

**НАУЧНЫЙ СОВЕТ DSc.03/30.12.2019.Т.10.02 ПО ПРИСУЖДЕНИЮ  
УЧЕНЫХ СТЕПЕНЕЙ ПРИ НАЦИОНАЛЬНОМ  
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОМ УНИВЕРСИТЕТЕ «ТАШКЕНТСКИЙ  
ИНСТИТУТ ИНЖЕНЕРОВ ИРРИГАЦИИ И МЕХАНИЗАЦИИ  
СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА»**

---

**НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
«ТАШКЕНТСКИЙ ИНСТИТУТ ИНЖЕНЕРОВ ИРРИГАЦИИ И  
МЕХАНИЗАЦИИ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА»**

**МАХФУЗ АХМАДИ**

**«ОЦЕНКА ИНТЕНСИВНОСТИ ПЕРЕФОРМИРОВАНИЯ ДНА  
ГОРНЫХ ВОДОХРАНИЛИЩ»  
(на примере водохранилищ Афганистана)**

**05.09.07 - Гидравлика и инженерная гидрология**

**АВТОРЕФЕРАТ ДИССЕРТАЦИИ ДОКТОРА ФИЛОСОФИИ (PhD)  
ПО ТЕХНИЧЕСКИМ НАУКАМ**

**Ташкент – 2024**

**Оглавление автореферата доктора философии (PhD)  
по техническим наукам**

**Contents of the dissertation abstract of doctor of philosophy (PhD)  
and technical sciences**

**Техника фанлари бўйича фалсафа доктори (PhD) диссертацияси  
автореферати мундарижаси**

**Махфуз Ахмади**

«Оценка интенсивности перестроения дна горных водохранилищ»  
(на примере водохранилищ Афганистана) ..... 3

**Mahfouz Ahmadi**

“Assessment of the intensity of change in the bottom of mountain reservoirs”  
(based on the example of reservoirs of Afghanistan) ..... 23

**Махфуз Ахмади**

"Тоғ сув омборлари тубини қайта шаклланиш жадаллигини баҳолаш"  
(Афғонистон сув омборлари мисолида) ..... 41

**Список опубликованных работ**

List of published works  
Эълон қилинган ишлар рўйхати..... 45

**НАУЧНЫЙ СОВЕТ DSc.03/30.12.2019.Т.10.02 ПО ПРИСУЖДЕНИЮ  
УЧЕНЫХ СТЕПЕНЕЙ ПРИ НАЦИОНАЛЬНОМ  
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОМ УНИВЕРСИТЕТЕ «ТАШКЕНТСКИЙ  
ИНСТИТУТ ИНЖЕНЕРОВ ИРРИГАЦИИ И МЕХАНИЗАЦИИ  
СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА»**

---

**НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
«ТАШКЕНТСКИЙ ИНСТИТУТ ИНЖЕНЕРОВ ИРРИГАЦИИ И  
МЕХАНИЗАЦИИ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА»**

**МАХФУЗ АХМАДИ**

**«ОЦЕНКА ИНТЕНСИВНОСТИ ПЕРЕФОРМИРОВАНИЯ ДНА  
ГОРНЫХ ВОДОХРАНИЛИЩ»  
(на примере водохранилищ Афганистана)**

**05.09.07 - Гидравлика и инженерная гидрология**

**АВТОРЕФЕРАТ ДИССЕРТАЦИИ ДОКТОРА ФИЛОСОФИИ (PhD)  
ПО ТЕХНИЧЕСКИМ НАУКАМ**

**Ташкент – 2024**

**Тема диссертации доктора философии (PhD) зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при Министерстве высшего образования, науки и инноваций Республики Узбекистан за номером В2024.1./PhD/Т4531**

Диссертация выполнена в Национальном исследовательском университете «Ташкентский институт инженеров ирригации и механизации сельского хозяйства».

Автореферат диссертации на трех языках (русский, английский и узбекский (резюме) размещен на веб-странице [www.tiame.uz](http://www.tiame.uz) и Информационно – образовательном портале «Ziyonet» ([www.ziyonet.uz](http://www.ziyonet.uz)).

**Научный руководитель:** **Базаров Дилшод Райимович**  
доктор технических наук, профессор

**Официальные оппоненты:** **Янгиев Асрор Абдихамидович**  
доктор технических наук, профессор

**Шакиров Бахтияр Махмудович**  
кандидат технических наук, профессор

**Ведущая организация:** **Национальный университет им Мирзо Улугбека**

Защита диссертации состоится «\_\_\_»\_\_\_\_\_2024 г. в \_\_\_\_\_ часов на заседании Научного совета DSc.03/30.12.2019.Т.10.02 при Национальном исследовательском университете «Ташкентский институт инженеров ирригации и механизации сельского хозяйства» (Адрес: 100000, г.Ташкент, ул. Кары Ниязий, д. 39. Тел.: (+99871) 237-19-61, 237-22-09, факс: (+99871) 237-54-79, e-mail: [admin@tiame.uz](mailto:admin@tiame.uz)).

С диссертацией можно ознакомиться в Информационно-ресурсном центре Национального исследовательского университета «Ташкентский институт инженеров ирригации и механизации сельского хозяйства» (регистрационный номер №\_\_\_\_\_). Адрес: 100000, г.Ташкент, ул. Кары Ниязи, 39. Тел.: (+99871) 237-19-45, e-mail: [admin@tiame.uz](mailto:admin@tiame.uz).

Автореферат диссертации разослан «\_\_\_»\_\_\_\_\_2024 г.  
(реестр протокола рассылки №\_\_от «\_\_\_»\_\_\_\_\_2024 г.

**А.Т.Салохиддинов**  
Председатель научного совета по  
присуждению ученых степеней,  
д.т.н., профессор.

**Ф.А.Гаппаров**  
Ученый секретарь научного совета по  
присуждению ученых степеней,  
д.т.н., профессор

**А.М.Арифжанов**  
Председатель научного семинара при научном совете по  
присуждению ученых степеней,  
доктор технических наук, профессор

## **ВВЕДЕНИЕ (аннотация диссертации доктора философии (PhD))**

**Актуальность и востребованность темы диссертации.** В мире научных исследований особое внимание уделяется рациональному и устойчивому использованию водохранилищ с учетом остроты проблемы дефицита водных ресурсов вызванных изменением климата. Особенно актуальны вопросы по эффективной и надежной эксплуатации водохранилищ и стабилизации их полезных объемов для обеспечения бесперебойной подачи воды потребителям, в том числе сельскохозяйственным культурам в вегетационный период. В настоящее время в развитых странах с учетом глобального изменения климата, проводятся исследования по разработке оптимальных режимов эксплуатации водохранилищ с использованием геоинформационных технологий, математического моделирования и батиметрических съемок. Оценка уровня заиления с учетом роли речных бассейнов и русловых процессов остается одним из основных вопросов современной русловой гидравлики и гидрологии. В связи с этим особое внимание уделяется обеспечению безопасной и эффективной эксплуатации водохранилищ, а также прогнозированию сроков службы и заиления этих сооружений.

В мире большое внимание уделяется исследованиям по разработке эффективных, надежных и устойчивых решений и разработке эффективных методов оптимизации работы водохранилищ и управления источниками наносов, которые способствуют заилению и уменьшают полезную емкость водохранилищ. В настоящее время одной из основных задач, стоящих перед научным сообществом, является усовершенствование методов гидравлического и гидрологического моделирования для повышения эффективности и надежности работы водохранилищ. Ключевые вопросы включают поиск подходящей системы мониторинга седиментации водохранилищ, оценку роли водосборной площади а также роли русловых процессов в седиментации водохранилищ и разработку методов сокращения притока наносов в водохранилище и управления существующими массами отложений в водохранилищах.

В настоящее время управление водными ресурсами является главным приоритетом для Афганистана. Из-за неэффективных методов эксплуатации и ненадлежащего обслуживания горные водохранилища Афганистана подвергаются интенсивному заилению, что отрицательно влияет на их нормальном функционировании и устойчивости. В целях эффективного использования водных ресурсов разрабатываются методы по оценке и изучению речных бассейнов и корреляции между седиментацией водохранилищ и выносом наносов из водосборных площадей. При правильном применении этих методов водохранилища могут функционировать на продолжительные периоды. Простота и экономическая эффективность этих методов делают их легко воспроизводимыми в водохранилищах Афганистана.

Настоящее диссертационное исследование в определенной степени служит реализации задач, намеченных в Указах Президента Республики Узбекистан № УП-60 от 28 января 2022 года «О стратегии развития Нового Узбекистана на 2022-2026 годы», № УП-5742 от 17 июня 2020 года «О мерах по эффективному

использованию земельных и водных ресурсов в сельском хозяйстве», № УП-6024 от 10 июля 2020 «Об утверждении Концепции развития водного хозяйства Республики Узбекистан на 2020-2030 годы» и в Постановлении Президента Республики Узбекистан № ПП-3286 от 25 сентября 2017 года «О мерах по дальнейшему совершенствованию системы охраны водных объектов», и других задач, намеченных в нормативно - правовых документах, касающихся данной деятельности.

**Соответствие исследований приоритетным направлениям развития науки и технологий Афганистана.** Данное исследование проводилось в соответствии с приоритетным направлением развития науки и поддержки инноваций в Афганистане, выраженным в Стратегических рамках развития Афганистана на 2020–2025 годы: «Управление водными ресурсами страны в целях обеспечения населения чистой водой, развития сельского хозяйства, выработки электроэнергии и защиты окружающей среды».

**Степень изученности проблемы.** Строительство гидротехнических сооружений в русле реки приводит к переформированию русла. В верхнем бьефе в результате подпора воды плотиной происходит отложение наносов, заиление и подъем дна русла которые берут начало с водосборной площади. Вопросами заиления водохранилищ занимались ученые, С.Т.Алтунин, М.А.Великанов, А.В.Караушев, А.Н.Гостунский, К.И.Россинский, И.А.Кузьмин, И.И.Леви, М.А.Мостков, И.А.Молдованов, Г.И.Шамов, И.А.Шнеер, В.Г.Саноян, В.С.Лапшенков, А.М.Мухамедов, К.Ш.Латипов, И.А.Бузунов, Ф.Ш.Мухамеджанов, Х.А.Исмагилов, В.А.Скрыльников, Э.Ж.Махмудов, М.Р.Бакиев, Ф.Хикматов, А.М.Арифжанов, Ф.А.Гаппаров, М.Р. Икрамова, Г.Давронов, И.А.Ахмедходжаева, Д.Р.Базаров, Julien P.Y., Kane V. Morgan R.P. и Renard K.

По вопросам улучшения режима водохранилищ занимались ученые А.Б.Авакян, А.Е.Асарин, А.М.Мухамедов, А.Б.Китаев, Ю.М.Матарзин, Д.А.Никифорова, Я.Ф.Плешков, Ш.Р.Поздняков, Л.В.Потапова, М.Я.Прытков, А.Д.Саваренский, В.П. Салтанкин, С.Х.Таглави, В.А. Шарапов, Ф.Хикматов, Ф.А.Гаппаров, Ю.Н.Шавнина, В.И.Штефан, К.К.Эдельштейн, D.W.Baker, B.P.Bledsoe, C.M.Albano, N.L.Poff, G.Williams, G.L. Morries, R. Poespl, S.A.Kantoush, Y.G.Lai, B.N.Eustis, D.S. van Maren, S.Heaven, T.Tanto, D.Rycroft и ряд других ученых.

**Связь темы диссертации с планом научно–исследовательских работ высшего образовательного учреждения, где выполнена диссертация.**

Диссертационное исследование выполнено в соответствии с планом научно-исследовательских работ Национального Исследовательского Университета-Ташкентского Института Инженеров Иригации и Механизации Сельского Хозяйства по хоздоговорной теме: №17/2019 «Разработка рекомендаций по определению полезного объёма Талимаржанского водохранилища» (2019 г.). Также диссертация соответствует проекту Департамента бассейна реки Кабул по оценке текущей способности и устойчивости эксплуатации гидротехнических сооружений, расположенных на реке Кабул (2020 г.).

**Целью исследований** является оценка интенсивности перестроения дна горных водохранилищ.

**Задачи исследований:**

определение настоящей морфометрии водохранилища путем батиметрического исследования..

определение гранулометрического состава отложений и их концентрации на дне водохранилища на основе проведения натурных измерений и лабораторного анализа.

разработка методики определения наносодерживающей способности водохранилища за период многолетней эксплуатации путем анализа гидрологических и батиметрических данных;

оценка водной эрозии в бассейне реки Кабул методом RUSLE с целью выявления корреляции между эрозией и заилением водохранилища.

**Объектом исследований** является водохранилища Афганистана.

**Предметом исследования** является образование отложений в горных водохранилищах, их количественные и структурные составляющие, изменение дна водохранилищ, влияние водосборов бассейна рек на заиление горных водохранилищ.

**Методы исследования.** В процессе проведения исследований изучены и использованы общепринятые методы гидрологии и гидравлики, методы гидрографической (батиметрической съемки) и эмпирической модели RUSLE для выявления оценки водной эрозии на заиление водохранилища.

**Научная новизна исследования заключается в следующем:**

с учетом многолетней эксплуатации разработана батиметрическая карта водохранилища Наглу для оценки его современного гидрографического состояния;

оценено перестроение дна чаши горного водохранилища с учётом концентрации наносов и их гранулометрического состава;

разработан метод определения наносодерживающей способности водохранилища в период эксплуатации с учетом взаимосвязи между осаждением наносов в чаше водохранилища и его наносопропускной способностью.

методом RUSLE проведена оценка водной эрозии в бассейне реки Кабул, получены значения эрозии для водосборов и корреляция между водной эрозией и заилением водохранилища.

**Практические результаты исследований заключается в следующем:**

на основе батиметрических исследований, гидрологических данных, полевых измерений и анализов установлена степень заиленности и распределение отложений по дну горного водохранилища;

определены срок полезного использования и полный период заиления водохранилища.

на основе применения эмпирического метода RUSLE, рассчитана деградация почв в бассейне реки Кабула, определены коэффициенты поступления наносов в подножье водосборов и даны рекомендации.

**Достоверность результатов исследований.** Достоверность научных исследований заключается в использовании общепринятых методов в том числе батиметрических съемок, полевых измерений проводимых в естественных

условиях и лабораторных анализов проб а также эмперических методов, сравнении результатов исследований с зарубежным опытом и внедрении результатов исследований на практике.

#### **Научная и практическая значимость результатов исследований.**

Научная значимость исследований заключается в совершенствовании методов оценки переформирования дна горных водохранилищ, определении наносодерживающей способности водохранилища, а также выявлении корреляции между интенсивностью заиления водохранилища и выносом наносов с водосборной площади.

Практическая значимость результатов исследований заключается в увеличении срока службы горных водохранилищ и улучшении эксплуатации и обслуживании водохранилищ.

