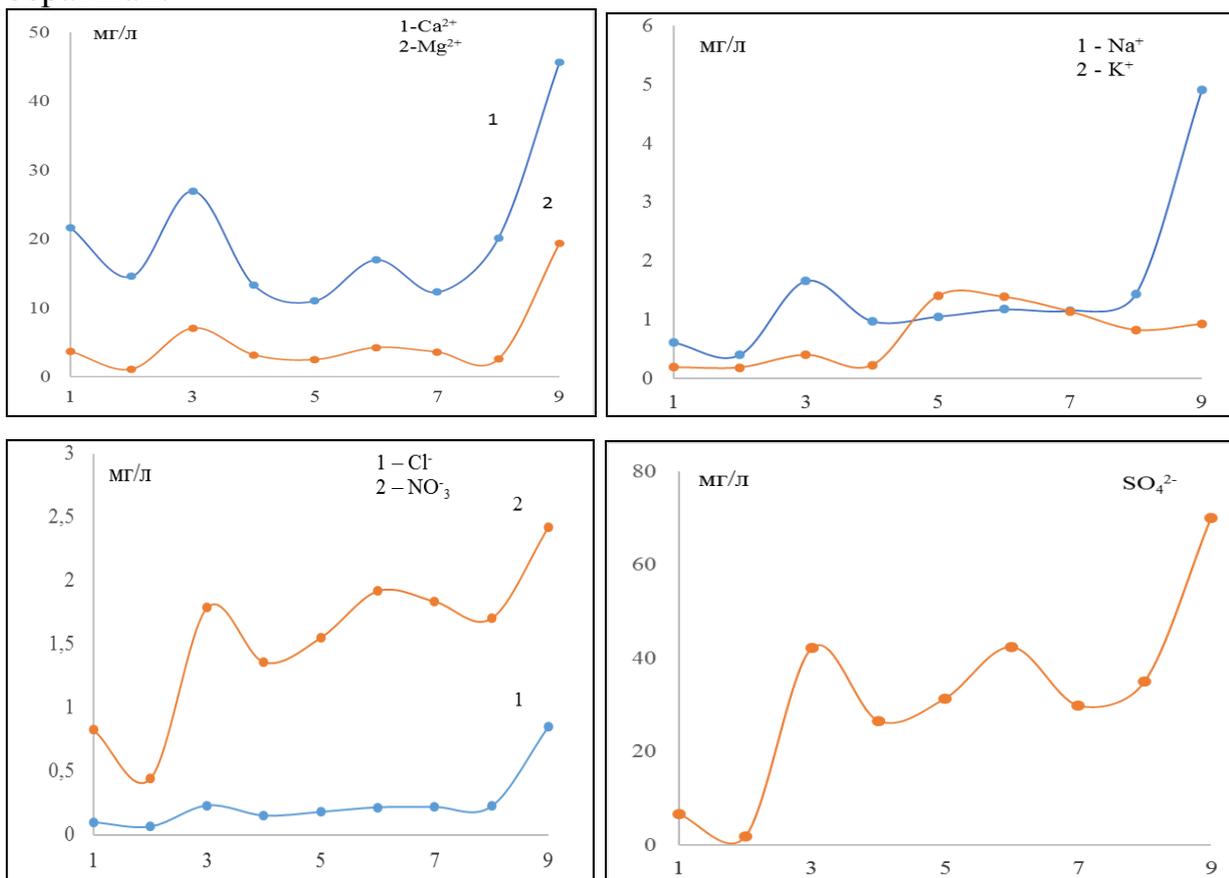


Рис. 6. Динамика ионного состава вдоль реки Зеравшан

Данные, приведенные на рис. 6, свидетельствуют о существенном увеличении концентраций катионов натрия, кальция, а также нитрат- и сульфат- ионов вдоль реки Зеравшан, обусловленное выветриванием минеральных пород. На основе полученных результатов можно утверждать, что геоэкологические процессы, протекающие при взаимодействии отдельных компонентов геоэкологии, способствуют нарушению экологического равновесия и стимулируют протекание процессов в них.

