

ТАДЖИКСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

На правах рукописи

УДК 540.4(282.255.434):556.531

Муминов Абулкосим Оманкулович

**ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ЗАГРЯЗНЕННОСТИ
ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД БАССЕЙНА РЕКИ ВАХШ И ВЛИЯНИЕ
ВОДОХРАНИЛИЩ НА КЛИМАТИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ
ПРИБРЕЖНЫХ РАЙОНОВ**

Специальность 25.00.36 - Геоэкология (Науки о Земле)

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
кандидата географических наук

Санкт-Петербург

2020 г.

Amudarya River./ I. Normatov, **A. Muminov**, P. Normatov and R. Normatova.
// International Proceedings of Chemical, Biological and Environmental Engineering/ (IPCBEЕ, ISSN: 2010-4618), Rome, Italy July 18-20, 2017.

17. Inom Normatov, **Abulqosim Muminov**, Parviz Normatov. The Chemical and Isotope Methods Application for Risk Assessment Contamination of the Main Tributaries of the Transboundary Amudarya River// International Proceedings of Chemical, Biological and Environmental Engineering, V01. 101 (2017), DOI: 10.7763/IPCBEЕ. 2017. V101.16, ISSN: 2010-4618, pp. 113-120.
18. Мирзохонова С.О. Гидрограф трансграничной реки Пяндж и его больших притоков / Мирзохонова С.О., **Муминов А.О.**, Шарипов Дж. Г. // Наука и инновация. Научный журнал. -2017.-№3 С.95-101.
19. Мирзохонова С.О. Изменение расхода воды в верховье трансграничной реки Пяндж /Мирзохонова С.О., **Муминов А.О.**, Мирзохонов О.В. //Наука и инновация. Научный журнал. -2017.- №4. С.75-80.

Работа выполнена на кафедре метеорологии и климатологии физического факультета Таджикского национального университета.

- Научный руководитель:** **Фрумин Григорий Тевелевич**
доктор химических наук, профессор, кафедра геоэкологии, природопользования и экологической безопасности, ФГБОУ ВО «Российский государственный гидрометеорологический университет» (РГГМУ)
- Научный консультант:** **Норматов Парвиз Иномович**
кандидат географических наук, старший научный сотрудник лаборатории водных ресурсов и гидрофизических процессов Института водных проблем, гидроэнергетики и экологии АН Республики Таджикистан
- Официальные оппоненты:** **Егоров Александр Николаевич**,
доктор географических наук, ведущий научный сотрудник. ФГБУН «Институт озерадения РАН»
Зеленукина Елена Сергеевна,
кандидат географических наук, доцент кафедры экологической безопасности телекоммуникаций ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М.А. Бонч-Бруевича»

Ведущая организация: ФГБОУ ВО «Российский государственный педагогический университет им. А.И. Герцена»

Защита состоится «__» _____ 2020 года в ____ на заседании диссертационного совета Д 212.197.03 в Российском государственном гидрометеорологическом университете по адресу: 195196, Санкт-Петербург, проспект Металлистов 3, аудитория 207.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Российского государственного гидрометеорологического университета или на сайте <http://www.rshu.ru/university/dissertations/>.

Отзывы на автореферат в двух экземплярах, заверенный печатью учреждения, просим направлять по адресу 192007, Россия, Санкт-Петербург, ул. Воронежская, д. 79, Российский государственный гидрометеорологический университет, Диссертационный совет Д 212.197.03, Ученому секретарю.

Автореферат разослан «__» _____ 2020 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета,
кандидат военных наук, доцент

Соколов А.Г.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность исследования. Энергетический аспект рек с действующими гидротехническими объектами и богатым запасом гидроэнергетических ресурсов главным образом определяется двумя ключевыми факторами. Во-первых, водностью реки, расходом воды и во – вторых, стоком взвешенных наносов. В свою очередь, водность реки предопределяется гидрологическим режимом ее притоков. Проблема взвешенных наносов особенно актуальна в горных местностях, где сильное течение рек вымывает огромную массу прибрежных горных пород и, следовательно, накопление их в водохранилищах приводит к уменьшению их полезного объема. Вышеназванные проблемы актуальны для реки Вахш, одного из главных притоков трансграничной реки Амударья. Река Вахш - это 38% всех гидроэнергетических ресурсов бассейна Амударьи с потенциальным энергетическим ресурсом 28,6 млн. кВт (250 млрд. кВт·ч/год электроэнергии). Наличие таких потенциальных ресурсов несомненно свидетельствует о решающей ее роли как для экономики Таджикистана, так и всего Центрально-Азиатского региона. Планомерное и рациональное использование энергетических ресурсов с учетом интересов стран низовья, заинтересованных в ирригационном аспекте воды стимулируют проведения систематических наблюдений за метео– и гидрологическими условиями бассейна реки Вахш.

Освоение гидроэнергетических ресурсов водных артерий и обеспечение энергетической безопасности является стратегическим направлением политики Республики Таджикистан. Орография и географические особенности республики являются благоприятствующими факторами для развития гидроэнергетики. Следует особо отметить, что гидроэнергетика является возобновляемым источником энергии, не загрязняющей окружающую среду. Этот аспект приобрел особую актуальность в связи с широко обсуждаемым Глобальным изменением климата. Для обеспечения своих потребностей на энергетические ресурсы страны низовья трансграничных рек Центральной Азии сжигают огромные количества органического топлива и, тем самым, выбрасывают в атмосферу широкий спектр загрязняющих веществ и газов - стимуляторов процесса изменения климата. При налаживании добрососедских отношений и с пониманием нынешней тревоги человечества, связанной с Глобальным изменением климата, можно внести существенный вклад в ослабление влияния на изменение климата. В этом плане Республика Таджикистан в состоянии обеспечить соседей чистой энергией.

Проблема качества воды реки Вахш находится в центре дебатов и дискуссий в вопросах водных отношений между некоторыми странами Центральной Азии и Таджикистаном. Это обусловлено отсутствием достоверных и прозрачных данных относительно степени загрязнённости в верховьях и низовьях реки.

Актуальность исследования определяется необходимостью совершенствования современных методов оценки загрязнённости поверхностных вод суши, что является предметом оживленных дискуссий.

6. I. Normatov. The impact of Climate change and Agroclimatic resources on maintenance of Food Security and creation of adaptation mechanisms. / I. Normatov, **A. Muminov**. // Proc. International Conference “Adapt to Climate”, 27-28 March 2014, Nicosia, Cyprus, pp. 128-134.
7. Норматов И.Ш. Мониторинг метеорологических условий районов прибрежных к водохранилищам. /Норматов И.Ш., **Муминов А.О.** // (г. Душанбе, 21 - 26 апреля 2014г). Таджикский Национальный Университет.
8. I. Normatov. Perspektive of the Agriculture development of the Mountain areas in modern conditions of Climate change./ I. Normatov, P.I. Normatov and **A. Muminov**.// Proc. of 16th Annual Conference of the International Association for Mathematical Geosciences, Jawaharlal Nehru University, New Delhi, India 17-20 October 2014. pp. 231-235.
9. I. Normatov. Modern adaptation approach of Agriculture to the Climate change and reservoirs impact. Proc./ I. Normatov, P.I. Normatov and **A. Muminov**. // 5th International Disaster and Risk Conference IDRC Davos 2014, Davos, Switzerland, pp.102- 106.
10. Inom Normatov, Parviz Normatov, **Abulqosim Muminov**. (2015). Perspective of the Agriculture Development of the Mountain Areas in Modern Condition of Climate Change//Geostatistical and Geospatial Approaches for the Characterization of Natural Resources in the Environment, 2015, Spinger, pp. 931-935.
11. Inom S. Normatov, **Abulqosim Muminov**, Parviz I. Normatov. The Impact of Water Reservoirs on Biodiversity and Food Security and the Creation of Adaptation Mechanisms//International Journal of Environmental, Chemical, Ecologic al, Geological and Geophysical Engineering, 2016, Vol.10 No.5, pp. 564-570.
12. Parviz Normatov, **Abulqosim Muminov**, Inom Normatov. Interstate water resource risk management: Towards a sustainable future for Transboundary river basins of Central Asia// Proc. International Conference on Geography, Climate and Sustainability (ICGCS 2016), June, 26-27, 2016, Kuala Lumpur, Malaysia, pp. 108-115.
13. Normatov P., **Muminov A.**, Normatov I. Sh. Meteorology and Hydrology of the Tributaries basins of the Transboundary Amudarya River in condition of Climate Change// J. Modern Environmental Sci. and Engineering, 2017, V.64, No 5, pp. 86-97.
14. **A. Muminov**. The influence of potassium Hydroxide, Stainless and Graphite Electrodes on efficiency of the Water Electrolysis./ A. Muminov, N.B. Kurbanov, B.A. Markaev. //The 13th International Conference of Young Scientists on Energy Issues. Kaunas, Lithuania, May 26-27, 2016, pp.23-26.
15. I. Normatov. The Impact of Water Reservoirs on Biodiversity and Food Security and the Creation of Adaptation Mechanisms. /I. Normatov, **A. Muminov**, P. Normatov. //World Academy of Science, Engineering and Technology. International Journal of Environmental, Chemical, Ecological, Geological and Geophysical Engineering Vol.10, №5, 2016, pp.518-524.
16. I. Normatov. The chemical and isotope methods application for Risk Assessment contamination of the main tributaries of the Transboundary