**Внедрение результатов исследований.** На основе полученных результатов исследований по заилению горных водохранилищ:

методы практического мониторинга и изучения изменения чаши водохранилищ в условиях недостаточности гидрологических данных и отсутствия устойчивой системы мониторинга внедрены в водохранилище Наглу при департаменте энергетики и водных ресурсов Сарубийского района провинции Кабул (справка № 1 Министерства энергетики и водного хозяйства Афганистана от июля 10, 2023). В результате была создана батиметрическая карта водохранилища и удалось уточнить его морфометрические показатели.

разработанная методика определения наносодерживающей способности водохранилища за период эксплуатации внедрена в водохранилище Наглу при департаменте энергетики и водных ресурсов Сарубийского района провинции Кабул (справка № 1 Министерства энергетики и водного хозяйства Афганистана от июля 10, 2023). В результате обоснован объём заиления водохранилища и объём наносов, сбрасываемых из водохранилища в нижний бьеф.

с помощью RUSLE проведена оценка водной эрозии в бассейне реки Кабул и внедрены методы снижения эрозии и седиментации, которые в результате приведут к увеличению полезного объема водохранилища Наглу, при департаменте энергетики и водных ресурсов Сарубийского района провинции Кабул (справка № 1 Министерства энергетики и водного хозяйства Афганистана от июля 10, 2023). В результате применения рекомендуемых методов существенно сократится водная эрозия в бассейне реки, что приведет к увеличению полезного объема водохранилища на 30%.

**Апробация результатов исследования.** Результаты исследований обсуждены на 5 международных и республиканских научно – практических конференциях.

**Опубликованность результатов исследования.** По теме диссертационной работы опубликованы 17 научных работ. Из них 6 в зарубежных журналах, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией Республики Узбекистан для публикации основных научных результатов диссертации доктора философии (PhD), в том числе опубликованы в изданиях 3 республиканском и 8 в зарубежных журналах, входящих рейтинг базы Scopus.

**Структура и объем диссертации.** Диссертация состоит из введения, четырёх глав, заключения и списка использованной литературы. Объем диссертации составляет 123 страниц.

## **ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ**

**Во введении** обоснована актуальность и востребованность исследований, цели и задачи, объект и предмет, показано соответствие исследования приоритетным направлениям развития науки и технологий страны, изложены научная новизна и практические результаты исследования, раскрыты научная и практическая значимость полученных результатов, даны предложения по внедрению в практику результатов исследования, приведены сведения по опубликованным работам и структуре диссертации.

**В первой главе** диссертации «**Современное состояние изученности проблемы реформирования русла горных водохранилищ**» дана всесторонняя информация о классификации водохранилищ. Предоставлен обзор водохранилищ в региональном и глобальном масштабе. Показаны преимущества и недостатки водохранилищ. Несмотря на недостатки водохранилищ, они по-прежнему являются очень важными объектами, и их роль в управлении водными ресурсами в эпоху изменения климата очень важна. В этой главе, рассмотрены проблемы строительства и эксплуатации водохранилищ. Строительство водохранилищ резко нарушает относительное равновесие, установившееся в природе, и вызывает интенсивное развитие различных природных процессов: реформирование берегов, повышение уровня грунтовых вод, вызывающее подтопление сельскохозяйственных угодий, населенных пунктов, изменение метеорологии местности, почвенного покрова растительности. Строительство водохранилищ и вызванное ими затопление земель и многие из указанных выше процессов приводят к существенным изменениям в экономике прилегающих районов и в долине реки ниже плотины ГЭС. Зайление водохранилища является очень большой проблемой в мире в настоящее время. Из-за изменения климата и деградации почв на водосборной площади количество наносов увеличивается с каждым днем. Опыт эксплуатации водохранилищ и исследований, проведенных за последние 15 лет как в стране так и за рубежом, показали, что наибольшие отрицательные последствия для природы связаны с созданием очень крупных водохранилищ. Учитывая, что некоторые из отрицательных последствий могут иметь необратимый характер, следует полагать, что в перспективе будут создаваться преимущественно средние и небольшие водохранилища, решающие как комплексные, так и отраслевые проблемы развития хозяйства.

В этой главе же, подробно описываются основные методы определения твердого стока горных и равнинных рек. Шкала фракций предложенная В.Н. Гончаровым приводится в табличной форме. Количество наносов в единице объема воды или с единицы площади водосбора изменяется как по площади, так и во времени. Различен и фракционный (зерновой) состав наносов. На процесс образования наносов в реках влияют: уклон, почва, распашка, заболоченность,

лесистость, рельеф, влажность водосбора. Интенсивность заиления водохранилищ и прудов усиливается при наличии в наносах органических примесей. Понятия срока заиления и срока службы водохранилищ предложены М.В. Потаповом приведены с формулами. Графоаналитический метод Г.А. Алексеева для определения нормы стока и формула В.Б.Полякова и М.В. Потапова подробно описываются в этой главе. Методы и формулы НПО САНИИРИ (НИИИВП) и ученых А.Н. Гостунского и Ф.Ш. Мухамеджанова, Тейлора, Орта, Г.И.Шамова, В.С. Скрыльникова, И.А.Ахмедходжаевы, В.С.Лапшенкова рассмотрены в первой главе.

Здесь также дана информация о характеристике горных водотоков Афганистана. Строительство водозаборных сооружений тесно связано с формированием русла реки, изменением ее русловых параметров с элементами потока. Большинство малых горных рек Центральной Азии и Афганистана с максимальными паводковыми расходами, редко превышающими  $50 \text{ м}^3/\text{с}$ , служат источниками питания предгорных оросительных систем. Большинство рек Афганистана являются горными или предгорными имеющие сравнительно большие уклоны.

В потоке вместе с водой, передвигается большое количество наносов крупной фракции, вплоть до валунов, которые чрезвычайно затрудняют эксплуатацию водозаборных сооружений, забивая их входные отверстия и занося головные участки оросительных систем, что вызывает значительные затраты по очистке их от наносов.

Обычные методы гидравлики недостаточно учитывают такие явления при устройстве водозаборных сооружений. Особенно трудно изучать структуру бурного потока, движение донных наносов и установить связь между жидким и твердым стоками горных рек. По данным наших исследований, горные реки бассейна Кабул имеют много общего по характеру геологического строения, наличию растительности, форме и конфигурации бассейнов в плане, по высотному положению и уклонам.

**Во второй главе** диссертации имеющей название «Гидрологическая изученность горных рек Афганистана» рассмотрены основные особенности рельефа, географического строения, климата, горных хребтов, пустынь и бассейнов рек Афганистана; предоставлена информация о водном и огромном гидроэнергетическом потенциале страны, который еще не использован в полной мере; перечислены существующие гидроэнергетические и гидротехнические сооружения Афганистана. Эта глава служит прелюдией к выбору объекта исследования. В этой главе дается подробная информация о гидрографической характеристике речных бассейнов Афганистана.

Афганистан - страна, не имеющая выхода к открытому морю, ее территория разделяется на пять основных речных бассейнов: 1. Кабул, 2. Амударья, 3. Гельманд, 4. Гарирод, 5. Северный. Кроме того, около 11,3% территории страны, что составляет  $72\,500 \text{ км}^2$ , не имеют поверхностного стока.

В Афганистане сравнительно много рек, но внутригодовое распределение их стока неблагоприятно для орошаемого земледелия. Это объясняется

отсутствием постоянных ледников и постоянной снеговой линии, которые являются основным стокообразующим фактором питания рек в районах высокогорного рельефа. В межень - осенью, когда почти не бывает осадков и зимой, когда выпадает снег - единственным источником питания стока рек являются подземные воды. Другим стокообразующим фактором являются талые воды. Степень водоносности рек зависит от количества снега, выпавшего в горах, и хода температур.

В этой главе также дается информация о гидроэнергетическом потенциале страны. Афганистан имеет большой потенциал для развития водных ресурсов и гидроэнергетики. Страна использовала только одну треть своей воды для орошения, а для гидроэнергетики она едва использовала 3% своего потенциала. Предоставляется информация о главных гидротехнических и гидроэнергетических объектах страны, включая данные об исследуемом объекте -ГЭС Наглу.

Плотина Наглу расположена в 70 км к востоку от Кабула. Она была построена в 1968 году для производства электроэнергии и подключена к национальной сети Афганистана. В настоящее время гидроэлектростанция является крупнейшей в стране. Высота плотины водохранилища составляет 110 м, длина 360 м, а общая ёмкость достигает 550 миллионов м<sup>3</sup>, полезная ёмкость составляет 380 миллионов м<sup>3</sup>.

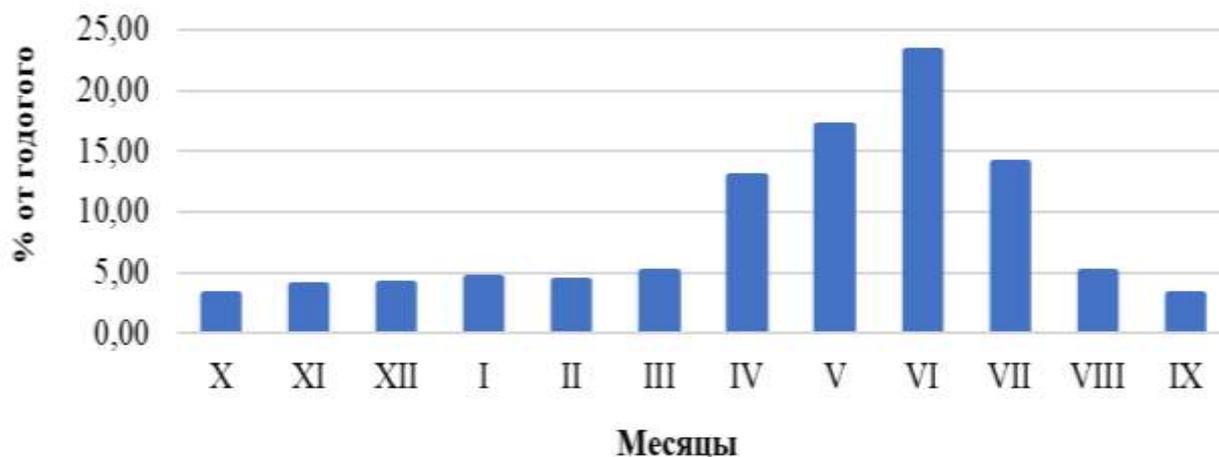
Данные о горных реках Афганистана требуют проведения дополнительных полевых исследований для разработки эффективных, надежных и устойчивых стратегий, а также для установления действенных методов оптимизации эксплуатации водохранилищ и управления источниками наносов, способствующих заилению и, тем самым, снижающих полезную емкость водохранилищ.

**В третьей главе** диссертации под названием «**Полевые исследования по определению заиления водохранилищ бассейна реки Кабул**» представлены результаты полевых исследований по выявлению существующих проблем в эксплуатации водохранилищ, вызванных отложением наносов. Также приводятся сведения о жидком и твердом стоке реки Кабул, полученные в ходе полевых измерений и лабораторных анализов для выработки наносодерживающей способности водохранилища.

Существуют как прямые, так и косвенные методы оценки заиления водохранилища. Прямые методы включают полевые измерения и могут быть классифицированы на основе конкретных методов и оборудования, используемых во время обследования. Косвенные методы, с другой стороны, рассматривают сложность переноса и осаждения наносов в водохранилищах с помощью математического и вычислительного анализа. В ходе исследований, проведенных в рамках диссертации, был использован батиметрический метод для определения уровня заиления водохранилища, а для оценки водной эрозии в бассейне применялась модель RUSLE.

В этом разделе собраны и проанализированы данные из различных источников о реке Кабул, которая является одной из крупнейших рек

Афганистана. Она важна для всех секторов экономики страны, включая ирригацию, гидроэнергетику, рыболовство, рекреацию и водоснабжение. Водохранилище Наглу - объект диссертации питается двумя основными притоками реки Кабул (Кабул и Панджшер). Река в основном питается за счет таяния снегов в горной местности центрального Афганистана. Общая площадь бассейна реки составляет 22046 км<sup>2</sup>. Среднегодовой расход на гидрологической станции Наглу составляет 122 м<sup>3</sup>/сек. В рисунке 1 показано внутригодвое распределение стока.



**Рис 1. Внутригодвое распределение стока (% от годового) на гидрологическом посту Наглу бассейна р. Кабул**

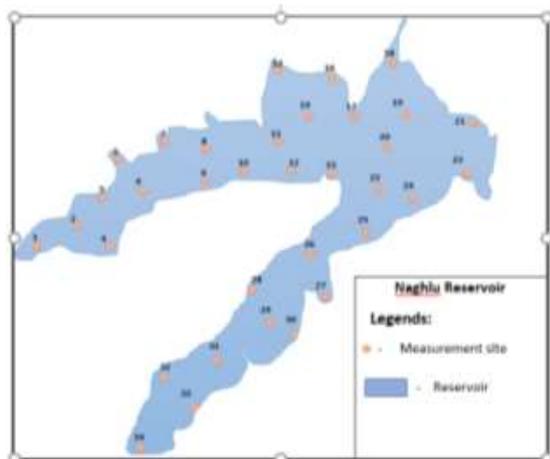
Как и жидкий сток, твердый сток верховьев реки Кабул и ее правых притоков отличается по объему и характеристикам от твердого стока левых притоков, стекающих с отрогов Гиндукуша. В отчете комиссии ФАО для некоторых участков были обработаны имевшиеся в то время данные за разные годы с 1957 по 1965 гг. Средняя мутность реки Кабул на участке Наглу была приблизительно оценена комиссией ФАО в 1,7 кг/м<sup>3</sup> (для 1957 г.), а В. Л. Шульцем в 1,6 кг/м<sup>3</sup>.

По данным гидрологического управления Кабульского бассейна, средний расход наносов для притока Панджшер на гидропосте Наглу-2 составляет 1,62 кг/м<sup>3</sup>, а для притока Кабул на Тангигаре - 1,76 кг/м<sup>3</sup>.

По данным полевых измерений и лабораторного анализа отложений на гидропостах Наглу-2 и Тангигару за 12 месяцев 2020 и 2021 гг., проведенных нами, расход наносов реки Панджшер составляет 1,66 кг/м<sup>3</sup>, а приток Кабул - 1,78 кг/м<sup>3</sup>. Анализ этих отложений в корреляции с батиметрическими данными для определения наносодерживающей способности водохранилищем представлен в Главе IV.

Натурные исследования на водохранилище проводились с 22 сентября по 2 октября 2020 года. При батиметрической съемке водохранилища Наглу использовались моторная лодка и эхолот с однолучевым 200 кГц типом Sea Charter 480DF (рис. 3). Это оборудование было подключено к глобальной кинематической системе позиционирования в реальном времени (RTK-GPS) для определения абсолютных координат x, y и z дна водохранилища. В процессе исследования было выбрано 34 точки на дне водохранилища, из

которых были отобраны пробы донных отложений для анализа (рис. 2). Ввиду удобства использования в водной среде для отбора проб донных отложений применялся грейферный пробоотборник Van Veen (рис. 3).