В главе 4 представлены результаты исследований процессов изменения состава подземных вод при инфильтрации поверхностных вод, гидрохимии среднего течения реки Зеравшан и влияние сточных вод Анзобского горно-обогатительного комбината. При этом следует иметь в виду, что любая геоэкологическая компонента характеризуется определенным значением своей защищенности. Например, защищенность подземных вод от поверхностных загрязняющих веществ обеспечивается главным образом геологической средой. В первом приближении величину обратную коэффициенту инфильтрации геологической среды можно принять за показатель защищенности компонента геоэкологической системы из двух компонентов. Это напоминает процесс геоэкологического капсулирования одного компонента другим, которая может выступить как средство для регулирования отношений между двумя взаимодействующими геоэкологическими компонентами.

Было установлено, 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. 7 и 8 представлены изменения состава подземных вод - источников водоснабжения сельского населения в зависимости от сезона года и количества атмосферных осадков. Из рис. 7 и 8 видно, что летом разница содержания хлоридов в поверхностных и подземных водах весьма ощутима. Осенью при увеличении атмосферных осадков наблюдаемая летом большая разница содержания хлоридов в поверхностных и подземных водах нивелируется. Такая картина наблюдалась и в случае других анионов (нитратов, сульфатов).

Учитывая актуальность проблемы качества воды трансграничной реки Зеравшан во взаимоотношениях двух соседних государств, а также для получения полной информации о состоянии качества вод в 2008-2012 гг. проводились исследования качества воды реки Зеравшан в рамках международного проекта, финансируемого фондом Фольксвагена, результаты которых представлены в табл. 1. Для установления степени влияния Анзобского горно-обогатительного комбината на изменение химического состава воды реки Зеравшан в течение 2008-2012 годов проводился отбор проб

воды в пунктах, расположенных, соответственно, до (1) и после хранилища (2) сточных вод комбината, с периодичностью три раза в месяц.

На рис. 9 и 10 обобщены результаты химического анализа проб, отобранных, соответственно в пунктах 1 и 2.

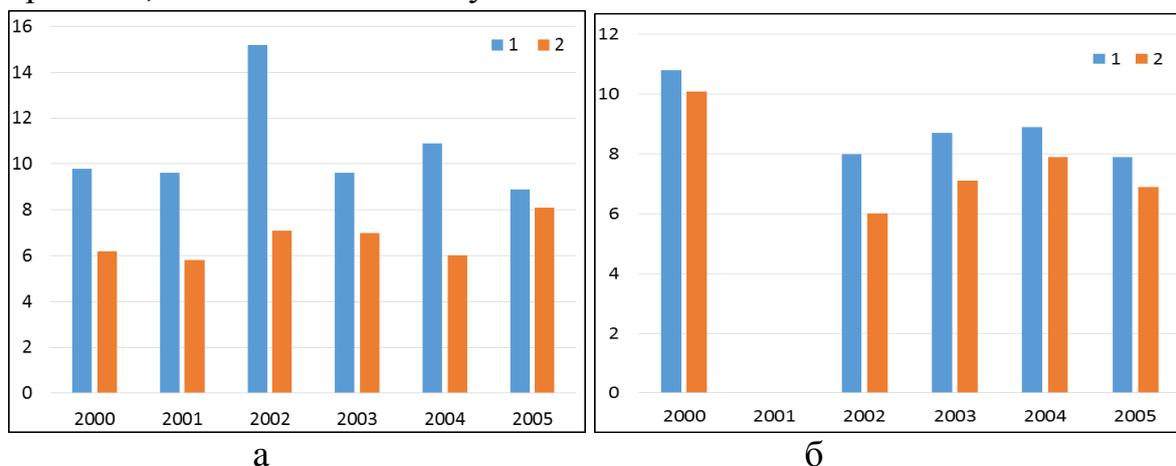


Рис. 7. Среднее значение содержания хлоридов (мг/л) в составе подземных вод в летний (а) и зимний (б) сезоны