2. С применением методов изотопной гидрологии определен изотопный состав ($\delta^2\text{H}$, $\delta^{18}\text{O}$) воды реки Вахш и ее притоков Сурхоб, Обихингоу и Кызылсу и определен тип питания рек.
3. Установлено влияние Нурекского водохранилища на формирование геоэкологических условий прибрежных районов. Характер влияния проявляет зависимость от рельефа местности и изменяется в широких пределах благодаря процессам отражения, отклонения и возникновения направленного движения воздушных масс.
4. Установлено, что увеличение объема стока реки становится причиной вымывания берегов и формирования достаточного количества стока наносов. Показана роль Нурекского водохранилища как накопителя наносов.
5. Обнаружен механизм динамического взаимодействия поверхностных и подземных вод в бассейне реки Муксу, но в противоположном направлении, т.е. превращения резервуаров подземных вод в источник питания реки.
6. Установлено, что показатель эколого-экономической эффективности Нурекской и Рогунской ГЭС определяется мощностью производства электроэнергии в зависимости от площади территории, занимаемой для строительства ГЭС.

СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

В журналах из перечня ВАК

1. Муминов, А.О. Изучение влияния Нурекского водохранилища на метеорологические условия сельскохозяйственных районов Республики Таджикистан /А.О. Муминов, Н.Б. Курбонов, П.И. Норматов. // Республиканский научно-теоретический журнал «Наука и новые технологии». - №7. - 2013. - С.52-55.
2. Норматов П.И. Исследование изотопного состава воды ($\delta^2\text{H}$, $\delta^{18}\text{O}$) трансграничных рек Зеравшан, Вахш и их притоков / Норматов П.И., Фруммин Г.Т., Муминов А.О., Норматов И.Ш// Географический вестник. Geographical bulletin. 2017 №4(43).С.97-104.
3. П.И.Норматов. Мониторинг метеорологических условий зоны формирования водных ресурсов трансграничной реки Пяндж (Таджикистан) /П.И.Норматов, Г.Т. Фруммин, И.Ш. Норматов, А.О. Муминов. // Ученые записки РГГМУ №47. Научного-теоретический журнал ISSN 2074-2762, Санкт-Петербург, 2017г. стр.9-15.

Прочие публикации

4. I. 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, A. Muminov. // Journal of Environmental Science and Engineering B Vol.2, no.2, 2013, pp. 61-68.
5. P. Normatov. Abstract of International research and practice conference about Influence of Climate Change on Snow, Ice and Water resources/ P. Normatov, A. Muminov, I. Normatov. // September 2014, Issyk-Kul, Kyrgyzstan.

Степень разработанности проблемы. Одна из актуальных проблем современного человечества — продовольственная безопасность. С нарастанием демографического фактора в сочетании с чрезвычайными климатическими факторами созрела острая проблема по селекции высокоурожайных зерновых и других сельскохозяйственных культур, устойчивых к климатическим стрессам. Наряду с этим возникла проблема разработки механизмов адаптации к изменениям компонентов различных экосистем, вызванная необходимостью обеспечения жизнедеятельности и развития инфраструктуры. В связи с этим систематическое исследование протекания метеорологических и гидрологических процессов в зонах действия искусственных объектов является актуальной проблемой. К примеру, изменения локальных метеорологических условий местности под влиянием водохранилищ. Сбор информации о таких воздействиях вносит существенный вклад в планирование развития аграрного сектора в этих районах.

Цель и задачи исследования. Целью диссертационной работы является геоэкологическая оценка загрязнённости вод бассейна реки Вахш и влияние водохранилищ на климатические характеристики прибрежных районов.

Для достижения поставленной цели было необходимо решить следующие задачи:

- собрать, обобщить и проанализировать метеорологические данные районов, прибрежных к Нурекскому водохранилищу;
- определить критерии эффективности возведения гидроэлектростанций с водохранилищами;
- определить влияние стока взвешенных наносов на изменение скорости стока воды в реках;
- провести комплексное геоэкологическое исследование химического состава вод реки Вахш и её притоков в зонах формирования и рассеяния;
- исследовать процессы взаимодействия поверхностных и подземных вод в бассейне реки Вахш с применением изотопной гидрологии.

Объект исследования - река Вахш и ее притоки.

Предмет исследования – геоэкологическая оценка загрязнённости поверхностных вод бассейна реки Вахш и влияние водохранилищ на климатические характеристики прибрежных районов.

Методологическая, теоретическая и эмпирическая базы исследования.

В диссертационной работе широко использованы статистические методы для обобщения, систематизации и обработки геоэкологических данных, методы определения взвешенных наносов и их количественная связь с расходом воды. В работе широко использованы данные наблюдений на реке Вахш и ее притоках.

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

Положения, выносимые на защиту:

1. Результаты химических и изотопных анализов вод реки Вахш, её притоков и снежного покрова бассейна реки Вахш.
2. Результаты изучения влияния Нурекского водохранилища на метеорологические условия прибрежных к нему сельскохозяйственных районов.
3. Результаты исследований взаимодействия поверхностных и подземных вод и обмена химическими ионами в бассейне реки Муксу - притока реки Вахш.

Научная новизна исследования:

- Количественно определен сток взвешенных наносов в реке Вахш за период 1960-1990 гг. до и после возведения Нурекского водохранилища. Обнаружена зависимость объёма формирования взвешенных наносов от скорости течения воды.
- Разработана рекомендация по норме ирригационной воды для сельскохозяйственных земель с учетом агроклиматических условий районов, прибрежных к водохранилищам.
- Показана перспективность методов изотопной гидрологии в установлении степени загрязнённости водных объектов и определения источников питания водных артерий.

Теоретическая и практическая значимость работы.

Результаты исследований внедрены в тематический план 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 воды бассейна реки Вахш, 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 research and practice conference "Influence of Climate change on snow, ice and water resources", September 2014, Issyk-Kul, Kyrgyzstan, International Conference "Adapt to Climate", 27-28 March 2014, Nicosia, Cyprus, 16th Annual Conference of the International Association for Mathematical Geosciences, Jawaharlal Nehru University, New Delhi, India 17-20 October 2014. The impact of Climate change and Agroclimatic resources on

Учитывая это предположение, можно сделать вывод, что для формирования потока воды в реке Кызылсу вклад ледникового стока меньше и в основном происходит из-за сезонных дождей.