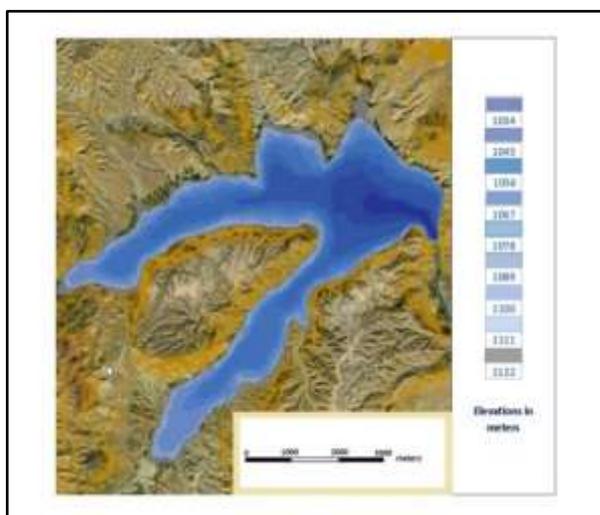


**Рис.2. Места на дне водохранилища Наглу, откуда были взяты пробы наносов**



**Рисунок 3. Эхолоты Fish Elite 480 и Sea Charter 480DF и Van Veen Grab sampler наносов**

Файлы данных в формате slg, собранные в ходе эхолокационной съемки водохранилища Наглу, были обработаны и проанализированы с использованием программного обеспечения и ArcGIS. Эти файлы включают данные о глубине воды и местоположении лодки. С помощью программы Sonar Viewer глубины были преобразованы в отметки дна водохранилища в соответствии с отметками водохранилища на дату съемки (рис. 4).



**Рис. 4. Карта высот дна водохранилища Наглу, составленная по батиметрическим данным в 2020 году**



**Рис. 5. Распределение наносов на дне водохранилища Наглу**

Пробы донных отложений были отобраны с помощью грейферного пробоотборника Van Veen со всех намеченных точек (рис. 2). Образцы были анализированы в лаборатории в Кабуле. Понятие происхождения

отложений, истории переноса и условий наносонакопления в водохранилище Наглу зависит главным образом от метода гранулометрического анализа.

В целом, судя по обилию отложений от самого высокого до самого низкого процента, дно водохранилища в основном состоит из ила 52%, глины 23%, гравия 9% и песка 16% (рис.5).



**Рис 6. Процентное распределение зерен осадка на пробном участке**

Глинистые отложения сложены глиной алевритистой 78,5 %, глиной пылевой супеси 11 %, глиной песчанистой гравийно-пылевой 1,5 %, глиной гравийно-песчанистой пылевой 1 %. Гравийные отложения песчано-пылево-глинистый гравий и песчано-гравийный отлагаются на береговой линии обоих верхних крыльев водохранилища, что может быть связано с волновым воздействием. Более 60% песчано-алевритовых отложений откладывается у устья рек Кабул и Панджшер. Около 30-40% глинистых отложений откладывается в районе плотины (рис.6).

По значениям стандартного отклонения отложений сделан вывод, что 70,4 % отложившихся в водохранилище отложений относятся к очень плохо отсортированным и 17,4 % к крайне плохо отсортированным, а остальная часть отложений плохо отсортированы, которые составляют только 12,2% от общего количества отложившихся наносов. По данным лабораторных работ средневзвешенный удельный вес отложений составляет 1.48 тонн/м<sup>3</sup>.

Результаты батиметрической съемки показали, что около 34.5% водохранилища заполнено наносами, что составляют около 189 млн м<sup>3</sup>. Илистые и глинистые отложения залегают в основном в центральной части вблизи плотинной части водохранилища, а смесь глины, песка и небольшого количества гравия концентрировано в правом и левом флангах притоков Кабула и Панджшера.

**В четвертой главе диссертации, озаглавленной «Оценка интенсивности переформирования дна горных водохранилищ»** приведены результаты исследования водной эрозии в бассейне реки Кабул с использованием модели RUSLE в сочетании с программой ArcGIS. Также включены результаты натурных

исследований и рекомендации по улучшению эксплуатации водохранилищ и рациональному управлению бассейном реки Кабул.

Модель RUSLE получила широкое распространение благодаря своей надежности и популярности среди пользователей по всему миру. Модель определяет общую эрозию в бассейне, вынос наносов с водосборной площади и коэффициент доставки наносов с каждого водосбора. Модель RUSLE показывает, как климат, почва, топография и землепользование влияют на эрозию почвы в водосборах.

Модель RUSLE основана на использовании следующей формулы для анализа эрозии.

$$A = R \cdot K \cdot L \cdot S \cdot C \cdot P \quad (1)$$

где: A-расчетная средняя пространственная потеря почвы и средняя временная потеря почвы на единицу площади;

Модель RUSLE использует шесть параметров включая эрозионную способность дождевого стока (R), эрозионную способность почвы (K), длину и крутизну склона (LS, управление покровом (C) и фактор практики поддержки (P) для оценки среднегодовой скорости потери почвы. Диапазоны значений шести параметров для бассейна реки Кабул выглядят следующим образом:

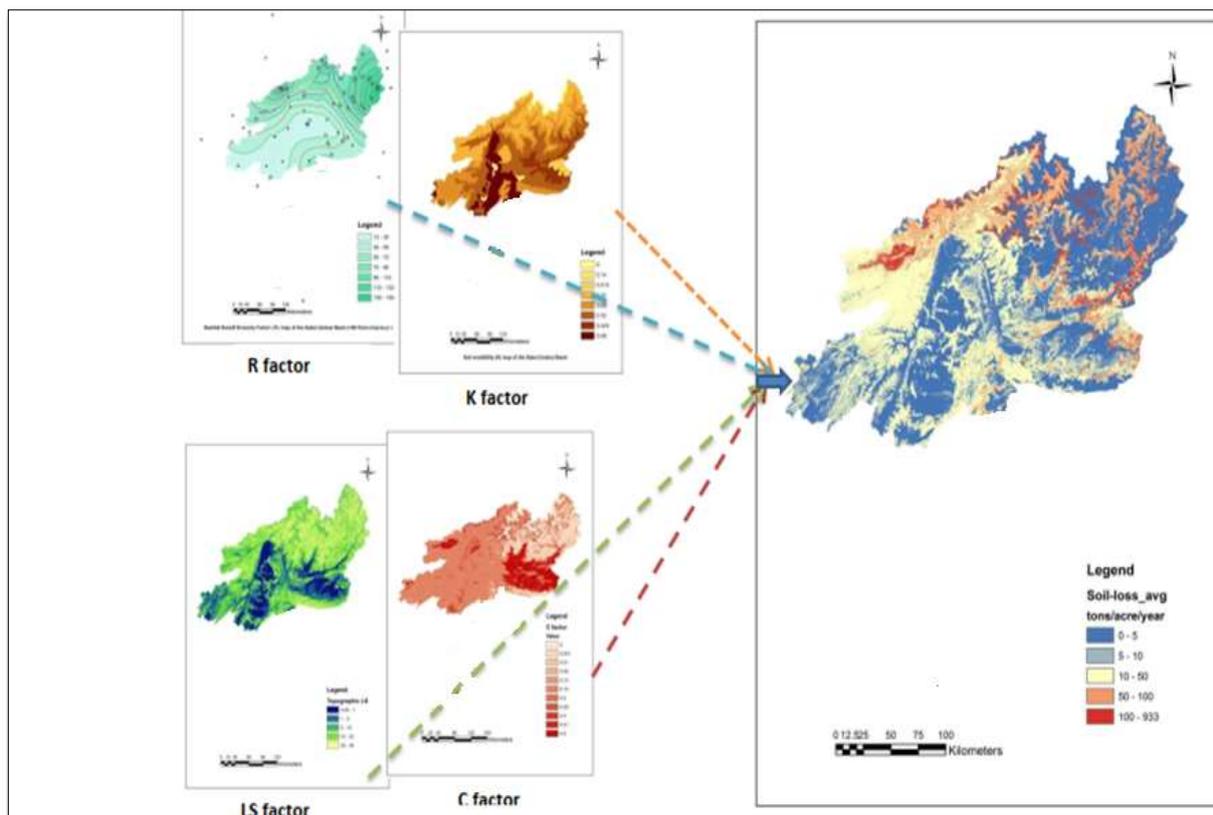
- Коэффициент эрозионной активности дождевого стока (R): 11,6 ~ 150,2 (100 ft × tons × acre-1 × yr-1); Коэффициент эродруемости почвы (K): 0 ~ 0,48;
- Коэффициент длины склона (L): 0 ~ 2,8;
- Коэффициент крутизны склона (S): 0 ~ 16,1;
- Коэффициент управления покрытием (C): 0 ~ 0,5;
- Фактор практики поддержки (P): 1,0.

Чтобы оценить среднегодовую скорость смыва почвы для бассейна, вышеуказанные шесть параметров были перемножены с помощью инструмента растрового калькулятора. На Рисунке 7 представлены карты среднегодовой скорости смыва почвы для бассейна. Среднегодовые потери почвы оцениваются в 4748 тонн/км<sup>2</sup>/год. Среднегодовые темпы смыва почвы зависят от типов растительного покрова бассейна. Общая среднегодовая скорость потерь почвы в бассейне реки Кабул составляет около 47 миллионов тонн в год. Площадь пастбищных угодий составляет около 57% от общей среднегодовой скорости потери почвы, за которой следует голая почва с обнажением горных пород.

Выход наносов зависит от общей эрозии в водосборе и от выноса эродированного материала за пределы водосбора. Только часть эродированного материала с возвышенностей водосбора выносится за пределы водосбора. Количество наносов, выносимых естественными потоками, намного меньше общей эрозии в верхнем водосборе.

Основная часть наносов откладывается в промежуточных местах, когда пропускная способность стока недостаточна для поддержания переноса.

Некоторая часть материала задерживается в пойме, а часть откладывается в каналах, но большая часть эродированного материала задерживается в озерах или водохранилищах.



**Рис. 7. Карта среднегодовой скорости смыва почвы в бассейне реки Кабул**

Общее количество наносов, доставляемых к выходу из водосбора, известно как выход наносов. По определению, выход наносов  $Y$  представляет собой общий сток наносов из водосборного бассейна за определенный период времени и обычно измеряется в тоннах в год. Для данного водосбора или бассейна, удельная деградация  $SD$  получается путем деления выхода наносов  $Y_s$  на площадь  $A$  водосборного бассейна. Следовательно:

$$SD = \frac{Y_s}{A} \quad (2)$$

где:  $SD$  = удельная деградация (эрозия) в тонн/км<sup>2</sup>. год,  
 $A$  = площадь водосбора в км<sup>2</sup>.

Ученые и исследователи установили связь между темпом поступления наносов и площадью. В этих отношениях наблюдается аналогичная тенденция: водосборы с большей площадью имеют меньший коэффициент доставки наносов. Это связано с тем, что на больших территориях больше шансов задержать наносы; поэтому вероятность попадания наносов в поток невелика. Ученые разработали следующие уравнения взаимосвязи между площадью и доставкой наносов.

Ренфро разработал уравнение:

$$\log(S_{DR}) = 1.7935 - 0.14191 \log(A) \quad (3)$$

где:  $A$  — площадь водосбора в  $\text{км}^2$ , а  $S_{DR}$  — коэффициент доставки наносов в процентах (%). Бойс установил взаимосвязь:

$$S_{DR} = 0.41 A_T^{-3} \quad (4)$$

где:  $A_T$  — площадь водосбора в  $\text{км}^2$ , а  $S_{DR}$  — коэффициент доставки наносов.

Уильямс и Берндт использовали наклон главного русла реки для прогнозирования коэффициента поступления наносов:

$$\text{Log}(S_{DR}) = 0.627 \text{ SLP} \quad (5)$$

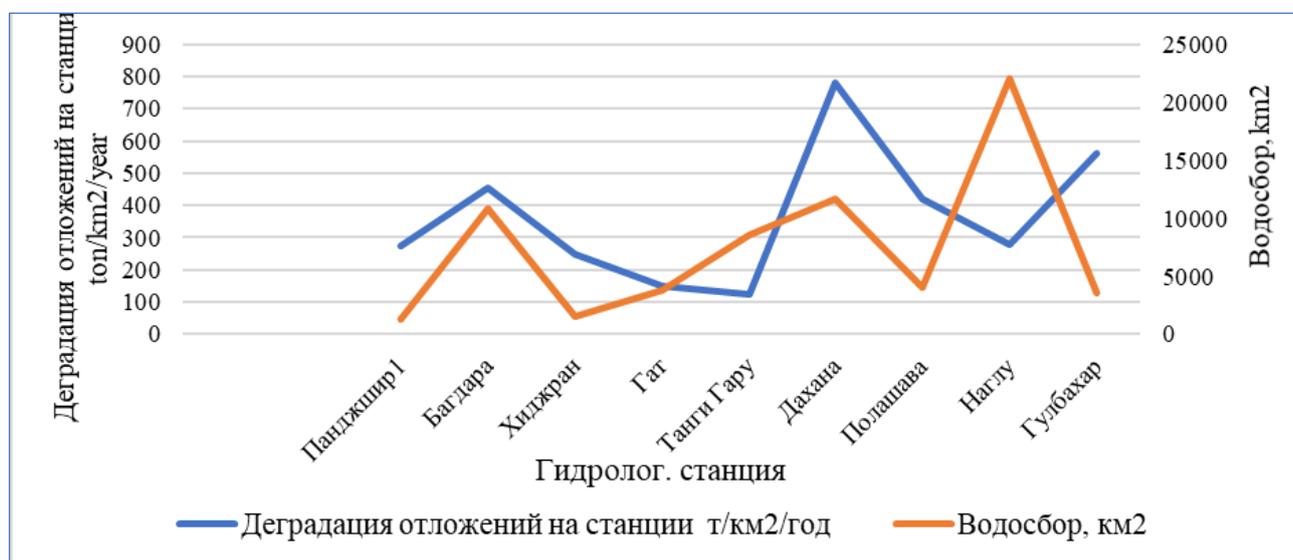
где: SLP — уклон основного потока в процентах (%)

Ренфро модифицировал модель (R2) следующим образом:

$$\log(S_{DR}) = 2.94259 + 0.83262 \log(R/L) \quad (6)$$

где  $R$  - рельеф водосбора, определяемый как разница высот между максимальной отметкой водосбора и выходом водосбора.  $L$  — максимальная длина водосбора, измеренная примерно параллельно основному стоку.

Данные по отложениям были взяты из седиментологического раздела генерального плана бассейна реки Кабул. С помощью набора инструментов ArcHydro в ArcGIS были очерчены водосборы для каждой гидрологической станции, а затем из карты эрозии, предсказанной моделью RUSLE, извлекалась среднегодовая эрозия почвы для каждого водосбора. В рисунке 8 представлены удельная деградация и площадь водосбора для гидрологических станций, расположенных в бассейне.



**Рис 8. Деградация отложений для станций, расположенных в бассейне реки Кабул**

В таблице 1 представлен коэффициент поступления наносов, рассчитанный на основе взаимосвязи между годовой эрозией почвы, определенной с помощью модели RUSLE, и наблюдаемыми данными о выносе наносов из отчета о генеральном плане, и по сравнению с коэффициентом поступления наносов, рассчитанным учеными Воусе и Renfro.