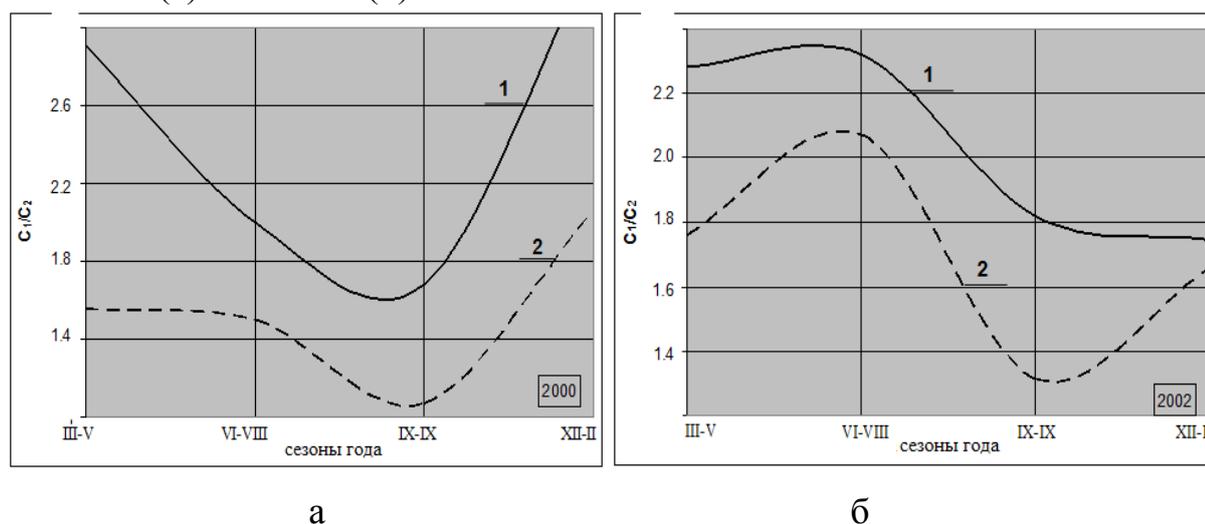


Рис. 8. Относительное изменение содержание хлоридов (а) и нитратов (б) в подземных водах в зависимости от сезона года

Таблица 1 - Состав и свойства воды реки Зеравшан в 2009 г.

Т, °С	рН	χ, мкСм/см	O ₂	NO ₃ ⁻	PO ₄ ³⁻	Zn ²⁺	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

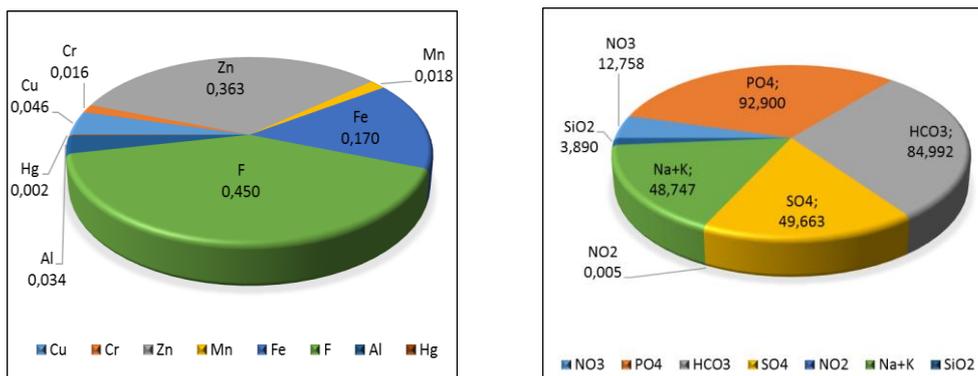


Рис. 9. Результаты химических анализов проб воды реки Зеравшан, отобранных до хранилище сточных вод АГОКа

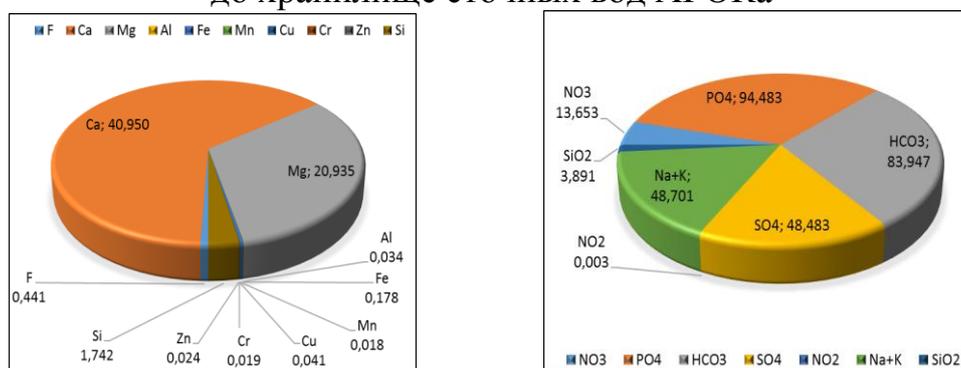


Рис. 10. Результаты химических анализов проб воды реки Зеравшан, отобранных после хранилище сточных вод АГОКа

Из сравнения рис. 9 и 10 становится очевидным, что река Зеравшан не загрязняется сбросами Анзобского горно-обогатительного комбината. Содержание тяжелых металлов в реке Зеравшан меньше установленной для них предельно допустимой концентрации (ПДК). Поскольку их содержание в составе проб варьируется в пределах ошибки измерений, они опущены из рисунков.