При анализе химического состава речной воды и грунтовых вод в речных бассейнах Таджикистана было обнаружено существование процессов обогащения резервуаров подземных вод химическими элементами речной воды. Был обнаружен механизм динамического взаимодействия поверхностных и подземных вод в бассейне реки Муксу, но в противоположном направлении, т.е. превращения резервуаров подземных вод в источник питания реки.

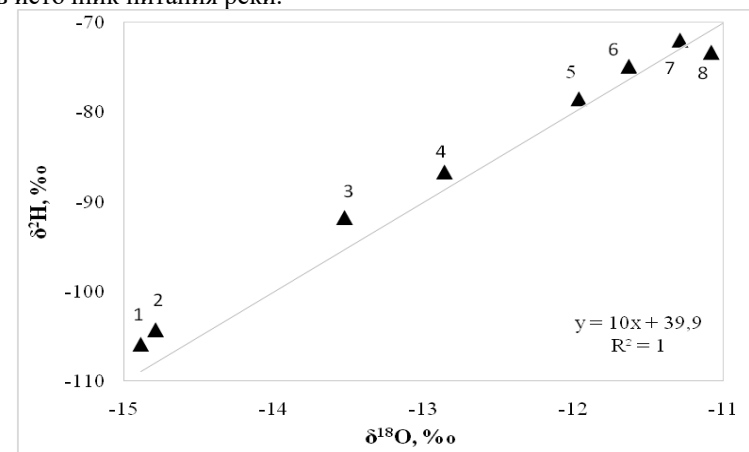


Рисунок 18. Результаты изотопных анализов родниковых (1, 3, 4, 5) и подземных вод (2, 6, 7, 8) бассейнов рек Муксу, Кызылсу, Сурхоб и Обихингоу соответственно.

Результаты изотопного анализа родниковых и грунтовых вод бассейнов рек Муксу, Кызылсу, Сурхоб и Обихингоу показаны на рис. 18. Из рис. 18 видно, что грунтовые воды и родниковые воды бассейна реки Муксу по значениям изотопного состава значительно легче среднего состава речной воды и близки к значениям ледниковой воды. Можно предположить, что во время весеннего снеготаяния процессами инфильтрации, подземные резервуары накапливают талую воду и в сухие периоды превращаются в источник речного стока, т.е. питают реку. Конечно, это отразится на изотопном составе речной воды.

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ВЫВОДЫ

1. Показано, что химический состав вод реки Вахш обусловлен, главным образом, выщелачиванием минеральных горных пород, и в верховье река Вахш не испытывает антропогенную нагрузку. Установлено, что содержание химических элементов реки Вахш не превышает установленных ПДК.

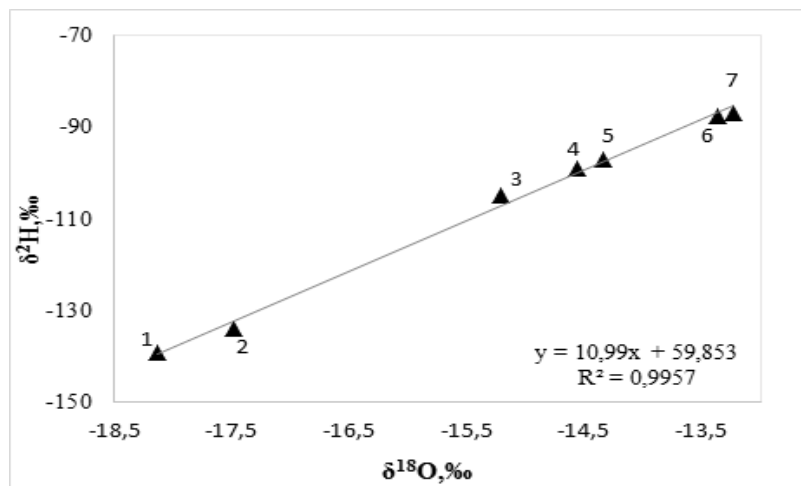


Рисунок 17. Изотопный состав воды реки Вахш, ее притоков и ледника Гармо:
1, 2- ледник Гармо; 3 – река Сурхоб; 4 – река Вахш; 5 – река Обихингоу;
6 – река Кызылсу; 7 – река Муксу.

Для интерпретации изотопного анализа реки Вахш и ее притоков проанализировано состояние оледенения в речных бассейнах. В бассейне реки Сурхоб интенсивно тают небольшие ледники северных склонов в западной части хребта Петра Великого. На южных склонах Алайского хребта оледенение уменьшается медленнее, так как есть более крупные ледники. В бассейне реки Обихингоу наибольший ледник Гармо интенсивно тает. В течение XX века он сократился почти на 7 км, потеряв более 6 км² площади. В настоящее время он отступает со средней скоростью 9 м в год и поверхность оседает из-за таяния до 4 м в год. Другой ледник в том же бассейне, Скогач, отступает ежегодно на 11 м.

В связи с этим можно утверждать, что река Сурхоб и Обихингоу питаются ледниками, и можно предположить, что осадки в основном происходят зимой и изотопный состав значительно легче. Погодные и климатические условия Вахшской долины теплее, чем в долинах ее притоков

Сурхоб и Обихингоу, и, следовательно, из-за процесса испарения будут иметь тяжелый изотопный состав. Однако вклад притоков приводит к тому, что изотопный состав воды реки Вахш становится легче.

Изотопный состав реки Кызылсу характеризуется значениями $\delta^{18}\text{O} = -13,36\text{‰}$, $\delta^2\text{H} = -87,88\text{‰}$, что близко к значениям изотопного состава акваторий со средней годовой температурой выше 0°C (рис. 17).

Ранее было обнаружено, что изотопный состав реки Нарын в зависимости от сезона изменяется в следующем диапазоне: весной $\delta^{18}\text{O} = -13,4\text{‰}$; $\delta^2\text{H} = -96\text{‰}$ и осенью $\delta^{18}\text{O} = -12,4\text{‰}$; $\delta^2\text{H} = -89\text{‰}$. На основе полученных данных авторами предполагалось, что отсутствует значительный вклад ледниковой воды в реку Нарын.

maintenance of Food Security and creation of adaptation mechanisms. Proc. International Conference “Adapt to Climate”, 27-28 March 2014, Nicosia, Cyprus, Perspective of the Agriculture development of the Mountain areas in modern conditions of Climate change. Proc. of 16th Annual Conference of the International Association for Mathematical Geosciences, Jawaharlal Nehru University, New Delhi, India 17-20 October 2014, The chemical and isotope methods application for Risk Assessment contamination of the main tributaries of the Transboundary Amudarya River. International Proceedings of Chemical, Biological and Environmental Engineering (IPCBE, ISSN: 2010-4618), Rome, Italy July 18-20, 2017.

Личный вклад автора. Личный вклад автора заключается в постановке проблемы исследования, методическом обеспечении её решения и анализе полученных автором результатов мониторинга метеорологических характеристик бассейна и гидрологических характеристик притоков реки Вахш. В основе диссертации лежат результаты пятилетних исследований автора по проблеме метеорологии и гидрологии бассейна реки Вахш.

Публикации. По теме диссертации опубликовано 19 научных работ, в том числе 3 публикации в рецензируемых журналах, рекомендованных ВАК Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, четырёх глав и выводов, изложена на 126 страницах основного текста и включает 25 рисунков и 25 таблиц. Список использованных источников включает 115 наименований, в том числе 60 иностранных.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

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.

Первая глава охватывает материалы по описанию геоэкологических, физико-географических, водно-ледовых потенциалов бассейна реки Вахш. Подробно описываются сельскохозяйственные и гидроэнергетические ресурсы бассейна, и рассматривается динамика их изменения под влиянием внешних факторов, демографических факторов и орографии местности. Проведен анализ происходящих метеорологических и гидрологических процессов с точки зрения изменения климата и антропогенного воздействия. Представлены результаты анализа отечественных и зарубежных авторов, посвященные исследованию водных объектов, промышленности, загрязнению рек и озер бассейна реки Вахш. Оценены общие потенциальные запасы водно-энергетических ресурсов и перспективные направления их использования в условиях потепления климата с необходимостью внедрения адаптационных механизмов.