Среднегодовая скорость потерь почвы в бассейне реки Кабул оценивается в 4748 тонн/км<sup>2</sup>/год. Удельная деградация на станции Наглу составляет 308 тонн/км<sup>2</sup>/год.

**Таблица 1.**

**Результаты  $S_{DR}$  в водосборах бассейна реки Кабул**

Название Подводосбора	Водосборная площадь, км <sup>2</sup>	Удельная Деградация на станциях, тонн/км <sup>2</sup> /год	Средн. Годовая норма потери почвы, тонн/км <sup>2</sup> /год	$S_{DR}$ (%)		
				Ретро	Бойс	Наблюдаемы й
Панджшир I	1286	269	3143	22.3	5.8	2.5
Багдара	10861	455	5346	16.5	3.7	4.6
Хиджран	1579	250	2937	21.5	5.9	6.3
Гат	3789	150	1763	17.3	4.9	7.9
Танги Гару	8550	122	1433	17.2	3.1	6.3
Наглу	22046	308	3290	13.7	2.7	7.4
Гулбахар	3543	560	6580	12.5	4.5	6.4

Оценки нормы доставки наносов показывают, что значения находятся в диапазоне  $S_{DR}$ , установленных моделями Манера, Уильямса и Берндта, Ренфро и Бойса. Общий наблюдаемый коэффициент доставки наносов в бассейне реки Кабул колеблется от 2,5 до 10,8 %, где  $S_{DR} = 2,5$  % наблюдается на гидрометрической станции Панджшер I, расположенной на реке Панджшер, и  $S_{DR} = 10,8$  % на гидрометрической станции Дахана, расположенной на реке Кунар. Значение  $S_{DR}$  для станции Наглу составляет 7.4%.

Результаты батиметрической съемки - ёмкость водохранилища Наглу при НПУ составляет 550 млн м<sup>3</sup>. Поскольку топографической карты после строительства плотины Наглу не существует; поэтому эта цифра служит основой для наших расчетов изменения емкости водохранилища. Результаты батиметрических исследований показывают, что 189,6 млн. м<sup>3</sup> наносов накопилось за последние 52 года в водохранилище. Это означает, что ежегодный темп сокращения емкости водохранилища составлял 0,67%, что меньше мирового показателя 1% и показателя Ближнего Востока 1,02%. Количество отложений, накопленных в зоне полезного и мертвого объемов водохранилища, составляет 92, 43 млн м<sup>3</sup> и 97, 17 м<sup>3</sup> соответственно, что составляет 48.75% и 51.25% от общего количества отложенных наносов. Используя формулы, разработанные М.В. Потаповым, можно рассчитать срок службы водохранилища и период заиления водохранилища. Срок службы водохранилища, то есть время, в течение которого мертвый объем заполняется наносами и обеспечивается нормальная подача воды потребителям, рассчитывается по следующей формуле. Здесь предполагается, что сначала заполняется мертвый объем, а затем полезный.

$$t_{\text{ср}} = \frac{V_{\text{м.о}}}{W_p} = \frac{17 \cdot 10^7}{1.84 \cdot 10^6} = 92 \text{ года.} \quad (7)$$

где:  $W_p$  – средний многолетний объем наносов реки, м<sup>3</sup>/год.

По данным батиметрической съемки, около 97,17 млн м<sup>3</sup> накопленных в водохранилище осадков находится в мертвой зоне, то есть ежегодно в мертвой зоне накапливалось 1,84 млн м<sup>3</sup> наносов. Следовательно,  $V_{\text{м.о}}=1,84$ .

Период заиливания, то есть продолжительность полного заиливания водохранилища до НПУ, можно рассчитать по следующей формуле:

$$t_y = \frac{V_{\text{НПУ}}}{W_p} = \frac{55 \cdot 10^7}{3.6 \cdot 10^6} = 153 \text{ года.} \quad (8)$$

где,  $\frac{V_{\text{НПУ}}}{W_p}$  – объем резервуара на отметке НПУ

Таким образом, согласно приведенному расчету, срок службы водохранилища составляет 92 года, а период заиливания водохранилища – 153 года. Другими словами, к 2121 году водохранилище будет полностью заилено.

По данным Департамента гидрологии бассейна Кабула и полевых исследований, приток реки Панджшер вносит в водохранилище среднегодовой расход 101,5 м<sup>3</sup>/с и мутность 1,61 кг/м<sup>3</sup>. В то же время, приток реки Кабул обеспечивает среднегодовой расход 16,15 м<sup>3</sup>/с и мутность 1,76 кг/м<sup>3</sup>. Путем алгебраических расчетов определен годовой приток наносов в водохранилище и количество наносов, накопившихся в дне водохранилища за 52 года его эксплуатации (таблица 2).

**Таблица 2.**

**Скорость притока наносов в водохранилище Наглу**

Приток	Q <sub>ср</sub> , м <sup>3</sup> /сек	Q <sub>н</sub> , кг/м <sup>3</sup>	Кол-во наносов за сутки, кг/сут	Кол-во наносов за год, тонн/год	Объем наносов за год., м <sup>3</sup> /год	Объем наносов за 52 года, м <sup>3</sup>
Панджшер	105.4	1.6	14570496	5318231.04	3574080	185852160
Кабул	16.6	1.76	2524262.4	921355.776	619190.7	32197916.9
Общее количество отложений за 52 года, в тоннах					4193270.71	218050076.9

Как видно, ежегодно из притоков Панджшера и Кабула в водохранилище Наглу поступает  $6239 \cdot 10^6$  тонн наносов. Панджшер доставил  $5,31 \cdot 10^6$  тонн 85,23%, Кабул -  $921 \cdot 10^3$  тонн 14,77%. Годовой объем вынесенного наноса при средней плотности 1,48 тонн/м<sup>3</sup> составляет  $4,19 \cdot 10^6$  м<sup>3</sup> за год, что равен  $218 \cdot 10^6$  м<sup>3</sup> за 52 года эксплуатации водохранилища. По данным батиметрической съемки, за 52-летний период эксплуатации в водохранилище Наглу накопилось  $189 \cdot 10^6$  м<sup>3</sup> наносов. Однако, при сравнении данных расчетов из таблицы 1 с результатами батиметрической съемки обнаружена разница в размере  $29 \cdot 10^6$  м<sup>3</sup>. Таким образом, указанное количество наносов было перенесено в нижнюю часть водохранилища.

Из полученных выше чисел можно рассчитать способность задержания наносов (Т.Е.) водохранилища Наглу по уравнению Тахершамси и Сабзиванд.

$$T.E. = [\sum I_m - \sum O_m] 100 / \sum I_m, \quad (9)$$

где:  $\sum I_m$  — общее количество отложений, поступающих в водохранилище, а  $\sum O_m$  — общее количество отложений, выходящих из водохранилища.

$$\sum I_m = 218 \cdot 10^6 \text{ тонн}, \quad \sum O_m = 29 \cdot 10^6 \text{ тонн}.$$

Таким образом,  $T.E. = (218 \cdot 10^6 - 29 \cdot 10^6) 100 / (218 \cdot 10^6) = 86,7\%$

Следовательно, эффективность водохранилища Наглу по задерживанию наносов за время его эксплуатации составляет 86,7%, что означает, что около 13,3% наносов было вынесено в нижнюю часть водохранилища за этот период.

Результаты и сводка применения модели RUSLE для оценки эрозии почвы в бассейне Кабула. Заиление рек и водохранилищ происходит на водосборах, питающих рек и водохранилища. Если отсутствует четкое представление о происхождении отложений и путях их транспортировки, будет сложно разработать эффективные стратегии решения проблемы заиления водохранилищ. Знание проблемы одинаково важно как для проектирования, так и для эксплуатации водохранилищ. Результаты оценки водной эрозии проводимой с помощью модели RUSLE показали, что среднегодовая скорость потерь почвы в бассейне реки Кабул оценивается в 4748 тонн/км<sup>2</sup>/год. Пастбищные угодья, занимающие большую часть бассейна, являются основным источником эрозии (около 57%). Бесплодные земли, составляющие около 38%, вносят второй по величине вклад в общую скорость потерь почвы в бассейне.

Удельная деградация водосбора Наглу составляет 308 тон/км<sup>2</sup>/год. По проведенной оценке, значение  $S_{DR}$  (коэффициент доставки наносов) для Наглу составляет 7,0. По графику Бойса, это значение выше нормы по сравнению с площадью водосбора. Факторы, в том числе высокие склоны, чрезмерно деградированные земли (пастбища и голые земли), способствуют избытку этого значения. Для смягчения проблемы водной эрозии и деградации земель рекомендуется снизить значения факторов К, С и Р. Мировая практика показывает, что, применив ряд мер, значения этих факторов и водной эрозии можно существенно снизить. Следующие меры рекомендуется для уменьшения названных факторов:

Управление выпасом скота и предотвращение чрезмерный выпас. В настоящее время из-за чрезмерного выпаса, пастбищные угодья находятся в стадии сильной деградации;

Прекращение денудации бесплодных земель путем запрета на вырубку кустарников. Для восстановления утраченного растительного покрова рекомендуются лесонасаждения и озеленительные мероприятия;

Для решения проблемы больших уклонов, которые способствуют сильной эрозии, рекомендуются методы террасирования, создания прудов и контурирования, особенно для неорошаемых культур;

На участках с крутыми склонами, где преобладает овражная эрозия, настоятельно рекомендуется строить контрольные дамбы.

Опыт аналогичных бассейнов показал, что, приняв упомянутые меры, эрозию почвы можно снизить до 30% и более. Таким образом, в случае применения этих методов поток наносов в Наглу может снизиться с 1,62 кг/м<sup>3</sup> до 1,25 кг/м<sup>3</sup>, а срок полезного использования водохранилища может увеличиться с 92 до 119,6 лет.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. На основе батиметрических исследований, составлена гидрографическая карта водохранилища для разработки степени заиления водохранилища и концентрации отложений за 52 - летний период его эксплуатации. Доставленные наносы в водохранилище за период эксплуатации оцениваются в размере 189 млн м<sup>3</sup>, что эквивалентно ежегодной потере проектной емкости на 0,67%. При таком развитии событий водохранилище будет полностью заилено до нормального подпорного уровня к 2021 г.

2. На основе полевых измерений и расчетов установлены количественные показатели объема отложений. На основе полевых исследований и гидрологических данных установлено что 6,23 млн. тонн наносов транспортировалось в водохранилище за год. Общий объем наносов, перенесенных в водохранилище за 52 года эксплуатации, составляет 218 млн. м<sup>3</sup>.

3. Лабораторными анализами установлен гранулометрический состав отложений и найдена эффективность водохранилища по задержанию наносов; согласно лабораторным исследованиям состав наносов накопленный в водохранилище составляет: ил – 52%, глина – 23%, гравий – 9% и песок 16%.

4. Проведена оценка эрозии почвы в бассейне р. Кабул с указанием действующих факторов; выявлена специфическая эрозия и доставка отложений с водосборов главных притоков бассейна. Среднегодовая скорость потери почвы в бассейне реки Кабул оценивается в 4748 тонн/км<sup>2</sup>/год, а общая среднегодовая скорость потери почвы составляет примерно 35.5 млн. тонн/год. Пастбищные угодья, на которые приходится 57% общей среднегодовой потери почвы, вносят основной вклад в деградацию земель в бассейне. Бесплодные земли, производящие около 38% деградации, являются вторым по величине источником потерь почвы в этом бассейне.

5. На примере Наглу ГЭС рассмотрены причины заиления предгорных и горных водохранилищ. Это своего рода первое исследование в Афганистане и может стать хорошим началом для подобных исследований в других водохранилищах Афганистана.

6. Водоохранилище Наглу очень важно для поддержания баланса наносов ниже по течению реки Кабул, где расположены такие водохранилища, как Саруби, Дарунта и планируемое Саруби II. Выход из строя или разрушение водохранилища окажет серьезное воздействие на эти жизненно важные объекты, а его общее воздействие на окружающую среду и экономику страны окажется некомпенсированным.

7. До недавнего времени водохранилище Наглу управлялось неадекватно. В последние годы мало усилий было предпринято для решения проблемы седиментации в водохранилище. Донное водоспускное сооружение не функционирует должным образом, а персонал, работающий на водохранилище, не обладает достаточными возможностями и навыками для эксплуатации такого важного объекта. Настоятельно рекомендуется улучшить эксплуатацию и техническое обслуживание водохранилища. Кроме того, важно создать надлежащую систему мониторинга и управления наносами. Как упоминалось в диссертации, период высоких паводков с марта по май может быть использован для гидравлической промывки водохранилища. Также необходимо повысить работоспособность персонала этого объекта и необходимо привлечь к управлению этим объектом отечественных и зарубежных опытных специалистов.

**SCIENTIFIC COUNCIL DSc.03/30.12.2019.T.10.02 FOR THE AWARD OF  
ACADEMIC DEGREES AT “TASHKENT INSTITUTE OF IRRIGATION  
AND AGRICULTURAL MECHANIZATION ENGINEERS”  
NATIONAL RESEARCH UNIVERSITY**

---

**“TASHKENT INSTITUTE OF IRRIGATION AND AGRICULTURAL  
MECHANIZATION ENGINEERS” NATIONAL RESEARCH UNIVERSITY**

**MAHFOUZ AHMADI**

**“ASSESSMENT OF THE INTENSITY OF CHANGE IN THE BOTTOM OF  
MOUNTAIN RESERVOIRS”  
(based on the example of reservoirs of Afghanistan)**

**05.09.07 – Hydraulics and Engineering Hydrology**

**DISSERTATION ABSTRACT OF THE DOCTOR OF PHILOSOPHY (PhD) IN  
TECHNICAL SCIENCES**

**Tashkent - 2024**

**The topic of the PhD dissertation is registered with the Higher Attestation Commission under the Ministry of Higher Education, Science and Innovation of the Republic of Uzbekistan under number B2024.1/PhD/T4531**

The dissertation was completed at the National Research University “Tashkent Institute of Irrigation and Agricultural Mechanization Engineers”.

The abstract of the dissertation is posted in three languages (Russian, English and Uzbek (resume)) on the website of the Scientific Council ([www.tiame.uz](http://www.tiame.uz)) and on the website of «ZiyoNet» and educational portal ([www.ziynet.uz](http://www.ziynet.uz)).