В главе 5 представлены результаты экологического мониторинга в низовьях реки Зеравшан и определения основных источников загрязнения. На примере двух горных районов бассейна реки Зеравшан рассчитаны общие

экономические затраты, вызванные чрезвычайными ситуациями, связанными с водными факторами. Для урегулирования вопросов качества воды трансграничных рек предложена схема Межгосударственной координационной комиссии качества воды.

В низовьях вода реки Зеравшан в основном загрязняется коллекторно-дренажными водами. Учитывая это контроль качества воды в низовьях реки оценивали по изменению концентрации неорганических соединений (нитратов, фосфатов) и степени минерализации измерением электропроводности воды. На рис. 11 представлены значения электропроводности вод на различных участках стока реки Зеравшан и коллекторно-дренажных каналов на территории Республики Узбекистан. Стрелками на рис. 11 показаны экстремумы значений электропроводности в коллекторах и каналах, свидетельствующие о высокой степени минерализации вод.

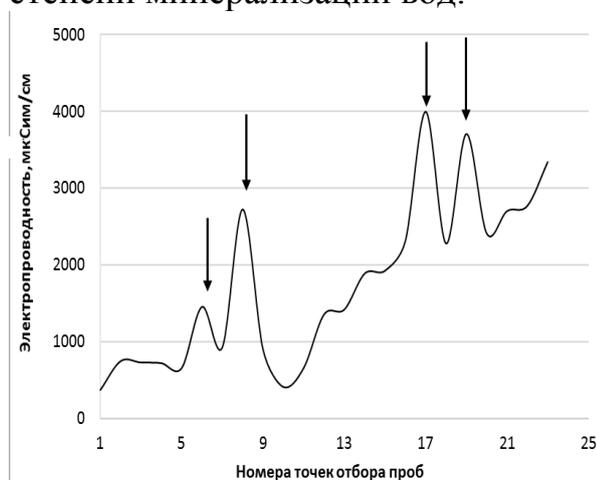


Рис. 11. Влияние коллекторно-дренажных вод на качество вод реки

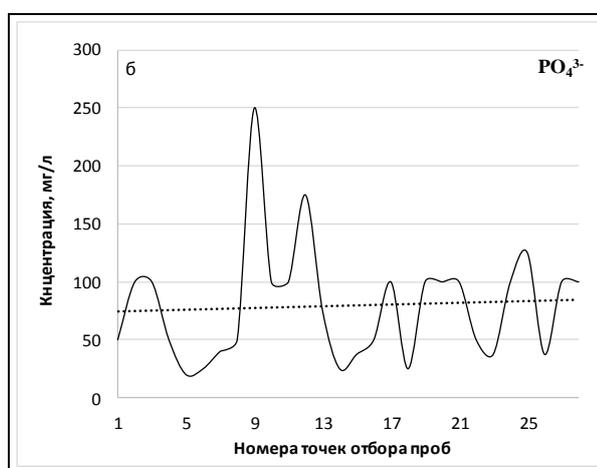
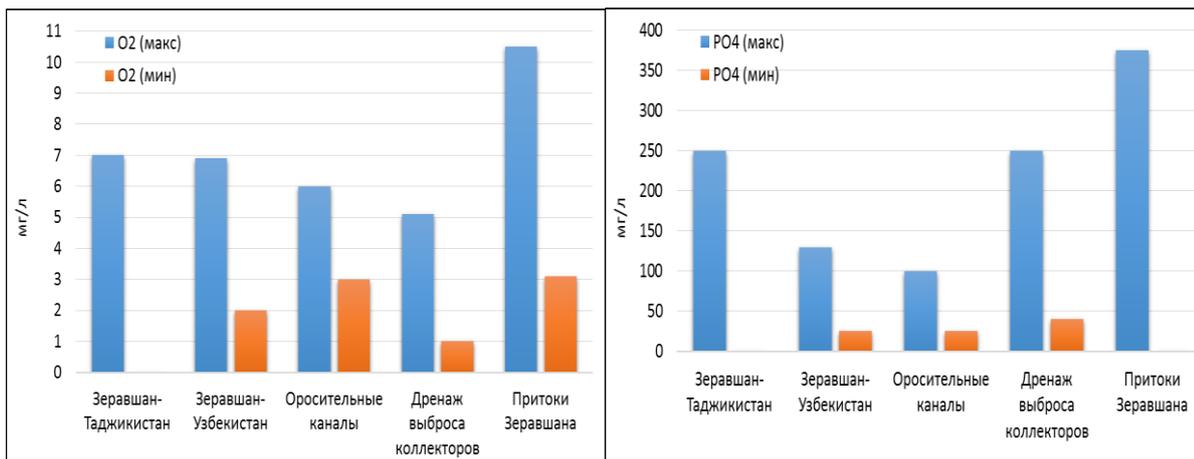