В главе 2 представлена характеристика информационного массива, указывающего источники, использованные в диссертационной работе данных, полученных в периоды экспедиционных и полевых работ в рамках

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 Вахш.

Информационный массив, полученный при проведении геоэкологического мониторинга бассейна реки Вахш, включает:

- гидрохимические наблюдения;
- результаты химико-аналитических и других лабораторных исследований проб природной среды;
- результаты расчетов по определению эффективности гидротехнических сооружений;
- результаты мониторинга метеорологических условий прибрежных к Нурекскому водохранилищу сельскохозяйственных районов.

Информационный массив химико-аналитических исследований, полученный по результатам исследований в бассейне реки Вахш за период с 2002 г. по 2017 г., включает 21500 записей значений концентраций загрязняющих веществ и физико-химических свойств, метеорологических и гидрологических условий объектов природной среды, в том числе: 450 записей значений температуры; 450 записей значений атмосферных осадков; 450 записей значений влажности; 1280 записей значений расхода речных вод; 1399 записей значений pH; 2313 записей значений концентрации кальция; 2313 записей значений концентрации магния; 2313 записей значений концентрации натрия; 2313 записей значений концентрации калия; 2313 записей значений концентрации железа; 2313 записей значений концентрации алюминия; 2313 записей значений концентрации диоксида серы; 2313 записи значений концентрации марганца; 2313 записей значений концентрации фтора; 2313 записей значений концентрации цинка; 2313 записей значений концентрации меди; 2313 записей значений концентрации хрома(VI); 2313 записей значений концентрации сульфат-иона; 2313 записей значений концентрации нитратов; 2313 записей значений концентрации хлоридов; 2313 записей значений концентрации фосфатов.

В третьей главе диссертации представлены результаты исследований влияния Нурекского водохранилища на метеорологические условия прибрежных районов. Для установления влияния горных водохранилищ на возможные изменения агроклиматических условий проанализированы тренды метеорологических параметров трех районов Дангары, Явана и Файзабада Республики Таджикистан с развитой сельскохозяйственной отраслью. Были использованы метеорологические данные периода 1950-2018 гг. станций, расположенных в районах исследований. Строительство Нурекской плотины было начато в 1961 г. и в 1979 г. уже был достигнут уровень воды 890 м, а отметка НПУ (нормальный подпорный уровень), равная 910 м, была достигнута в сентябре 1983 г. Следовательно, можно считать, что влияние водохранилища на метеорологические параметры

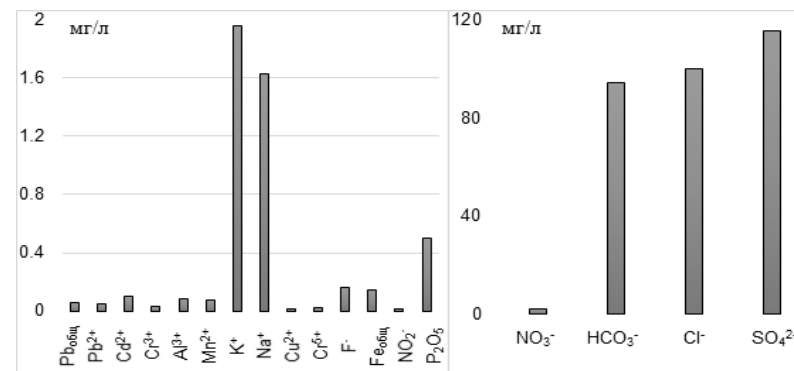


Рисунок 16. Результаты химического анализа реки Вахш

Содержание химических элементов в реке Вахш и ее притоках, показанных на рис. 15 и рис. 16, указывает, что их концентрации не превышают установленных для них предельно допустимых концентраций. Это свидетельствует о том, что образование химического состава вод рек обусловлено, главным образом, выщелачиванием минеральных горных пород и на верховье река Вахш не испытывает антропогенной нагрузки.

Изотопный состав кислорода, водорода и избыточное значение дейтерия является информативным показателем гидрологических и гляциологических исследований по установлению закономерностей процессов льдообразования, накопления снега и их взаимных превращений.

Изотопный состав водорода и кислорода, выражается в относительных единицах $\delta^2\text{H}$ и $\delta^{18}\text{O}$:

$$\delta = [(R_{\text{образец}}/R_{\text{стандарт}}) - 1] \cdot 1000\%$$

где $R_{\text{образец}}$ и $R_{\text{стандарт}}$ отношений $^2\text{H}/^1\text{H}$ и $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ в измеряемом образце и стандарте соответственно.

В качестве стандартной использована океанская вода (SMOW, Вена, МАГАТЭ). Точность измерения составляла $\pm 0,05\%$.

Результаты изотопного анализа реки Вахш и ее притоков представлены на рис. 17.

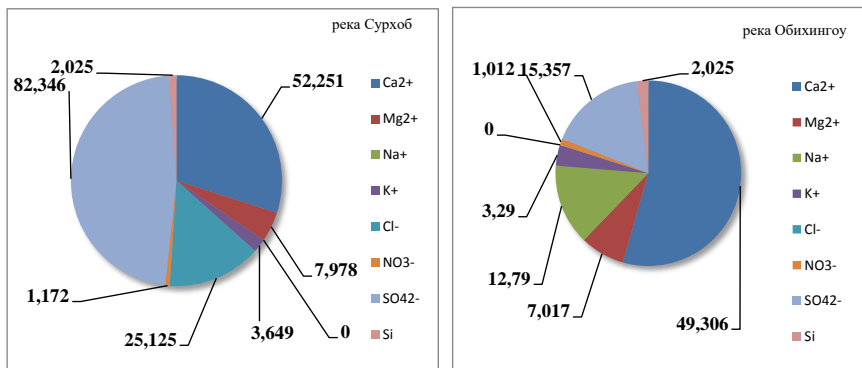


Рисунок 15(а). Результаты химического анализа притоков реки Вахш (мг/л)

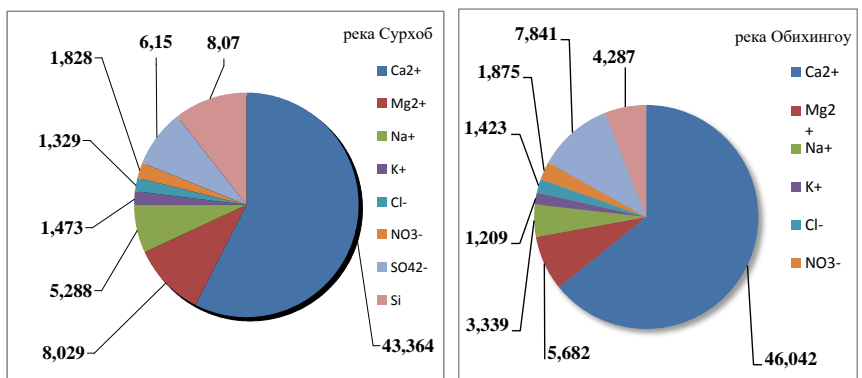
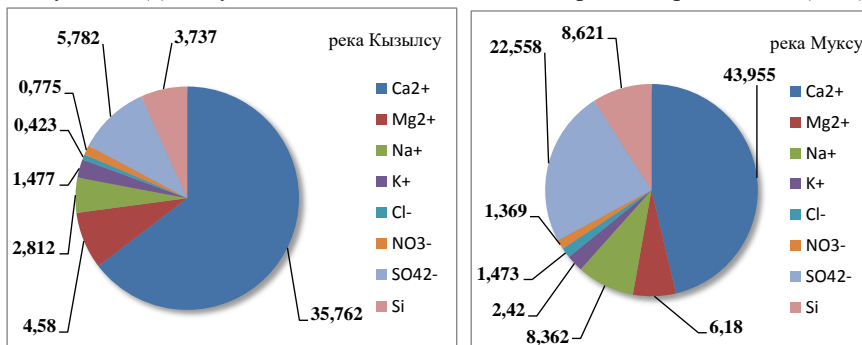


Рисунок 15(б). Результаты химического анализа подземных вод бассейнов реки Вахш (мг/л)

местности должно ощущаться после восьмидесятих годов двадцатого столетия.