<b>Scientific adviser:</b>	<b>Dilshod Raimovich Bazarov</b> Doctor of technical sciences, professor
<b>Official opponents:</b>	<b>Yangiev Asror Abdikhamidovich</b> Doctor of Technical Sciences, Professor <b>Shakirov Bakhtiyar Makhmudovich</b> Doctor of Technical Sciences, Professor
<b>Leading organization:</b>	<b>National University of Uzbekistan</b>

The defense of the thesis will be “\_\_\_\_\_” \_\_\_\_\_ 2024 at \_\_\_\_\_ hours at the meeting room of the Scientific Council DSc. 03/30.12.2019. T.10.02 at the “Tashkent Institute of Irrigation and Agricultural Mechanization Engineers” National Research University (Address: 100000, Tashkent, Kari-Niyaziy street 39. Tel.: (+99871) 237-09-71, Fax: (+99871)-237-54-79. e-mail: [admin@tiame.uz](mailto:admin@tiame.uz))

The doctoral dissertation can be found at the Information resource centre of the “Tashkent Institute of Irrigation and Agricultural Mechanization Engineers” National Research University (registered with №\_\_\_\_\_) at the address: 100000, Tashkent, Kari-Niyaziy street 39. Tel: (+99871) 237-19-45. e-mail: [admin@tiame.uz](mailto:admin@tiame.uz)

Abstract of dissertation was sent « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2024.

(register of the distribution protocol № \_\_\_\_\_ from « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2024).

**A.T.Salohiddinov**  
Chairman of the scientific council awarding  
Scientific degrees, doctor of technical  
sciences, professor

**F.A.Gapparov**  
Scientific secretary of the scientific council  
awarding scientific degrees, doctor of technical  
sciences, professor

**A.M. Arifzhanov**  
Chairman of the academic seminar under  
the scientific council awarding scientific degrees,  
doctor of technical sciences, professor

## INTRODUCTION (PhD dissertation abstract)

**Relevance and demand for the dissertation topic.** In the world of scientific research, special attention is paid to the rational and sustainable use of reservoirs, taking into account the severity of the problem of water resources deficit caused by climate change. Particularly relevant are the issues of efficient and reliable operation of reservoirs and stabilization of their useful volumes to ensure uninterrupted water supply to consumers, including agricultural crops during the growing season. Currently, in developed countries, taking into account global climate change, research is being conducted to develop optimal modes of reservoir operation using geoinformation technologies, mathematical modeling and bathymetric surveys. Assessing the level of siltation, taking into account the role of river basins and channel processes, remains one of the main issues of modern channel hydraulics and hydrology. In this regard, special attention is paid to ensuring the safe and efficient operation of reservoirs, as well as predicting the service life and complete siltation of these structures.

In the world, much attention is paid to research on the development of efficient, reliable and sustainable solutions and the development of effective methods for optimizing the operation of reservoirs and managing sediment sources that contribute to siltation and reduce the useful capacity of reservoirs. At the same time, taking into account the elements of the water balance in reservoirs, determining the decrease in the useful volume of reservoirs and increasing the useful volume are urgent tasks. Currently, one of the major challenges facing the scientific community is to improve hydraulic and hydrological modeling methods to increase the efficiency and reliability of reservoirs. Key issues include finding a suitable reservoir sedimentation monitoring system, assessing the role of catchment area and the role of channel processes in reservoir sedimentation, and developing methods to reduce sediment inflow into the reservoir and manage existing sediment masses in reservoirs.

Water resources management is currently a top priority for Afghanistan. Due to inefficient operation and maintenance, mountain reservoirs in Afghanistan are subject to intense siltation, which negatively affects their normal functioning and sustainability. In order to effectively use water resources, methods are being developed to assess and study river basins and the correlation between reservoir sedimentation and sediment loss from catchment areas. With proper application of these methods, reservoirs can operate for long periods. The simplicity and cost effectiveness of these methods make them easily replicable in reservoirs in Afghanistan.

This study, to a certain extent, serves to implement the tasks set in the Decree of the President of the Republic of Uzbekistan dated February 7, 2017 UP-4947 “On the Strategy of Action for the further development of the Republic of Uzbekistan” and the Decree of the President of the Republic of Uzbekistan dated September 25, 2017 PP-3286 “On measures on further improvement of water bodies protection systems” and other regulatory documents related to this activity.

**Correspondence of the research to the priority areas of science and technology development in Afghanistan.** This study was conducted in accordance

with the priority direction for the development of science and support for innovation in Afghanistan, expressed in the Afghanistan Strategic Development Framework for 2020–2025: "Managing the country's water resources to provide people with clean water, developing agriculture, generating electricity and protecting the country's environment, which will contribute to the sustainable development of Afghanistan."

**Degree of research on the problem.** The construction of hydraulic structures in the riverbed leads to the reshaping of the riverbed. In the upper pool, as a result of the backwater of the dam, sedimentation, siltation and rise of the bed of the channel occur, which originate from the drainage area. The scientists S.T.Altunin, M.A.Velikanov, A.V.Karaushev, A.N.Gostunsky, K.I.Rossinsky, I.A.Kuzmin, I.I.Levi, M. A. Mostkov, I. A. Moldovanov, G. I. Shamov, I. A. Shneer, V. G. Sanoyan, V. S. Lapshenkov, A. M. Mukhamedov, K. Sh. Latipov, I. A. Buzunov, F.Sh.Mukhamedzhanov, Kh.A.Ismagilov, V.A.Skrylnikov, E.Zh.Makhmudov, M.R.Bakiev, F.Khikmatov, A.M.Arifzhanov, F.A.Gapparov, M. R. Ikramova, G. Davronov, I.A. Akhmedkhodzhaeva, D.R. Bazarov, Julien P.Y., Kane B. Morgan R.P. and Renard K have carried out researches on the topic.

Scientists A.B. Avakyan, A.E. Asarin, A.M. Mukhamedov, A.B. Kitaev, Yu.M. Matarzin, D.A. Nikiforova, Ya.F. Pleshkov, Sh R. Pozdnyakov, L. V. Potapova, M. Ya. Prytkov, A. D. Savarensky, V. P. Saltankin, S.H. Taglavi, V.A. Sharapov, F.Khikmatov, F.A.Gapparov, Yu.N.Shavnina, V.I.Stefan, K.K.Edelshtein, D.W.Baker, B.P.Bledsoe, C.M.Albano, N.L.Poff, G.Williams, G.L. Morris, R. Poepl, S.A.Kantoush, Y.G.Lai, B.N.Eustis, D.S. van Maren, S.Heaven, T.Tanto, D.Rycroft and a number of other scientists have conducted research on improving the regime of reservoirs.

**The connection of the dissertation topic with the research work of the research institution where the dissertation was completed.** The dissertation research was carried out in accordance with the research plan of the "Tashkent Institute of Irrigation and Agricultural Mechanization Engineers" National Research University on the economic contract topic : No. 17/2019 "Development of recommendations for determining the useful volume of the Talimarzhan reservoir" (2019). The dissertation also corresponds to the project of the Kabul River Basin Department to assess the current capacity and sustainability of the operation of hydraulic structures located on the Kabul River (2020).

**The aims of the research** is assessment of the intensity of change in the bottom of mountain reservoirs.

**Research objectives:**

determination of the actual morphometry of the reservoir using the bathymetric study method.

determination of the granulometric composition of sediments and their concentration on the bottom of the reservoir based on field measurements and laboratory analysis.

development of a method for determining reservoir sediment trap efficiency over the operational period by analyzing hydrological and bathymetric data.

assessment of water erosion in the Kabul River basin using the RUSLE method in order to identify a correlation between erosion and siltation of the reservoir.

**The object of the study is** the reservoirs of Afghanistan (Naglu reservoir).

**The subject of the study.** Formation of sediments in mountain reservoirs, their quantitative and structural components, changes in the reservoir bottom, the influence of catchments on the siltation of mountain reservoirs.

**Research methods.** In the course of the research, widely accepted methods of hydrology and hydraulics, hydrographic techniques (bathymetric surveys), and the empirical RUSLE model were utilized to assess water erosion and its impact on the siltation of the reservoir.

**Scientific novelty of the research:**

taking into account long-term operation, a bathymetric map of the Naghlu reservoir was developed to assess its current hydrographic state;

the reshaping of the mountain reservoir bowl was assessed taking into account the sediment concentration and granulometric composition of alluvial deposits;

a method has been developed to determine the reservoir sediment trap efficiency during its operation period, considering the relationship between sediment deposition in the reservoir bowl and the reservoir's sediment passing capacity.

the RUSLE method was used to assess water erosion in the Kabul River basin, erosion values for catchments and a correlation between water erosion and reservoir siltation were obtained.

**The practical results of the study** are as follows:

Based on bathymetric studies, hydrological data, field measurements and analyses, the degree of siltation and distribution of sediments along the bottom of the mountain reservoir were established;

The useful life and the full period of siltation of the reservoir were determined.

Based on the application of the empirical RUSLE method, soil degradation in the Kabul River basin was calculated and specific degradation rates at the foot of the catchment areas were determined and recommendations were given.

**Reliability of the received results.** The reliability of scientific research lies in the use of generally accepted methods, including bathymetric surveys, field measurements carried out in natural conditions and laboratory analysis of samples, as well as empirical methods, comparison of research results with foreign experience and the application of these results in practice..

**Scientific and practical significance of the research results.**

Improving methods for assessing the reshaping of the bottom of mountain reservoirs; determining the sediment trap efficiency of the reservoir, as well as identifying the correlation between the intensity of reservoir siltation and the transport of sediment from the catchment area determine the scientific significance of the research.

The practical significance of the research results lies in increasing the service life of mountain reservoirs and improving the operation and maintenance of reservoirs.

**Implementation of the research results.** Based on the obtained results of studies on siltation of mountain reservoirs:

Methods of practical monitoring and studying changes in the reservoir bowl in conditions of insufficient hydrological data and the absence of a sustainable monitoring system were implemented in the Naghlu reservoir of the Department of Energy and

Water Resources of the Sarubi District of Kabul Province (Certificate no. 1 Ministry of Energy and Water of Afghanistan dated July 10, 2023). As a result, a bathymetric map of the reservoir was created and its morphometric indicators were clarified.

The developed methodology for determining the sediment-holding capacity of the reservoir during the operation period was implemented in the Naghlu reservoir of the Department of Energy and Water of the Sarubian District of Kabul Province (Certificate no. 1 Ministry of Energy and Water Resources of Afghanistan dated July 10, 2023). As a result, the volume of siltation of the reservoir and the volume of sediment discharged from the reservoir into the lower pool were substantiated.

RUSLE has been used to assess water erosion in the Kabul River Basin and implement erosion and sedimentation mitigation methods, which will ultimately increase the useful capacity of the Naghlu Reservoir, under the Department of Energy and Water Resources, Sarubi District, Kabul Province (Certificate no. 1 Ministry of Energy and Water of Afghanistan dated July 10, 2023). As a result of applications of recommended methods, the water erosion in the river basin will reduce substantially resulting in the increase in the useful volume of the reservoir by 30%

**Approbation of the research results.** The results of the study were discussed at 4 international and 3 national scientific and practical conferences.

**Publication of research results.** 17 scientific papers have been published on the topic of the dissertation. Of these, 6 are in foreign journals recommended by the Higher Attestation Commission of the Republic of Uzbekistan for the publication of the main scientific results of the Doctor of Philosophy (PhD) dissertation, including published in 3 republican editions and 8 in foreign journals included in the Scopus rating database.

**Structure and scope of work.** The dissertation consists of an introduction, four chapters, conclusions, and a list of references. The material is presented on 123 pages.

## MAIN CONTENT OF THE THESIS

The **introduction** substantiates the demand for and relevance of the research, the goals and objectives of the research, characterizes the object and subject, shows the correspondence of the research to the priority directions of the development of science and technology in the country, outlines the scientific novelty and practical results of the research, reveals the scientific and practical significance of the results obtained, and introduces the results into practice research, information on published works and the structure of the dissertation.

The first chapter of the dissertation “**Current state of knowledge of the problem of reshaping the beds of mountain reservoirs**” provides comprehensive information on the classification of reservoirs and provides a comprehensive classification of reservoirs. An overview of reservoirs on a regional and global scale is provided. The advantages and disadvantages of reservoirs are explained. Despite some shortcomings, reservoirs are still very important assets and their role in water resource management in the era of climate change is very important.

This chapter discusses the problems of creating and operating reservoirs. The creation of reservoirs sharply disrupts the relative balance established naturally and causes intensive development of various natural processes: reshaping of the banks,

rising groundwater levels, causing inundation of agricultural land, populated areas, changes in the meteorology of the area, and the soil cover of vegetation. The creation of reservoirs and the resulting inundation of land and many of the above processes lead to significant changes in the economy of the surrounding areas and in the river valley below the hydroelectric dam. Siltation of the reservoir is a very big problem. Unfortunately, a correct solution to the problem has not yet been found. The lifespan of a reservoir depends on the amount of sediment in the water. Due to climate change and soil degradation in the catchment area, the amount of sediment is increasing every day. Experience in operating reservoirs and research conducted over the past 15 years both in the country and abroad have shown that the greatest negative consequences for nature are associated with the creation of very large reservoirs. Considering that some of the negative consequences may be irreversible, it should be assumed that in the future, mainly medium and small reservoirs will be created, solving both complex and sectoral problems of economic development.

This chapter describes in detail the main methods for determining the solid runoff of mountain and lowland rivers. The fraction scale proposed by V.N. Goncharov is explained in tabular form. The amount of sediment per unit volume of water or per unit catchment area varies both over area and over time. The fractional composition of sediments is also different. The process of sediment formation in rivers is influenced by: slope, soil, plowing, swampiness, forest cover, relief, and moisture content of the catchment area. The intensity of siltation in reservoirs and ponds increases with the presence of organic impurities in sediments. The concepts of siltation period and service life of reservoirs proposed by M.V. Potapov are explained with formulas. Graphic-analytical method of G.A. Alekseev for determining the flow rate and the formula of V.B. Polyakov and M.V. Potapov are described in detail. Also methods and formulas of NPO SANIIRI and scientists like A.N. Gostunsky and F.Sh. Mukhamedzhanov, Taylor, Ort, G.I. Shamov, V.S. Skrylnikova, I.A. Akhmedkhodzhaevs, V.S. Lapshenkova are discussed in the first chapter.

It also provides information on the characteristics of mountain watercourses in Afghanistan. The construction of water intake structures is closely related to the formation of the river bed, changes in its channel parameters with flow elements. Most of the small mountain rivers of Central Asia and Afghanistan, with maximum flood flows rarely exceeding  $50 \text{ m}^3/\text{s}$ , serve as power sources for foothill irrigation systems.

Most of the rivers in Afghanistan are mountainous or piedmont with relatively large slopes. In the flow, along with the water, as mentioned above, a large amount of coarse sediment moves, up to boulders, which extremely complicate the operation of water intake structures, clogging their inlets and carrying the head sections of irrigation systems, which causes significant costs for cleaning them from sediment.

Conventional hydraulic methods do not sufficiently take such phenomena into account when constructing water intake structures. It is especially difficult to study the structure of a turbulent flow, the movement of bottom sediments, and to establish a connection between liquid and solid runoff of mountain rivers.

According to our research, the mountain rivers of the Kabul basin have much in common in terms of the nature of the geological structure, the presence of vegetation, the shape and configuration of the basins in plan, altitudinal position and slopes.