Рис. 12. Изменение фосфатов по длине реки Зеравшан

Полученные результаты свидетельствует о том, что минерализация вод реки Зеравшан главным образом происходит в низовьях реки на территории Республики Узбекистан. Наблюдаемое на рис. 12 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 с балансом 22 млн. т руды, прогнозируемые запасы которого составляют 60 млн т.

На рис. 13 (а, б) и 14 представлены минимальные и максимальные значения концентраций кислорода, фосфатов и нитратов в р. Зеравшан, ее притоках, в ирригационных каналах и коллекторно-дренажных водах на территории Узбекистана, соответственно.



а

б

Рис. 13. Минимальные и максимальные значения кислорода(а) и PO_4^{-3} (б) в р. Зеравшан, ее притоках, в ирригационных каналах и коллекторно-дренажных водах на территории Узбекистана

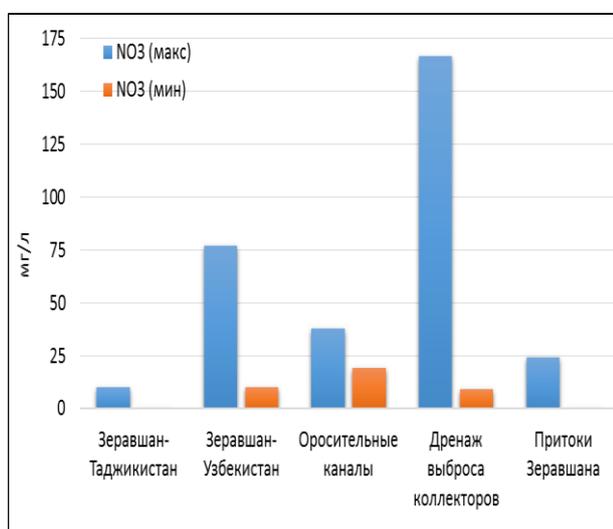


Рис.14. Минимальные и максимальные значения нитратов в р. Зеравшан, ее притоках, в ирригационных каналах и коллекторно-дренажных водах на территории Узбекистана

Для Республики Таджикистан, 93% территории которой занимают горы, геозкологические риски и ЧС природно-антропогенного характера, связанные с значительными геозколого-экономическими ущербами приобретают особое значение.

Только за период 2005-2008 гг. по всей республике были зафиксированы более 700 ЧС природного характера, около 80% которых связаны с гидрометеорологическими факторами. Из них более 45% составляет формирование селевых потоков в предгорных районах страны.

В геозкологической емкости территории бассейна реки Зеравшан доминируют крутые горные вершины, селеопасные и лавиноопасные участки занимают широкие территории и

чрезвычайные ситуации в среднем составляют более 150 случаев в год или около 7% от общего количества по всей территории республики. При этом большинство населений бассейна, а именно население районов Айни и Пенджикент, ежегодно несут большие геозколого-экономические, а иногда и человеческие потери [Норматов и др., 2015].

На рис. 15 и 16 представлены результаты обобщения размеров экономических ущербов и человеческих жертв в соответствующих районах за период 2002-2005 гг.