Для оценки влияния горных водохранилищ на возможные изменения агроклиматических условий проанализированы метеорологические параметры двух периодов (1950-1980 гг. и 1981-2017 гг.) трех районов с развитой сельскохозяйственной отраслью: Дангара, Яван и Файзабада.

Исследованные районы, прибрежные к Нурекскому водохранилищу, расположены в радиусе до 35 км относительно водохранилища и на различных высотах относительно уровня моря и широтах: Файзабад (1215 м над уровнем моря, 38°15'с.ш., 69°32'в.д.), Дангара (660 м над уровнем моря, 38°10'с.ш., 69°32'в.д.), Яван (632 м над уровнем моря, 38°32'с.ш., 69°05'в.д.).

Для каждого из периодов наблюдений и метеорологических показателей (температуры, осадков и влажности) были рассчитаны средние значения и дисперсии. Достоверность разницы между двумя средними величинами оценивали доверительным коэффициентом (критерием Стьюдента t) при доверительной вероятности 95,5% (табл. 1).

Таблица 1. Значимость расхождения между средними метеорологическими показателями за периоды 1950-1980 гг. и 1981-2017 гг.

Метеостанция	Температура	Осадки	Влажность
Дангара	Значимое	Незначимое	Незначимое
Файзабад	Значимое	Незначимое	Значимое
Яван	Незначимое	Незначимое	Значимое

За период 1950-2018 гг. изменение температуры во всех трех районах имеет возрастающий характер без проявления каких-либо отклонений или экстремумов после 80-х годов как признак влияния Нурекского водохранилища. Однако при сравнении хода изменения температуры до и после возведения водохранилища наблюдаются различные тренды возрастания температуры (рис.1-3). Например, если изменение температуры в районах Файзабада и Дангары до 1980 г. имело более плавный ход, то после 1980 г. приобретает крутой характер увеличения (рис 1б, 2б).

В четвертой главе приведены результаты комплексного химического и изотопных анализов реки Вахш и ее притоков Сурхоб, Обихингоу и Кызылсу. Индивидуальность каждой реки с точки зрения химического состава воды составлена путем отбора проб притоков до слияния с главной рекой и с другими притоками. Содержание химических элементов в реке Вахш и притоков указывает, что они не превышают установленных для них предельно допустимых концентраций. Это свидетельствует о том, что образование химического состава вод рек обусловлено, главным образом, выщелачиванием минеральных горных пород, и на верховье река Вахш не испытывает антропогенной нагрузки.

На основе результатов изотопных анализов было установлено, что реки Сурхоб и Обихингоу питаются ледниками, и можно предположить, что осадки в основном происходят зимой и изотопный состав значительно легче. Изотопный состав реки Кызылсу характеризуется значениями $\delta^{18}\text{O} = -13,36$

‰, $\delta^2\text{H} = -87,88$ ‰, что близко к значениям изотопного состава акваторий со средней годовой температурой выше 0°C .

Результаты изотопного анализа родниковых и грунтовых вод бассейнов реки Муксу, Кызылсу, Сурхоб и Обихингоу показывают, что грунтовые воды и родниковые воды бассейна реки Муксу по значениям изотопного состава значительно легче среднего состава речной воды и близки к значениям ледниковой воды. Можно предположить, что во время весеннего снеготаяния процессами инфильтрации, подземные резервуары накапливают талую воду и в сухие периоды превращаются в источник речного стока, т.е. подпитывают реку. Конечно, это отразится на изотопном составе речной воды.

К числу вызовов, с которым человечество сталкивается в современном мире, относится изменение климата, который представляет серьезную угрозу для всех природно-хозяйственных комплексов, в том числе водных и земельных ресурсов. Резкий рост населения в странах Центральной Азии, превышающий мировые темпы, вызывает тревогу, так как рост населения обуславливает процессы интенсификации экономики и соответственно повышает техногенную нагрузку на водные и земельные ресурсы.

Производство продуктов питания в Таджикистане уже сталкивается с множеством серьезных проблем, вызванных главным образом, стремительным ростом населения, горной местностью, ограниченностью сельскохозяйственных площадей. В среднем на каждого жителя Таджикистана приходится 0,14 га пахотных земель, что существенно ниже по сравнению со среднемировыми (0,26 га/чел).

При этом с точностью до наоборот изменение температуры наблюдалось в Яване. На рис.3 представлено среднегодовое значение температуры Явана. Из рис. 3(а) видно, что тренд изменения температуры до возведения водохранилища имеет более крутой и выраженный характер, сменяющийся на более плавный ход после 1980 г. (рис. 3б). Объяснение наблюдаемых явлений с точки зрения удаленности расположения районов относительно Нурекского водохранилища является ошибочным, так как Файзабад находится на расстоянии 20 км, Дангара на расстоянии 35 км, а Яван на 30 км. По высоте расположения районов над уровнем моря Дангара (660 м) и Яван (639 м) более близки друг другу и логично предположить схожесть поведения их метеорологических параметров.

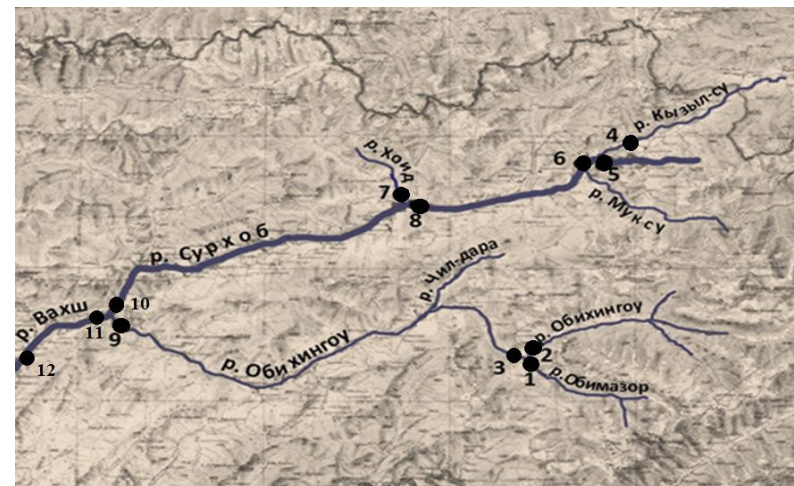
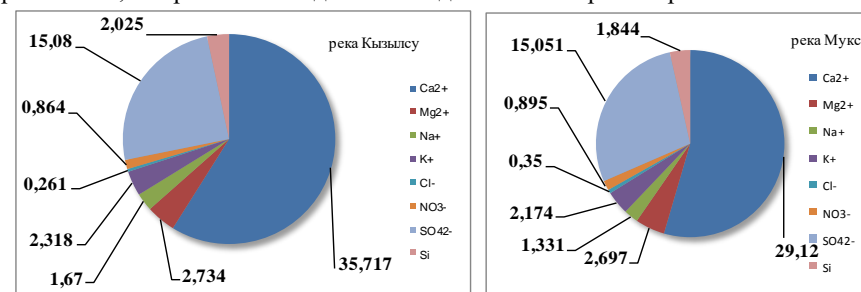


Рисунок 14. Схема отбора проб воды из реки Вахш и ее притоков

Мониторинг качества воды трансграничных рек, выявление источников антропогенной нагрузки и принятие адекватных мер для их устранения путем разработки современных методов является действенным инструментом для регулирования взаимосвязи между компонентами геоэкологической системы. Это важный элемент геоэкологического анализа проблем Центральной Азии как ключевой элемент в развитии основ рационального использования и охраны водных экосистем.

На рис. 15(а, б) представлены результаты химического анализа проб воды реки Вахш, ее притоков и подземных вод бассейнов притока реки.