**The second chapter** of the dissertation “**Hydrological study of the mountain rivers of Afghanistan**” examines the main features of the relief, geographical structure, climate, mountain ranges, deserts and river basins of Afghanistan; information is provided on the country's water and huge hydropower potential, which has not yet been fully exploited; the existing hydropower and hydraulic structures of Afghanistan are listed. This chapter serves as a prelude to selecting a research subject.

This chapter provides detailed information about the hydrographic characteristics of the river basins of Afghanistan.

Afghanistan is a landlocked country, its territory is five river basins:

1. Kabul, 2. Amu Darya, 3. Helmand, 4. Garirod, 5. Northern. Along with this, about 11.3% equal to 72,500 km<sup>2</sup> of the country's territory does not have surface drainage, which include the southern part of rocky and sandy deserts and the area between the tributaries of the deltas of drainless rivers flowing from the northern slopes of the Hindu Kush.

There are relatively many rivers in Afghanistan, but the intra-annual distribution of their flow is unfavorable for irrigated agriculture. This is explained by the absence of permanent glaciers and a permanent snow line, which are the main runoff-forming factor in feeding rivers in high mountain areas. During the low water period - in autumn, when there is almost no precipitation, and in winter, when snow falls - the only source of river flow is underground water. Another flow-forming factor is melt water. The degree of water content of rivers depends on the amount of snow that has fallen in the mountains and the course of temperatures.

This chapter also provides information on the country's hydropower potential. Afghanistan has great potential for the development of water resources and hydropower. The country used only one-third of its water for irrigation, and for hydropower it barely used 3% of its potential. Information is provided on the main hydraulic and hydropower facilities of the country such as Surubi Hydroelectric Power Station, Kajaki Hydroelectric Power Station, Salma Dam, etc. Information about the object of the study Naglu hydroelectric power station is also given.

The Naghlu Dam is located 70 km east of Kabul. It was built in 1968 to produce electricity and is connected to the national grid of Afghanistan. Currently, the dam is the largest power plant in the country. The height of the dam is 110 m, the length is 360 m, and the reservoir capacity reaches 550 million m<sup>3</sup>. The useful capacity of the reservoir is 380 million m<sup>3</sup>.

The data on mountain rivers in Afghanistan require further field studies to develop effective, robust and sustainable strategies, as well as to establish efficient methods to optimize reservoir operations and manage sediment sources that contribute to siltation and thus reduce reservoir storage capacity.

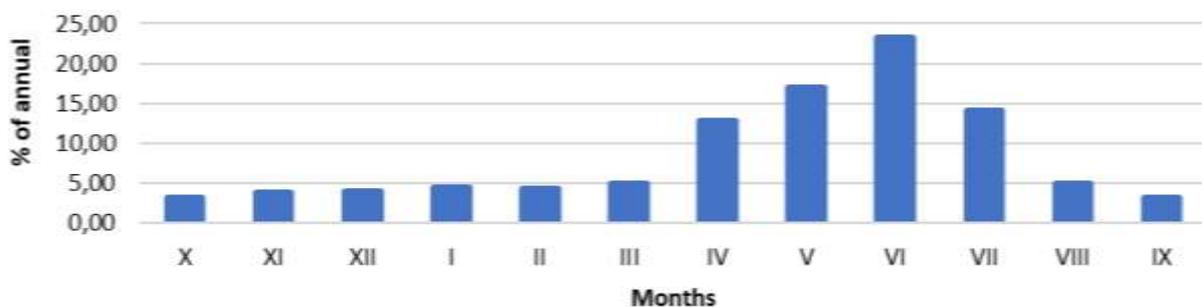
**The third chapter** of the dissertation, entitled “**Field studies to determine the siltation of reservoirs in the Kabul basin,**” presents the results of the field study aimed at identifying existing problems in reservoir operation caused by sedimentation. It also provides information on the liquid and solid runoff of the Kabul River, obtained from field measurements and laboratory analyses, to assess the sediment retention capacity of the reservoir.

There are both direct and indirect methods for assessing reservoir siltation. Direct

methods involve field measurements and can be categorized based on the specific techniques and equipment used during the survey. Indirect methods, on the other hand, address the complexity of sediment transport and deposition in reservoirs through mathematical and computational analysis.

In this research, the author utilized the bathymetric method to determine the level of reservoir siltation. Recognizing that sedimentation begins in catchment areas, the author also employed the RUSLE method to assess issues related to erosion and sediment delivery to adjacent areas of the reservoir.

This section collects and analyzes data from various sources about the Kabul River, which is one of the major rivers in Afghanistan. It is important for all sectors of the country's economy, including irrigation, hydropower, fisheries, recreation, and water supply. The Naghlu Reservoir, the subject of this dissertation, is fed by two major tributaries of the Kabul River (Kabul and Panjshir). The river is fed mainly by snowmelt in the highlands of central Afghanistan. The total area of the river basin is 22,046 km<sup>2</sup>. The average annual discharge at the Naghlu hydrological station is 122 m<sup>3</sup>/sec. Figure 1 shows the intra-annual flow distribution.



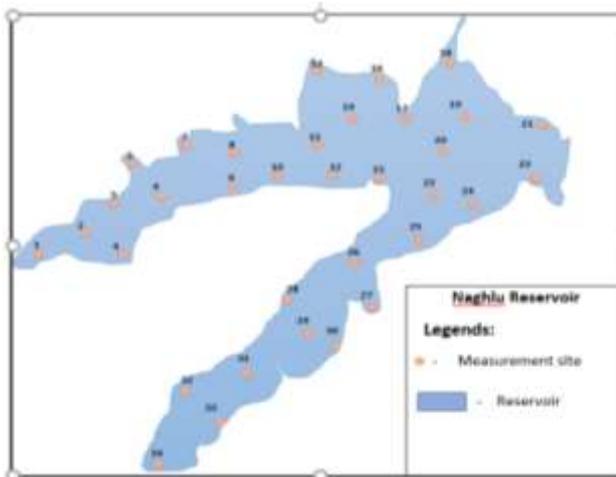
**Figure 1. Intra-annual distribution of runoff (% of annual) at the Naglu hydrological station of the river basin. Kabul**

Like the liquid runoff, the solid runoff of the upper reaches of the Kabul River and its right tributaries differs in volume and characteristics from the solid runoff of the left tributaries flowing from the spurs of the Hindu Kush. In the report of the FAO commission, the data available at that time for different years from 1957 to 1965 were processed for some sections. The average turbidity of the Kabul River in the Naghlu section was approximately estimated by the FAO commission at 1.7 kg/m<sup>3</sup> (for 1957), and by V. L. Schultz at 1.6 kg/m<sup>3</sup>.

According to the hydrological department of the Kabul basin, the average sediment discharge for the Panjshir tributary at the Naghlu-2 hydrographic post is 1.62 kg/m<sup>3</sup>, and for the Kabul tributary at Tangigar - 1.76 kg/m<sup>3</sup>.

According to our field measurements and laboratory analysis of sediments at the Naglu-2 and Tangigaru gauging stations for 12 months in 2020 and 2021, the sediment discharge of the Panjshir River is 1.66 kg/m<sup>3</sup>, while the Kabul tributary is 1.78 kg/m<sup>3</sup>. The analysis of these sediments in correlation with bathymetric data to determine the sediment holding capacity of the reservoir is presented in Chapter IV. The field survey of the reservoir was carried out from September 22 to October 2, 2020. A motorboat and a Sea Charter 480DF single-beam 200 kHz echo sounder (Fig. 3) were used for the

bathymetric survey of the Naglu Reservoir. This equipment was connected to a real-time global kinematic positioning system (RTK-GPS) to determine the absolute x, y and z coordinates of the reservoir bottom. During the study, 34 points on the bottom of the reservoir were selected, from which bottom sediment samples were collected for analysis (Fig. 2). Due to the ease of use in the aquatic environment, a Van Veen grab sampler was used to collect bottom sediment samples (Fig. 3).

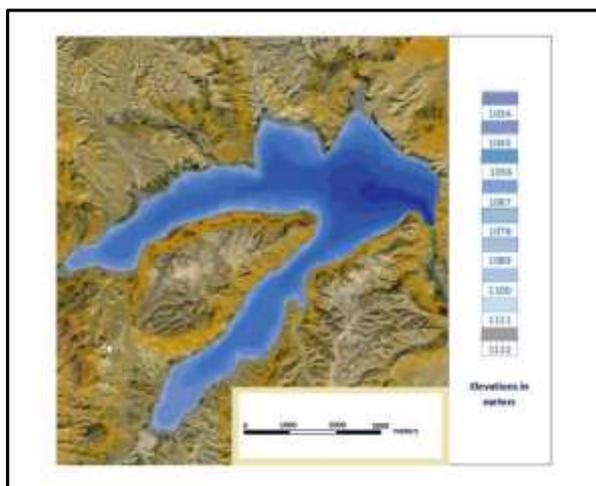


**Figure 2. Locations on the bottom of the Naglu Reservoir where sediment samples were taken**



**Figure 3. Fish Elite 480 and Sea Charter 480DF echo sounder and Van Veen grab sampler**

The slg data files collected during the sonar survey of the Naglu Reservoir were processed and analyzed using software and ArcGIS. These files included water depth and boat position data. Using Sonar Viewer, the depths were converted to reservoir bottom elevations according to the reservoir elevations on the date of the survey (Figure 4).



**Figure 4. Elevation map of the bottom of the Naglu reservoir, compiled from bathymetric data in 2020**

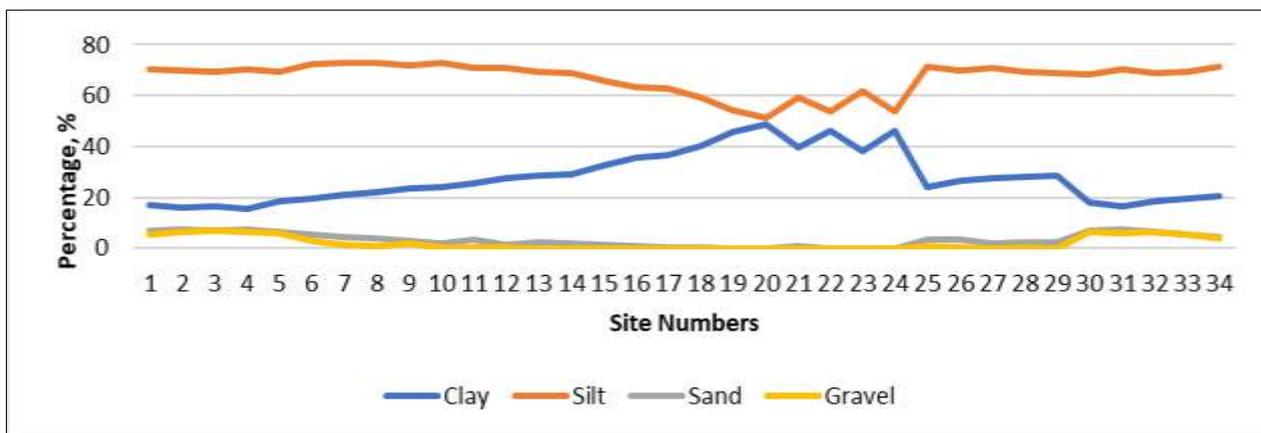


**Figure 5. Sediment distribution at the bottom of the Naglu reservoir**

A better understanding of the sediment origin, transport history and sediment accumulation conditions in the Naglu Reservoir depends mainly on the particle size analysis method. Overall, based on sediment abundance from highest to lowest

percentage, the reservoir bottom is primarily composed of silt 52%, clay 23%, gravel 9% and sand 16% (Figure 5).

Clay deposits are composed of silty clay 78,5%, silty sandy loam clay 11%, sandy gravelly-silty clay 1.5%, gravelly-sandy silty clay 1%. Gravel deposits sandy-silty-clayey gravel and sandy-gravel are deposited on the shoreline of both upper wings of the reservoir, which may be associated with wave action. More than 60% of sandy-silty sediments are deposited at the mouth of the Kabul and Panjshir rivers. About 30-40% of clay sediments are deposited in the dam area (Figure 6).



**Figure 6. Percentage distribution of sediment grains in the bed of the reservoir**

Based on the standard deviation values of the sediments, it was concluded that 70.4% of the sediments deposited in the reservoir are classified as very poorly sorted and 17.4% as extremely poorly sorted and the rest of the sediments are poorly sorted, which constitute only 12.2% of the total amount of sediment deposited. According to laboratory data, the weighted average specific gravity of sediments is 1.48 ton/m<sup>3</sup>.

The results of the bathymetric survey showed that about 34.5% of the reservoir is filled with sediment, which amounts to about 189 million m<sup>3</sup>. Silt and clay deposits occur mainly in the central part near the dam part of the reservoir, and a mixture of clay, sand and a small amount of gravel is concentrated in the right and left flanks of the Kabul and Panjshir tributaries.

Calculation of siltation of the reservoir and the connection between bathymetric survey and field research is given in the fourth chapter.

**The fourth chapter** of the dissertation, “**Assessing the intensity of change in the bottom of mountain reservoirs,**” analyzes erosion in the Kabul River basin, which feeds a number of reservoirs, including Naglu. To study erosion in the basin, a RUSLE model was used in conjunction with the ArcGIS program. The model has become widespread due to its reliability and popularity among users around the world. The model determines the total erosion in the basin, sediment removal from the watershed, and the sediment delivery rate from each watershed. The RUSLE model shows how climate, soil, topography and land use influence soil erosion in watersheds.

The RUSLE model shows how climate, soil, topography, and land use influence erosion in and between streams caused by rainfall impacts and runoff.

The basic assumption of RUSLE is that detachment and deposition are controlled

by the sediment content of the stream. The process of erosion is not limited to the source; however, it is limited by the flow capacity.