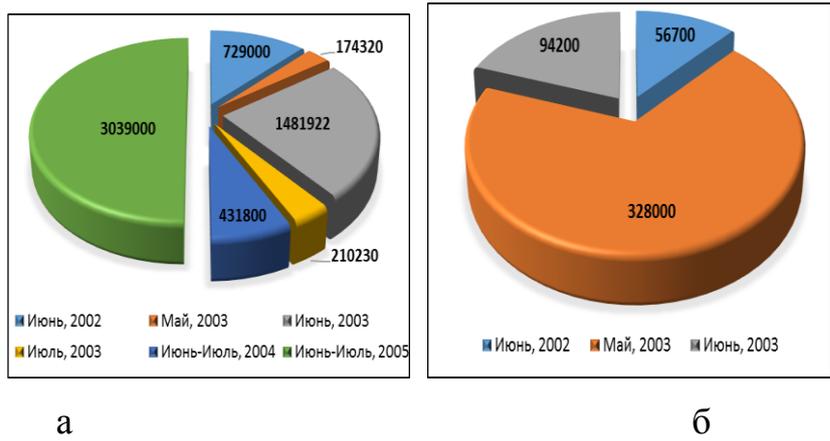


Рис. 15. Размеры экономического ущерба (в долл. США) от наводнений в районах Пенджикент (а) и Аини (б) Зеравшанской долины

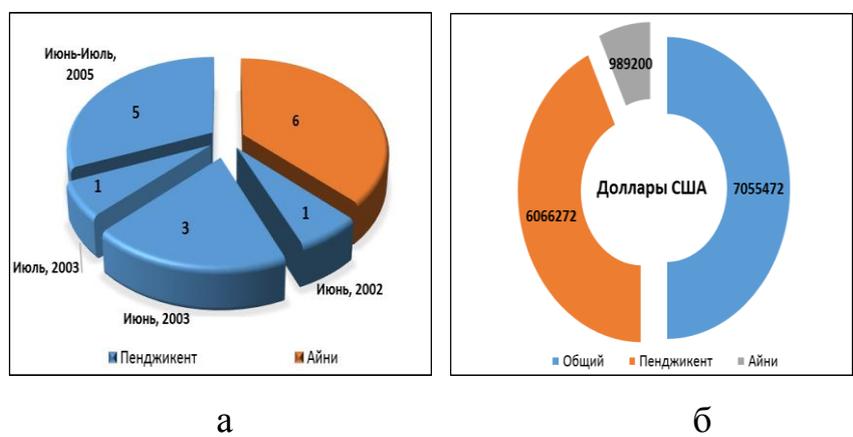


Рис. 16. Количество человеческих жертв (а) и общий экономический ущерб (б) районов Аини и Пенджикент при наводнениях 2002-2005 годов

Из рис. 16 видно, что размер экономического ущерба от чрезвычайных ситуаций 2002-2005 гг. только в двух районах Аини и Пенджикент Зеравшанской долины является весомым и составляет более семи миллионов долларов США, который включает ущербы для 17 отраслей хозяйства двух районов.

В заключении приведены основные результаты и выводы, полученные в ходе исследования:

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.

Список работ, опубликованных по теме диссертации

1. **Норматов П.И. Качество воды реки Зеравшан и химический анализ сезонных снегов на ледниках бассейна реки Зеравшан/П.И. Норматов// Вестник Тадж. нац. ун-та. - 2015.-Т.1.- №1(102). - С. 306-310.**

2. **Норматов П.И. О необходимости адаптации сельского хозяйства в горных местностях к современным условиям изменения климата /П.И. Норматов // Вестник Тадж. нац. ун-та. - 2015. Т.1.- №3(164). - С.277-282.**

3. **Норматов П.И. Мониторинг чрезвычайных водных факторов и исследование антропогенной нагрузки промышленных объектов на качество водной артерии бассейна реки Зеравшан / П.И. Норматов, Р. Армстронг// Ж. Метеорология и гидрология. - 2015. - №5. - С.89-97.**

4. **Норматов П.И. Сравнительный анализ гидрохимических показателей верховья и низовья трансграничной реки Зеравшан/ П.И. Норматов, Г.Т. Фруммин // Ученые записки РГГМУ. – 2015. - №39. - С. 181-188.**

5. Parviz Normatov. The state of glaciers of Tajikistan and adaptation of economic activities in condition of Global warming / P. Normatov // The book of Abstracts. International Workshop “Mass balance measurements and modeling”, 26-28 March 2008, Skeikampen, Norway. P.50A020.

6. Parviz Normatov. Calculation methods for determination of main Characteristic of the Mountain water objects/ P. Normatov// Proc. 12th Biennial Conference of Euro Mediterranean Network of Experimental and Representative Basins (ERB)

HYDROLOGICAL EXTREMES IN SMALL BASINS, Cracow, September 18-20, 2008. P. 251-253.