и сбрасывается в природные поверхностные водные объекты 1209,1 млн.м³/год. Следовательно, проблема качества воды в бассейне реки является актуальной. Данная проблема приобрела в последнее время глобальный характер. Каждый день миллионы тонн недостаточно очищенных сточных вод и промышленных и сельскохозяйственных отходов выливаются в мировые воды. Каждый год озера, реки и дельты рек принимают в эквиваленте массы всего населения - почти 7 миллиардов человек - загрязнения. Каждый год больше людей умирают от последствий небезопасной воды, чем от всех форм насилия, включая войны и наибольшее воздействие на детей в возрасте до пяти лет.

Водные отношения между республиками Средней Азии в советское время регулировались «Схемой комплексного использования и охраны водных ресурсов в бассейнах Амударьи и Сырдарьи». Основной целью разработки бассейновых «схем» было определение реальных объемов и доступных для использования водных ресурсов в бассейнах Амударьи и Сырдарьи, а также обеспечение их справедливого распределения среди региональных республик, отвечающих всем интересам водопользователей.

Следует отметить, что в разработанную схему не было включено множество важных аспектов. В основном это касается санитарно-экологических требований к качеству воды водных артерий. Использование чрезмерно большого объема воды бассейна для ирригации, предначертанное схемой, привело к истощению водных ресурсов и возникновению новых проблем. Таких как ухудшение экологического состояния, иногда приводящему к экологической катастрофе в низовьях рек бассейна Арала, значительное загрязнение речной воды пестицидами, гербицидами, другими вредными веществами и увеличением минерализации воды.

В этом плане исследование химического и изотопного состава реки Вахш и ее основных притоков, определение стационарных источников загрязнения бассейна реки Вахш является одной из актуальных задач.

Для оценки качества воды отборы проб из реки Вахш и ее притоков осуществлялись согласно схеме (рис.14). Индивидуальность каждой реки с точки зрения химического состава воды составлена путем отбора проб притоков до слияния с главной рекой и с другими притоками.

Ледники, как основной источник формирования стока воды и климатообразующий фактор, рассматриваются в качестве благоприятной природной среды для аккумуляции атмосферных аэрозолей, химических соединений и металлических примесей.

Выбор снежного покрова как естественного индикатора загрязнения воздуха обоснован тем, что снег эффективно поглощает примеси из атмосферы и депонирует выбросы сухой пыли из антропогенных источников.

Кроме того, концентрация загрязняющих веществ в составе снега на 2-3 порядка выше, чем в атмосфере. Это позволяет измерять содержание веществ достаточно простыми методами и с высокой степенью надежности.

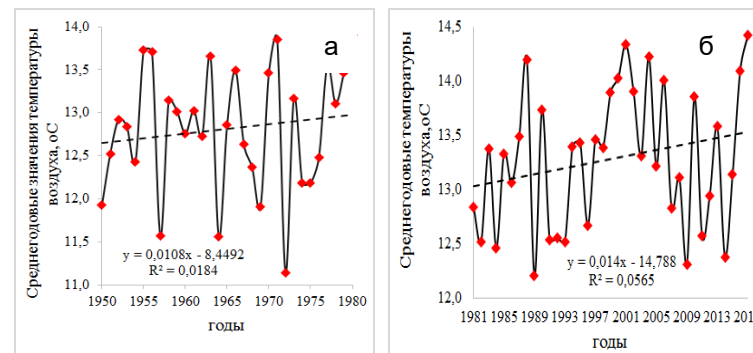


Рисунок 1. Динамика изменения температуры в области влияния Нурекского водохранилища за период 1950-1980(а) и 1981-2018 гг. (б) по данным метеостанции Файзабад.

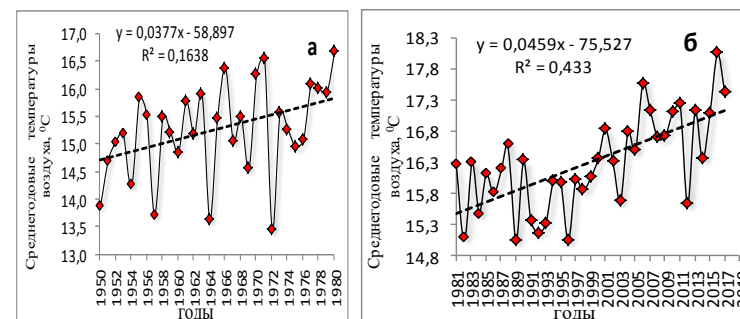


Рисунок 2. Динамика изменения температуры в области влияния Нурекского водохранилища за период 1950-1980 (а) и 1981-2018 гг. (б) по данным метеостанции Дангара.

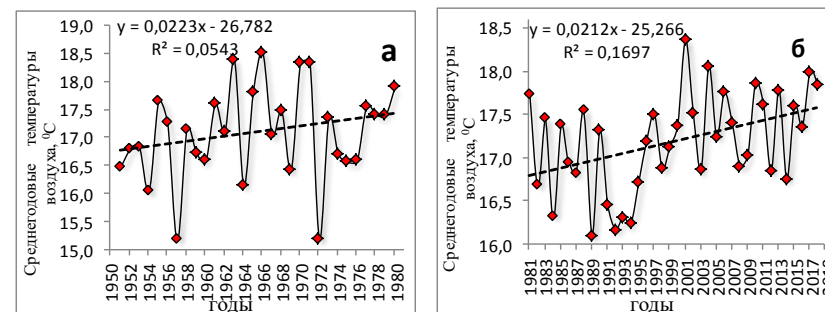


Рисунок 3. Динамика изменения температуры в области влияния Нурекского водохранилища за период 1950-1980 (а) и 1981-2018 гг. (б) по данным метеостанции Яван.

Нами также проводился мониторинг пространственно-временного изменения атмосферных осадков вышеперечисленных районов за период 1950-2018 гг. (рис.4–рис.6). На рис.4(а,б) представлены среднегодовые

значения осадков в районе Файзабада за периоды 1950-1980 и 1981-2018 годов.

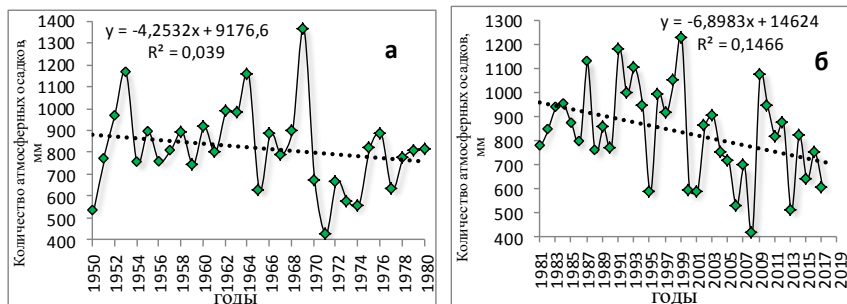


Рисунок 4. Динамика изменения атмосферных осадков в области влияния Нурекского водохранилища за период 1950-1980 (а) и 1981-2018 гг. (б) по данным метеостанции Файзабад.

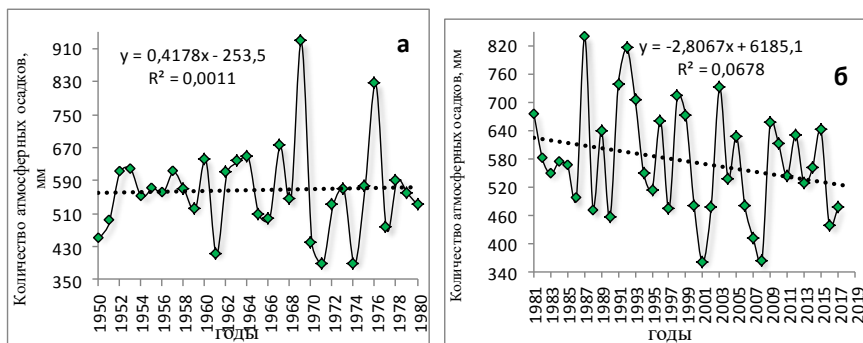


Рисунок 5. Динамика изменения атмосферных осадков в области влияния Нурекского водохранилища за период 1950-1980 и 1981-2018 гг. по данным метеостанции Дангара.