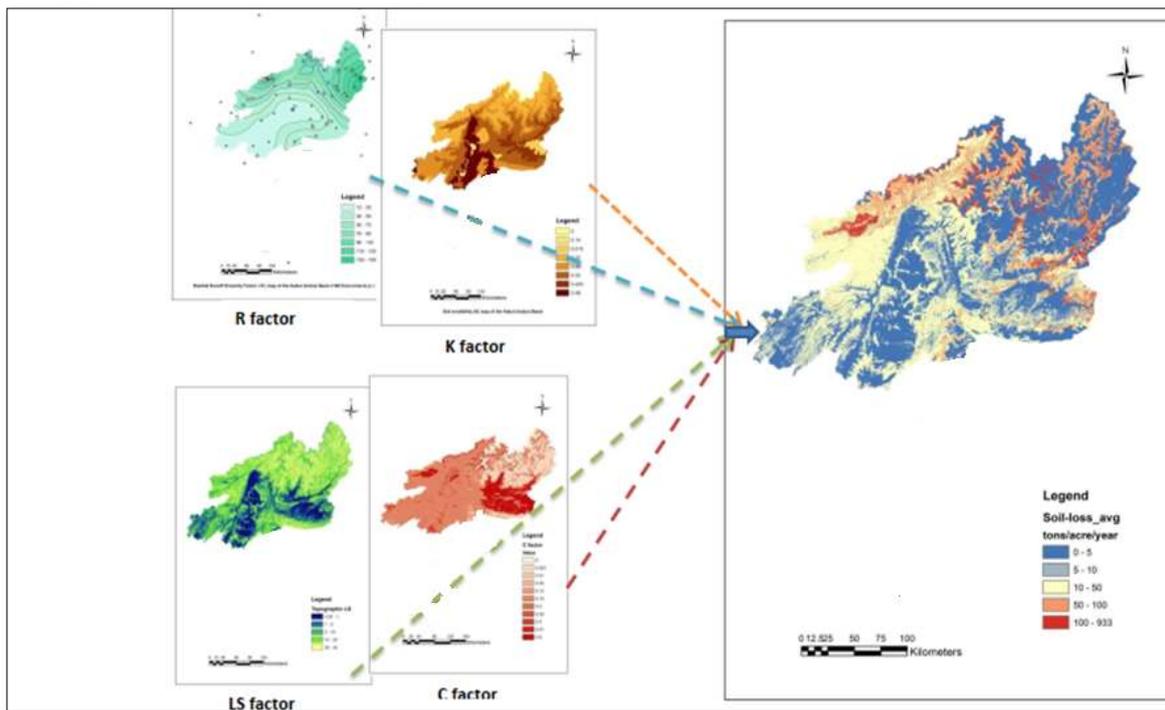
When the sediment load reaches the flow capacity, detachment can no longer occur. USLE and RUSLE estimate average annual erosion using the same equation, but RUSLE is based on recent changes in various parameters, which are shown in Equation:

$$A = R \cdot K \cdot L \cdot S \cdot C \cdot P \quad (1)$$

where: A is the estimated average spatial soil loss and average temporal soil loss per unit area;

The RUSLE model uses six parameters including rainfall erodibility (R), soil erodibility (K), slope length and steepness (LS), cover management (C) and support practice factor (P) to estimate the average annual rate of soil loss. The ranges of the six parameters for the Kabul River Basin are as follows:

- 1) Rainwater runoff erosive rate (R): 11.6 ~ 150.2 (100 ft × ton × acre<sup>-1</sup> × year<sup>-1</sup>)
- 2) Soil erodibility coefficient (K): 0 ~ 0.48
- 3) Slope length ratio (L): 0~2.8
- 4) Slope coefficient (S): 0 ~ 16.1
- 5) Coating control coefficient (C): 0~0.5
- 6) Support Practice Factor (P): 1.0



**Figure 7. Map of the average annual soil loss rate in the Kabul River basin**

To estimate the average annual soil loss rate for the basin, the above six parameters were multiplied using a raster calculator tool. Figure 3 shows maps of the average annual soil loss rate for the basin. Average annual soil loss is estimated at 4748 ton/km<sup>2</sup>/year.

The average annual rate of soil loss depends on the types of vegetation cover in the basin. The overall average annual rate of soil loss in the Kabul River basin is about 47 million tons per year. Grassland area accounts for about 57% of the total average

annual soil loss rate, followed by bare soil with rock outcrops. (Figure 7)

Sediment yield depends on the overall erosion in the catchment and on the transportation of eroded material outside the catchment. Only part of the eroded material from the higher elevations of the catchment is carried outside the catchment. The amount of sediment carried by natural streams is much less than the total erosion in the upper catchment. The bulk of sediment is deposited in intermediate locations when drainage capacity is insufficient to support transport.

Some material is retained in the floodplain and some is deposited in channels, but most of the eroded material is retained in lakes or reservoirs.

The total amount of sediment delivered to the outlet of the catchment is known as sediment yield.

By definition, sediment yield  $Y$  is the total sediment discharge from a watershed over a period of time and is usually measured in tons per year. For a given catchment or basin, the specific degradation  $SD$  is obtained by dividing the sediment yield  $Y$  by the area  $A$  of the catchment. Hence:

$$SD = \frac{Y_s}{A} \quad (2)$$

where  $SD$  = specific degradation (erosion) in metric tons/km<sup>2</sup>. year,  
 $A$  = catchment area in km<sup>2</sup>

Drainage area and sediment delivery coefficient. Since the late 1950s, a number of researchers have established a relationship between sediment supply rate and area. A similar trend is observed in these relationships: catchments with larger areas have lower sediment delivery rates. This is because larger areas are more likely to retain precipitation; therefore, the likelihood of sediment entering the stream is low. Scientists have developed the following equations for the relationship between area and sediment delivery.

Renfro developed the equation:

$$\log(S_{DR}) = 1.7935 - 0.14191 \log(A) \quad (3)$$

where  $A$  is the drainage area in km<sup>2</sup> and  $SDR$  is the sediment delivery ratio in percentage (%).

Boyce established the relationship:

$$S_{DR} = 0.41 A_T^{-3} \quad (4)$$

where  $A_T$  is the drainage area in km<sup>2</sup> and  $S_{DR}$  is the sediment delivery coefficient.

Williams and Berndt used the slope of the main river channel to predict the sediment supply rate:

$$\log(S_{DR}) = 0.627 \text{ SLP} \quad (5)$$

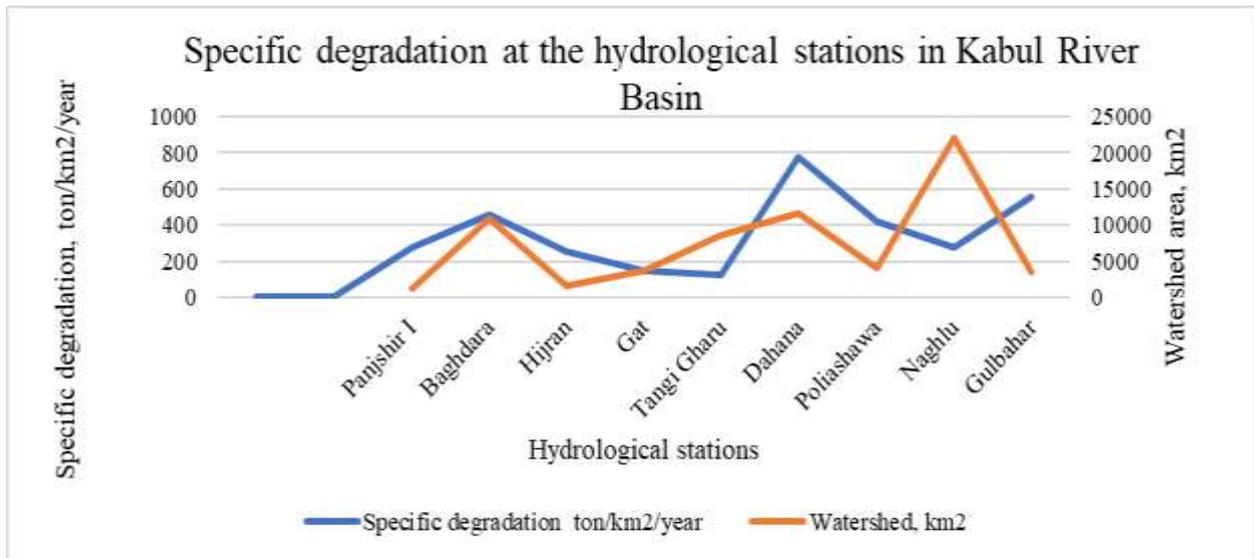
where  $SLP$  is the slope of the main flow in percent (%)

Renfro modified the model (R2) as follows:

$$\log(S_{DR}) = 2.94259 + 0.83262 \log(R/L) \quad (6)$$

where  $R$  is the relief of the catchment, defined as the difference in height between the maximum elevation of the catchment and the outlet of the catchment.

$L$  is the maximum length of the catchment measured approximately parallel to the main drainage (Figure 8).



**Figure 8. Sediment degradation for stations located in the Kabul River basin**

**Estimation of sediment delivery rates.** Sediment data was taken from the sedimentology section of the Kabul River Basin Master Plan. Using the ArcHydro toolbox in ArcGIS, sub-watersheds were delineated for each rain gauge station, and then average annual soil erosion for each sub-watershed was extracted from the erosion map predicted by the RUSLE model.

**Table 1. S<sub>DR</sub> results in Kabul River basin watersheds**

Watershed	Watershed Area	Soil degradation at the station	Average. Annual Soil Loss Rate	S <sub>DR</sub> , %		
	km <sup>2</sup>			ton/km <sup>2</sup> /year	ton/km <sup>2</sup> /year	Retro
Panjshir I	1286	269	3143	22.3	5.8	2.5
Baghdara	10861	455	5346	16.5	3.7	4.6
Hijran	1579	250	2937	21.5	5.9	6.3
Gat	3789	150	1763	17.3	4.9	7.9
Tangi Garu	8550	122	1433	17.2	3.1	6.3
Naglu	22046	308	3290	13.7	2.7	7.4
Gulbahar	3543	560	6580	12.5	4.5	6.4

Table 1 presents the sediment input coefficient calculated from the relationship between annual soil erosion calculated using the RUSLE model and observed sediment output data from the master plan report, and compared with the sediment input coefficient calculated by Boyce and Renfro.

Estimates of sediment delivery rates indicate that values are within the range of SDR established by the models of Maner, Williams and Berndt , Renfro, and Boyce. The overall observed sediment delivery rate in the Kabul River basin ranges from 2.5 to 10.8%, where  $S_{DR} = 2.5\%$  is observed at the Panjshir\_I gauging station located on the Panjshir River and  $S_{DR} = 10.8\%$  at the Dahana\_Kunar gauging station. located on the Kunar River. The  $S_{DR}$  value for Naglu station is 7.4%. Review of methods for determining changes in the morphology of the bottom of reservoirs and the research results

Results of bathymetric survey - The capacity of the Naglu reservoir at the NPL is 550 million cubic meters. Since there is no available topographic map after the construction of Naglu Dam; therefore, this figure serves as the basis for our calculations of changes in reservoir capacity. The results of the bathymetric studies show that 189.6 million  $m^3$  of sediment accumulated in the reservoir over 52 years. This means that the annual rate of decline in reservoir capacity is 0.67%, which is less than the global rate 1% and the Middle East rate 1.02%. The amount of sediment accumulated in the zone of useful and dead volumes of the reservoir is 92.43 million  $m^3$  and 97.17 million  $m^3$ , respectively, which is 48.75% and 51.25% of the total amount of deposited sediments.

Using formulas developed by M.V. Potapov, it is possible to calculate the service life of the reservoir and the period of complete siltation of the reservoir. The service life of the reservoir, that is, the time during which the dead volume is filled with sediments and normal water supply to consumers is ensured, is calculated using the following formula. It is assumed that the dead volume is filled first, and then the useful one:

$$t_{cp} = \frac{V_{m.o}}{W_p} = \frac{17 \cdot 10^7}{1.84 \cdot 10^6} = 92 \text{ years} \quad (7)$$

where  $W_p$  – average long-term sediment volume of the river,  $m^3$ /year.

According to bathymetric survey data, about 97,17 million  $m^3$  sediment accumulated in the reservoir is located in the dead zone, that is, annually an amount of 1.84 million  $m^3$  of sediment accumulates in the dead. Thus:  $V_{m.o} = 1,84$ .

The siltation period, that is, the duration of complete siltation of the reservoir to the NPL, can be calculated using the following formula:

$$t_y = \frac{V_{HNY}}{W_p} = \frac{55 \cdot 10^7}{3.6 \cdot 10^6} = 153 \text{ years} \quad (8)$$

where,  $\frac{V_{HNY}}{W_p}$  – reservoir volume at NPL mark. Thus, according to the above calculations, the service life of the reservoir is 92 years, and the siltation period of the reservoir is 153 years. In other words, by 2121 the reservoir will be completely silted.

Results and summary of sediment data from field surveys. The Naglu Reservoir is fed by two tributaries of the Kabul River, the Kabul and the Panjshir. According to the Kabul Basin Hydrology Department and field studies, the Panjshir tributary feeds the reservoir with a mean annual flow of 101.5  $m^3/s$ , with a sediment discharge of 1.61  $kg/m^3$ , and the Kabul tributary feeds the reservoir with a mean annual flow of 16.15  $m^3/s$ , and with a sediment discharge of 1.76  $kg/m^3$ .

Using algebraic calculations, we determine the annual sediment load in the reservoir and the amount of sediment accumulated in the reservoir over 52 years of its operation. The calculations are summarized in Table 2.

**Table 2. Sediment influx rate into Nagu Reservoir**

Tributary	$Q_{\text{mean}}$ , $\text{m}^3/\text{s}$	$Q_s$ , $\text{kg}/\text{m}^3$	Sediment amount for 24 hours, $\text{kg}/\text{day}$	Sediment amount for year, $\text{ton}/\text{year}$	Sed. Volumes, $\text{m}^3/\text{year}$	Sed. volumes, $\text{m}^3$ for 52 years
Panjshir	105.4	1.6	14570496	5318231.04	3574080	185852160
Kabul	16.6	1.76	2524262.4	921355.776	619190.7	32197916.9
Total quantity of the sediments for 52 years					4193270.71	218050076.9

As can be seen, annually  $6239 * 10^6$  tons of sediment enter the Naglu reservoir from the tributaries of Panjshir and Kabul. Panjshir transported  $5.31 * 10^6$  tons 85.23%, Kabul -  $921 * 10^3$  tons 14.77%. The annual volume of removed sediment with an average density of  $1.48 \text{ ton}/\text{m}^3$  is  $4.19 * 10^6 \text{ m}^3$ , which is  $218 * 10^6 \text{ m}^3$  over 52 years of operation of the reservoir. According to bathymetric survey data, over the 52-year period of operation,  $189 * 10^6 \text{ m}^3$  of sediment accumulated in the Naglu reservoir. However, comparing the sedimentation calculation data, we find a difference in the amount of  $29 * 10^6 \text{ m}^3$  surplus. Thus, it can be concluded that this amount was transferred to the lower part of the dam. From the numbers obtained above, we can calculate the sediment trap efficiency TE of the Naglu reservoir using the equation Tahershamsi and Sabzivand.

$$\text{T.E.} = [\sum \text{Im} - \sum \text{Om}] 100 / \sum \text{Im}, \quad (9)$$

where  $\sum \text{Im}$  — the total amount of sediment entering the reservoir, and  $\sum \text{Om}$  — the total amount of sediment leaving the reservoir.

To calculate the trap efficiency:

$$\sum \text{Im} = 218 * 10^6 \text{ tons}, \quad \sum \text{Om} = 29 * 10^6 \text{ tons}$$

Thus,  $\text{T.E.} = (218 * 10^6 - 29 * 10^6) 100 / (218 * 10^6) = 86,7\%$

Therefore, the sediment trap efficiency of the Naglu Reservoir during its operation from its construction in 1968 to 2020 is 86.7%, which means that about 13.3% of the sediment was transported to the lower part of the reservoir.