7. Parviz Normatov. Influences of inorganic catalyst on the kinetics of water disinfection by gaseous oxidant/ P. Normatov// Abstract of 5th IWA Specialist Conference Oxidation Technologies for Water and Wastewater Treatment, March 30 – April 1, 2009, Berlin, Germany. CUTEC-Serial Publication No72.ISBN 978-3-89720-990-9. P.66.

8. Parviz Normatov. A new method for decreasing of the Nitrate concentration in potable waters/ P. Normatov, A. S. Rajabova, U. Tolibova// The book of Abstracts. International Workshop “Towards new methods to manage Nitrate pollution within the water Framework Directive (UNESCO)”, 10-11 December 2009, Paris, France. P.41-42.

9. Parviz Normatov. Measures, taken for preparing underground water sources to be used in case of emergency/P. Normatov, N. Nasirov// The book of Abstract. 13th International Specialized Conference: Diffuse pollution and integrated watershed management, 12-15 October 2009, Seoul, Korea. P. 211.

10. Parviz Normatov. Development of Information systems in regulation of water energy relations between countries of Central Asian Transboundary river basins/ P. Normatov//Red Book. IAHS Publ. 331, 2009. P. 494-499.

11. Parviz Normatov. Role of the Information Technology in water quality management and social economical estimation of the Flood impacts in Mountain regions of the Central Asia/P. Normatov, O.S. Bokiev, K.F. Emomov// Proc.2nd International Conference: Integrated water resources management and challenges of the Sustainable Development, 24-26 March 2010, Agadir, Alger.,P.505-509.

12. Parviz Normatov. Investigation of the underground sources of potable water chemical properties and influence of drainage waters on degree of their mineralization/P. Normatov, A. Rajabova// Proc. 12th World Wide Workshop for young environmental scientists (WWW-YES 2012) “Urban water: resources or risks?” 21-25 May 2012, Arcueil, France. P. 124-130.

13. Parviz Normatov. The impact of Water Reservoirs on Biodiversity and Food Security. Creation of Adaptation mechanisms/ P. Normatov// J. Global Perspective on Engineering Management (GREM). - 2012. - V.1. - Issue 1. - P.21-25.

14. Parviz Normatov. Monitoring and Analyses of impact of the industrial complexes on water quality of the Central Asian Transboundary Rivers/ I. Normatov, Ch. Opp, P. Normatov// Proc. 6th International Conference “Water Resources and Environment Research. Water & Environmental Dynamics”, 3-7 June 2013, Koblenz, Germany, pp. 212-229.

15. Parviz Normatov. Estimation of the Carbon Dioxide formation in heat-power complex of the Central Asia and prospective of development of Hydrogen power engineering/ I. Normatov, N. Narzulloev, Parviz Normatov et al// J. Env. Sci & Eng. - 2013. - B2. – P. 61-67.

16. Parviz Normatov. Modern adaptation approach of water consuming branches to climate changes and degradation of glaciers/ P. Normatov// Proc. Regional Workshop

- AASSA “Sustainable development of Asian Countries, water resources and biodiversity under climate change”, 19-22 August 2013, Barnaul, Russia. P. 28-36.
17. Parviz Normatov. Social and ecological aspects of the water resources management of the Transboundary Rivers of the Central Asia/ P. Normatov// Red Book. IAHS Publ. 364, 2014. P.441-445.
18. Parviz Normatov. Quantitative estimation of Human intervention Rivers on quality of waters of the Transboundary Rivers of the Central Asia/ I. Normatov, P. Normatov// the book of Abstracts. Goldschmidt, 8-13 June 2014, California. P. 1827.
19. Норматов П.И. Риски, связанные с водными факторами в бассейнах Трансграничных рек/ П.И. Норматов, Курбанов Н.Б //Сб. Трудов VIII Международной конференции молодых ученых и талантливых студентов “Водные ресурсы, экология и гидрологическая безопасность”, 25-27 июня 2014, Москва. С.41-44.
20. Parviz Normatov. Monitoring Impact of industrial complexes on water quality and chemical analyses of seasonal snow of the Zarafshon River Basin glaciers/P. Normatov//Proc.16th Annual Conference of the International Association for Mathematical Geosciences, Jawaharlal Nehru University, 17-20 October 2014, New Delhi, India. P.208-2012.