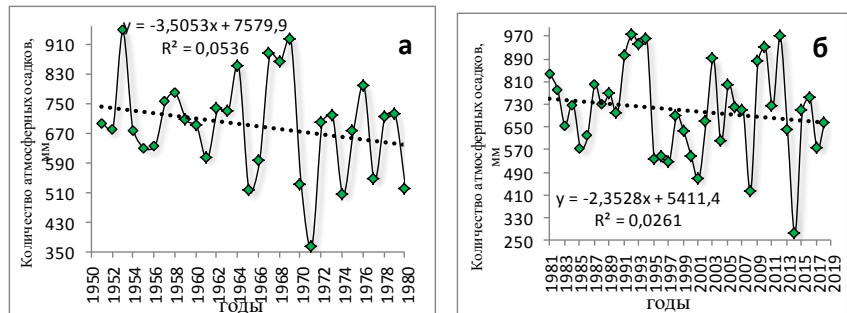


Рисунок 6. Динамика изменения атмосферных осадков в области влияния Нурекского водохранилища за период 1950-1980 и 1981-2018 гг. по данным метеостанции Яван.

Тренд изменения атмосферных осадков Файзабада как до возведения водохранилища, так и после него имеет убывающий характер. Хотя изменение влажности района за рассматриваемые периоды, как видно из рис.7(а), характеризуется возрастающим трендом. Совершенно иной

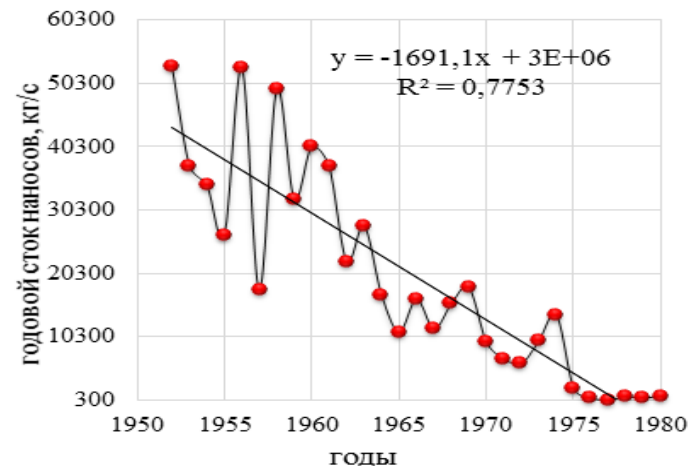


Рисунок 12. Динамика изменения количества наносов реки Вахш в 1950-1980 гг.

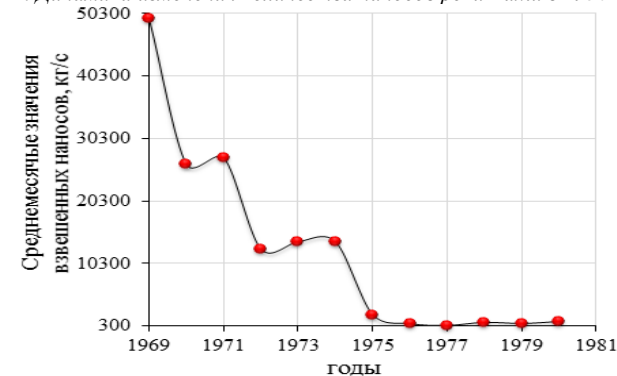


Рисунок 13. Среднемесячное значение взвешенных наносов реки Вахш отбора проб воды в кишлаке Саригузар.

Естественно, что увеличение объема стока реки становится причиной вымывания берегов и формирования достаточного количества стока наносов. Среднемесячные значения взвешенных наносов реки Вахш на станции Саригузар за период 1975-1980 гг. характеризуются двумя максимумами, соответствующими маю и августу. Можно предположить, что они соответствуют обильным осадкам в бассейне реки в мае и таянию сезонных снегов и ледников бассейна реки Вахш в августе.

На территории БРВ формируется 1213 млн.м³/год сточных и коллекторно-дренажных вод, из них на орошение используется 4 млн.м³/год

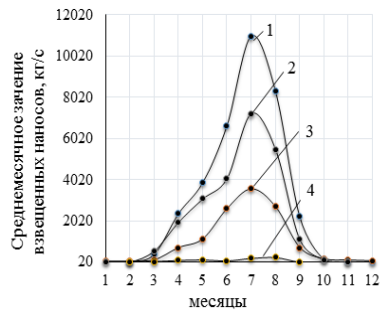


Рис.10. Среднемесячное значение взвешенных наносов реки Вахш отбора проб воды: Туткаул(1), Чорсада (2), Саригузар(3), Саригузар после 1975 года (4)

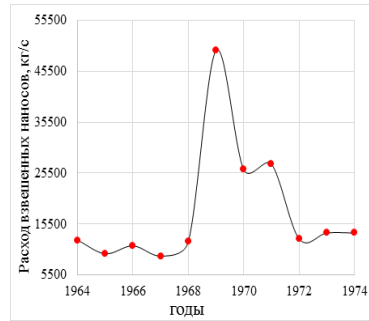


Рис.11. Значение взвешенных наносов реки Вахш

Продолжительность наблюдений стока взвешенных наносов р. Вахш прерывиста, незначительна, что не позволяет качественно и в полном объеме дать оценку его изменения по длине реки. Об изменении режима наносов в связи со строительством Нурекского водохранилища можно судить по отдельным имеющимся наблюдениям на р. Вахш. Гидрологический пост Саригузар, расположенный при выходе реки на равнину и ниже плотины Нурекской ГЭС, фиксирует сток с оставшейся зоны формирования.

Из рис.10 видно, что среднемесячные значения взвешенных наносов реки Вахш периода 1952-1966 гг. являются высокими при максимальном паводке реки в августе и составляет более 10^4 кг/с. Далее эти значения постепенно уменьшаются от Туткаула до Саригузар. Кривая 4 на рис.10, которая соответствует значениям взвешенных наносов после 1975 г. на станции Саригузар, отражает именно процесс накопления наносов водохранилищем.

На рис. 11 представлено среднегодовое количество взвешенных наносов в реке Вахш за период 1964-1974 гг. Кривая на рис. 11 показывает, что максимальное значение наносов реки Вахш приходится на 1969 г. с уменьшением его в последующие годы.

Для более наглядного представления на рис. 12 приведена динамика уменьшения стока наносов до 1980 г. Данные, представленные на рис.12, соответствуют измерениям производимых на станциях Чорсада, Саригузар и Туткаул.

характер изменения влажности и атмосферных осадков было выявлено при мониторинге метеорологических параметров районов Дангары и Явана.

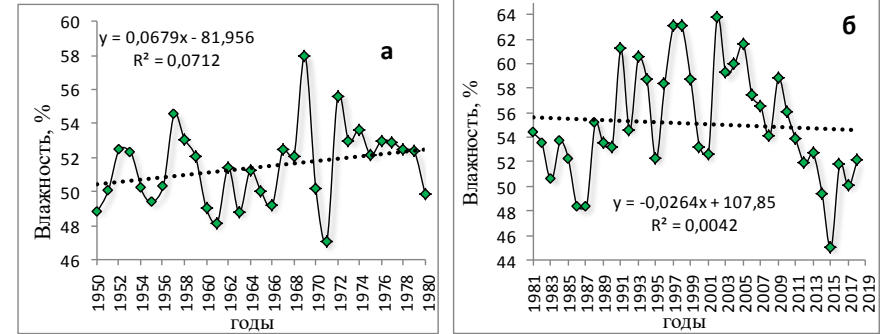


Рисунок 7. Динамика изменения влажности в области влияния Нурекского водохранилища за период 1950-1980 и 1981-2018 гг. по данным метеостанции Файзабад.

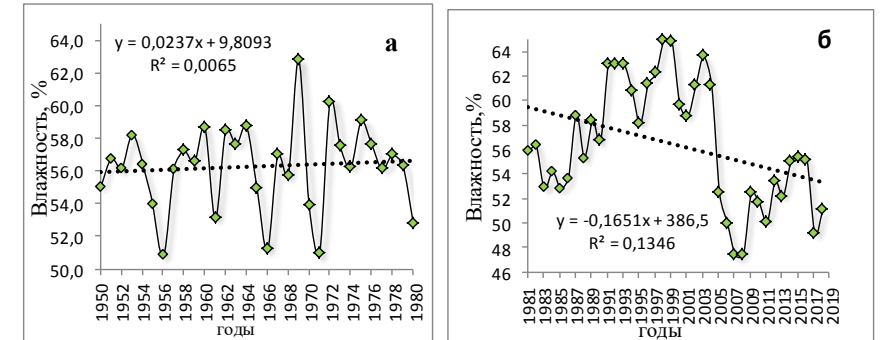


Рисунок 8. Динамика изменения влажности в области влияния Нурекского водохранилища за период 1950-1980 и 1981-2018 гг. по данным метеостанции Дангары.

На рис.8 (а, б) приведено изменение влажности Дангары до и после возведения Нурекского водохранилища. Как видно из рис. 8(б) за период после возведения водохранилища, т.е. после 1980 г. наблюдается тенденция уменьшения влажности, хотя наблюдался ее возрастающий тренд до 1980 г. Такой же переход с возрастающего тренда периода 1950-1980 гг. на убывающий тренд периода 1981-2018 гг. наблюдался и в изменении осадков (рис. 5 а, б).

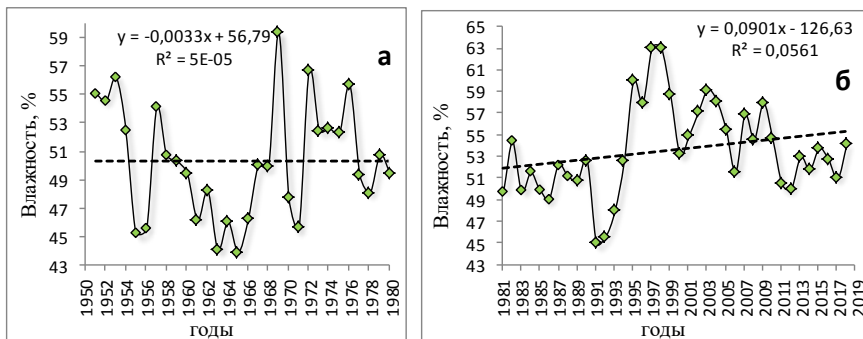


Рисунок 9. Динамика изменения влажности в области влияния Нурекского водохранилища за период 1950-1980 и 1981-2018 гг. по данным метеостанции Яван.

Из рис. 9 (а,б), где представлена динамика изменения влажности Явана, видно, что влажность данного района имела все уменьшающийся характер до 1980 г. и характеризовалась умеренным нарастанием осадков (рис. 6(а)). После 1980 г. наблюдается резкое нарастание и влажности и атмосферных осадков (рис. 9(б), 6(б)).

Расчеты показывают, что уменьшение атмосферных осадков Явана за период 1950-1980 годов составляет 47 мм при их увеличении за период 1980-2018 до 443,0 мм, который по сравнению с 1980 г. составляет около 30%. Изменение температуры Явана за период 1980-2018 гг. равняется 1,1°C против его увеличения на 0,97°C в период с 1950 по 1980 годы.

Таким образом, проведенный нами анализ показывает неоднозначное влияние водохранилищ на метеорологические условия прибрежных к нему районов. Это, прежде всего, обусловлено тем, что рассматриваемые районы характеризуются горным рельефом. В горных местностях, как обычно, благодаря влиянию высоких возвышенностей наблюдаются процессы отражения, отклонения и возникновения направленного движения воздушных масс. Исходя из этого, наличие развитой сети метеорологических станций в горных местностях является залогом получения реальной картины метеорологических сценариев.

В настоящее время для определения критериев эффективности Гидроэлектрической станции (ГЭС) с водохранилищами широко применяется метод, основанный на анализе ключевых параметров, таких как установленная мощность и производство электроэнергии на ГЭС в зависимости от площади территории, занимаемой при строительстве ГЭС. Показатель эколого-экономической эффективности ГЭС используется как отношение мощности и выхода электроэнергии на один гектар территории, используемой для строительства ГЭС (табл. 2).

Таблица 2. Эколого-экономическая эффективность ГЭС с водохранилищем

Индекс эффективности ГЭС	P/S, МВт/га	T/S, ТВт/га
Среднее для ГЭС с занимаемой площадью менее 100 тыс. га	0,123	0,406

P - установленная мощность, S - площадь территории для строительства ГЭС

С использованием данных, представленных в табл. 2, нами проведена оценка эффективности ныне действующей Нурекской ГЭС и запланированного в ближайшем будущем строительстве Рогунской ГЭС с водохранилищами (табл. 3).

Таблица 3. Критерии эффективности гидроэлектростанций с водохранилищами

ГЭС	P, 10 ²	W, 10 ²	S	A	M	Индекс эффективности			
						P/S	W/S	P/A	W/A
Братск	4400	22,6	547,0	357,3	70,0	0,008	0,041	0,012	0,06
Червак	600	20,0	4,6	2,7	9,18	0,13	0,436	0,225	0,75
Токтогул	1200	41,0	31,9	-	29,3	0,038	0,128	-	-
Нурек	2700	112	21,5	0,2	1,5	0,126	0,522	13,50	56,0
Рогун	3600	133	17,0	6,8	16,0	0,212	0,782	0,529	1,96

P - установленная мощность (МВт); W - производительность (ТВт·ч); A - площадь для сельскохозяйственного производства (тыс. га); M - переселение (тыс. чел).

Для сравнения в табл. 4 эколого-экономический индекс рассмотренных ГЭС обобщен с аналогами показателей других ГЭС.

Таблица 4. Эколого-экономические показатели ГЭС с водохранилищами

Эколого-экономический индекс эффективности ГЭС	P/S, МВт/га	W/S, ТВт/га
G	0,123	0,406
Братск	0,008	0,041
Червак	0,130	0,436
Токтогул	0,038	0,128
Нурек	0,126	0,522
Рогун	0,212	0,782

Согласно спецификации оросительной нормы, со средним значением коэффициента увлажнения 0,35 Яван относится к категории засушливых районов. Нами обнаружено, что за последние 20 лет (1997-2017) испарение в долине уменьшилось почти на 300 мм (17%), а количество осадков увеличилось на 70 мм (11%) и коэффициент влажности до 0,45. Рекомендованные нормы орошения для выращивания тонковолокнистого хлопка и люцерны составляют 1100 м³/га и 3000 м³/га. Проведенные нами расчеты показывают, что непроизводительные потери воды только в двух районах, прибрежных к Нурекскому водохранилищу, составляют более 60 млн.м³.

Анализ результатов исследований показывает, что до строительства Нурекского водохранилища река Вахш (с содержанием до 10 кг наносов в 1 м³) доставляет ежегодно более 100 т наносов, богатых различными минералами, в сельскохозяйственные земли. По данным Агентства по Гидрометеорологии Республики Таджикистан среднегодовая величина наносов реки Вахш на Гидрологическом посту Саригузар -17 км ниже Нурекской ГЭС с 1972 года (начало заполнения Нурекского водохранилища) уменьшилось с 1000 г/с до 82 г/с в 1980 г., т.е. Нурекское водохранилище почти полностью осаждавает взвешенные отложения реки Вахш.

В работе были использованы данные Агентства по гидрометеорологии Республики Таджикистан, которые охватывают периоды измерения с 1952 по 1966 гг. на станции Туткаул, 1964-1973 гг. на станции Чорсада, 1969-1974 гг. на станции Саригузар бассейна реки Вахш (рис.10).