Results and summary of the RUSLE model for soil erosion assessment in the Kabul Basin. River and reservoir sedimentation occurs in the catchments that feed the rivers and reservoirs. Without a clear understanding of the sediment origin and transport routes, it will be difficult to develop effective strategies to address the problem of reservoir sedimentation. Knowledge of the problem is equally important for both design and operation of reservoirs. The results of water erosion assessment using the RUSLE model show that the average annual soil loss rate in the Kabul River Basin is estimated at  $4,748 \text{ tons}/\text{km}^2/\text{year}$ . Rangelands, which occupy most of the basin, are the main source of erosion about 57%, while barren lands, producing about 38%, make the second largest contribution to the overall soil loss rate in the basin.

The specific degradation of the Naghlu catchment is  $308 \text{ tons}/\text{km}^2/\text{year}$ .

According to the assessment, the  $S_{DR}$  (sediment delivery ratio) value for Naglu is 7. According to the Boyce plot, this value is above the norm compared to the catchment area. Factors including high slopes, excessively degraded lands (pastures and bare lands) contribute to the excess of this value. To mitigate the problem of water erosion and land degradation, it is recommended to reduce the values of factors K, C and P. World practice shows that by applying a number of measures, the values of these factors and water erosion can be significantly reduced. The following measures are recommended to reduce these factors:

Management of livestock grazing and prevention of overgrazing. Currently, due to overgrazing, pasture lands are in a state of severe degradation;

Cessation of denudation of barren lands by prohibiting the cutting of shrubs. Afforestation and landscaping are recommended to restore the lost vegetation cover;

Terracing, ponding and contouring techniques are recommended to address steep slopes that promote severe erosion, especially for rainfed crops.

In steep slope areas where gully erosion is prevalent, check dams are strongly recommended.

Experience from similar basins shows that by taking these measures, soil erosion can be reduced by 30% or more. Thus, if these techniques are used, the sediment load in Nagla can be reduced from  $1.62 \text{ kg/m}^3$  to  $1.25 \text{ kg/m}^3$ , and the useful life of the reservoir can be increased from 92 to 119.6 years.

## CONCLUSIONS

1. Based on bathymetric studies, a hydrographic map of the reservoir was compiled to develop the degree of siltation of the reservoir and the concentration of sediments over a 52-year period of its operation. The sediment delivered to the reservoir during its operation period is estimated at 189 million  $\text{m}^3$ , which is equivalent to an annual loss of the design capacity of 0.67%. In this scenario, the reservoir will be completely silted up to the normal backwater level by 2121.

2. Based on field measurements and calculations, quantitative indicators of the volume of sediments were established. Based on field studies and hydrological data, it was established that 6.23 million tons of sediment were transported into the reservoir per year. The total volume of sediment transferred to the reservoir over 52 years of operation is 218 million  $\text{m}^3$ .

3. The particle size distribution of sediments was determined using laboratory analysis and the efficiency of the reservoir in sediment retention was found; according to laboratory studies, the sediment composition accumulated in the reservoir is: silt - 52%, clay - 23%, gravel - 9% and sand 16%.

4. Soil erosion in the Kabul River basin was assessed, indicating the factors in action; specific erosion and sediment delivery from the catchments of the main tributaries of the basin were identified. The average annual soil loss rate in the Kabul River basin is estimated at  $4748 \text{ tons/km}^2/\text{year}$ , and the total average annual soil loss rate is about 35.5 million tons/year.

Rangelands, producing 57% of the total average annual soil loss, were the main contributors to the basin. Barren lands, producing about 38%, were the second largest

contributor to the total soil loss rate in the basin.

4) Soil erosion in the Kabul River basin was assessed, indicating the factors in action; specific erosion and sediment delivery from the catchments of the main tributaries of the basin were identified. The average annual soil loss rate in the Kabul River basin is estimated at 4748 tons/km<sup>2</sup>/year, and the total average annual soil loss rate is about 35.5 million tons/year. Rangelands, producing 57% of the total average annual soil loss, were the main contributors to the basin. Barren lands, producing about 38%, were the second largest contributor to the total soil loss rate in the basin.

5) The Naghlu HPP is used as an example to examine the causes of siltation in foothill and mountain reservoirs. This is a first-of-its-kind study in Afghanistan and could be a good starting point for similar studies in other reservoirs in Afghanistan.

6) The Naghlu reservoir is very important for maintaining sediment balance downstream of the Kabul River, where reservoirs such as Sarubi, Darunta and the planned Sarubi II are located. Failure or destruction of the reservoir would have a serious impact on these vital facilities, and its overall impact on the environment and the country's economy would be uncompensated.

7. Until recently, the Naglu Reservoir has been poorly managed. In recent years, little effort has been made to address the sedimentation problem in the reservoir. The bottom outlet structure does not function properly, and the personnel working in the reservoir lacks the capacity and skills to operate such an important facility. It is strongly recommended to improve the operation and maintenance of the reservoir. In addition, it is important to establish a proper sediment monitoring and management system. As mentioned in the thesis, the high flood period from March to May can be used to hydraulically flush the reservoir. It is also necessary to improve the performance of the personnel of this facility and to involve domestic and foreign experienced specialists in the management of this facility.

**«ТОШКЕНТ ИРРИГАЦИЯ ВА ҚИШЛОҚ ХЎЖАЛИГИНИ  
МЕХАНИЗАЦИЯЛАШ МУҲАНДИСЛАРИ ИНСТИТУТИ»  
МИЛЛИЙ ТАДҚИҚОТ УНИВЕРСИТЕТИ ҲУЗУРИДАГИ  
ИЛМИЙ ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ  
DSc 03/30.12.2019.Т.10.02 РАҚАМЛИ ИЛМИЙ КЕНГАШ**

---

**«ТОШКЕНТ ИРРИГАЦИЯ ВА ҚИШЛОҚ ХЎЖАЛИГИНИ  
МЕХАНИЗАЦИЯЛАШ МУҲАНДИСЛАРИ ИНСТИТУТИ»  
МИЛЛИЙ ТАДҚИҚОТ УНИВЕРСИТЕТИ**

**МАХФУЗ АХМАДИ**

**"ТОҒ СУВ ОМБОРЛАРИ ТУБИНИ ҚАЙТА ШАКЛЛАНИШ  
ЖАДАЛЛИГИНИ БАҲОЛАШ"  
(Афғонистон сув омборлари мисолида)**

**05.09.07 – Гидравлика ва муҳандислик гидрологияси**

**ТЕХНИКА ФАНЛАРИ БЎЙИЧА ФАЛСАФА ДОКТОРИ (PhD)  
ДИССЕРТАЦИЯСИ АВТОРЕФЕРАТИ**

**Техника фанлари фалсафа доктори (PhD) диссертацияси мавзуси Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамаси ҳузуридаги Олий аттестация комиссиясида В2024.1./PhD/T4531-рақам билан рўйхатга олинган.**

Диссертация “Тошкент ирригация ва қишлоқ хўжалигини механизациялаш муҳандислари институти” Миллий тадқиқот университетида бажарилган.

Диссертация автореферати уч тилда (рус, инглиз, ўзбек (резюме)) Илмий кенгаш веб-саҳифасида ([www.tiame.uz](http://www.tiame.uz)) ва «ZiyoNet» Ахборот таълим порталида ([www.ziynet.uz](http://www.ziynet.uz)) жойлаштирилган.

<b>Илмий раҳбар:</b>	<b>Базаров Дилшод Райимович,</b> техника фанлари доктори, профессор
<b>Расмий оппонентлар:</b>	<b>Янгиев Асрор Абдихамидович</b> техника фанлари доктори, профессор <b>Шакиров Бахтияр Махмудович</b> техника фанлари доктори, профессор
<b>Етакчи ташкилот:</b>	<b>O‘zbekiston Milliy universiteti</b>

Диссертация ҳимояси “Тошкент ирригация ва қишлоқ хўжалигини механизациялаш муҳандислари институти” Миллий тадқиқот университети ҳузуридаги DSc.03/30.12.2019.T.10.02 рақамли илмий кенгашнинг 2024 йил «\_\_\_» \_\_\_\_\_ соат \_\_\_ даги мажлисида бўлиб ўтади (Манзил: 100000, Тошкент ш, Қори Ниёзий кўчаси, 39-уй. Тел: (99871) 237-19-61, (99871) 237-22-09; Факс: (99871) 237-54-79, e-mail: [admin@tiame.uz](mailto:admin@tiame.uz))

Диссертация билан “Тошкент ирригация ва қишлоқ хўжалигини механизациялаш муҳандислари институти” Миллий тадқиқот университетининг Ахборот-ресурс марказида танишиш мумкин ( \_\_\_\_\_ рақами билан рўйхатга олинган). (Манзил: 100000, Тошкент ш, Қори Ниёзий кўчаси, 39-уй. Тел: (99871) 237-19-45)

Диссертация автореферати 2024 йил «\_\_\_» \_\_\_\_\_ куни тарқатилди.  
(2024 йил «\_\_\_» \_\_\_\_\_ даги \_\_\_\_\_ рақамли реестр баённомаси).

**А.Т. Салоҳиддинов**  
Илмий даражалар берувчи  
илмий кенгаш раиси, т.ф.д., профессор

**Ф.А. Гаппаров**  
Илмий даражалар берувчи  
илмий кенгаш илмий котиби, т.ф.д., доцент

**А.М. Арифжанов**  
Илмий даражалар берувчи  
илмий кенгаш қошидаги илмий  
семинар раиси, т.ф.д., профессор

## **КИРИШ (фалсафа доктори (PhD) диссертацияси аннотацияси)**

**Тадқиқотнинг мақсади** тоғ сув омборлари тубининг қайта шаклланиш жадаллигини баҳолаш.

### **Тадқиқотнинг вазифалари:**

батиметрик тадқиқотлар бўйича тоғ сув омборлари тубининг қайта шаклланишини баҳолаш.

дала тадқиқотлари ва лаборатория таҳлиллари асосида чўкиндиларнинг гранулометрик таркиби тақсимотини ва уларнинг сув омбори тубидаги контсентрациясини аниқлаш.

гидрологик ва батиметрик маълумотларни таҳлил қилиш йўли билан кўп йиллик эксплуатация давридаги сув омборининг чўкинди сифимини аниқлаш усулини ишлаб чиқиш;

Кобул дарёси ҳавзасидаги сув эрозиясини RUSLE усулидан фойдаланиб, сув омборининг эрозияси ва лойқаланиши ўртасидаги боғлиқликни аниқлаш.

**Тадқиқотнинг объекти.** Афғонистон сув омборлари (Наглу сув омбори мисолида)

**Тадқиқотнинг предмети.** тоғ сув омборларида чўкиндиларнинг ҳосил бўлиши, уларнинг миқдорий ва таркиби компонентлари, сув омбори тубининг ўзгариши, сув йиғиш ҳавзасининг сув омборларининг лойқа босишига таъсири.

**Тадқиқотнинг усуллари.** Тадқиқотни ўтказиш жараёнида сув омборининг лойқаланиши бўйича сув эрозиясини баҳолашни аниқлаш учун умумий қабул қилинган гидрология ва гидравлика усуллари, гидрографик (батиметрик тадқиқот) усуллари ва эмпирик RUSLE модели ишлатилган.

**Тадқиқотнинг илмий янгилиги** қуйидагилардан иборат:

кўп йиллик эксплуатацияни ҳисобга олган ҳолда, ҳозирги гидрографик ҳолатини баҳолаш асосида Наглу сув омборининг батиметрик харитаси ишлаб чиқилган;

тоғ сув омбори косаси тубининг қайта шаклланиши чўкинди концентрацияси ва чўкиндиларнинг гранулометрик таркибини ҳисобга олган ҳолда баҳоланган;

сув омбори ҳавзасида чўкинди чўкиши ва уларнинг умумий узоқ муддатли чўкинди ўтказиши билан боғлиқлигини ҳисобга олган ҳолда, сув омборининг фойдаланиш давридаги чўкинди сифимини аниқлаш усули ишлаб чиқилган;

RUSLE усулидан фойдаланиб, Кобул дарёси ҳавзасида сув эрозиясини баҳолаш асосида сув ҳавзалари учун эрозия қийматлари ва сув омборининг лойқаланиши ўртасидаги боғлиқлик олинган.

**Тадқиқот натижаларининг жорий қилиниши.** Тоғли сув омборларининг лойқа босиши бўйича тадқиқотлар натижаларига кўра:

гидрологик маълумотлар етарли бўлмаган ва барқарор мониторинг тизими мавжуд эмас шароитда сув омборлари косасидаги ўзгаришларни амалий мониторинг қилиш ва ўрганиш усуллари Қобул вилояти Энергетика ва сув хўжалиги бошқармасига қарашли Наглу сув омборида жорий этилган (Афғонистон Энергетика ва сув хўжалиги вазирлигининг 2023 йил 10 июлдаги №1-сонли маълумотномаси). Натижада сув омборининг батиметрик харитаси

тузилиб, унинг морфометрик кўрсаткичларига аниқлик киритиш имконияти яратилган.

сув омборининг ишлаш давридаги чўкинди сифимини аниқлаш бўйича ишлаб чиқилган услуб Кобул вилояти Энергетика ва сув ресурслари бошқармасига қарашли Нағлу сув омборида жорий қилинган (Афғонистон Энергетика ва сув хўжалиги вазирлигининг 2023 йил 10 июлдаги №1-сонли маълумотномаси). Натижада сув омборидаги лойқаланиш ҳажми ва сув омборидан пастки бўёфга оқизилган чўкинди миқдори асосланган.

RUSLE модели ёрдамида Кобул дарёси ҳавзасида сув эрозиясини баҳолаш амалга оширилди, эрозия ва чўкиндиларни камайтириш усуллари Кобул вилояти Саруби туманининг сув ресурслари бошқармасида жорий этилган. (Афғонистон Энергетика ва сув хўжалиги вазирлигининг 2023 йил 10 июлдаги №1-сонли маълумотномаси). Натижада Нағлу сув омборининг фойдали ҳажми ва фойдали қувватини 30 фоизга ошириш имконияти яратилган.

**Тадқиқот натижаларининг апробацияси.** Ушбу тадқиқот натижалари 5 та халқаро ва республика илмий-амалий анжуманларида муҳокама қилинди.

**Тадқиқот натижаларини эълон қилиниши.** Диссертация мавзуси бўйича 17 та илмий мақола чоп этилган. Шулардан фалсафа доктори (PhD) диссертациясининг асосий илмий натижаларини чоп этиш учун Ўзбекистон Республикаси Олий аттестация комиссияси томонидан тавсия этилган хорижий журналларда 6 та, шу жумладан Scopus рейтинг маълумотлар базасига киритилган 3 та республика нашрларида ва 8 та хорижий журналларда чоп этилган.

**Диссертациянинг тузилиши ва ҳажми.** Диссертация таркиби кириш, тўрт боб, хулоса ва фойдаланилган адабиётлар рўйхатидан иборат. Dissertatsiya hajmi 123 bet.

**LIST OF PUBLISHED WORKS**  
**СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ**  
**ЭЪЛОН ҚИЛИНГАН ИШЛАР РУЙХАТИ**

**I бўлим (I часть; I part)**

1. Дилшод Базаров, Махфуз Ахмади, Ойбек Вохидов, Изучение бассейна реки Кабул и его роли в эрозии почв и заиливании водохранилищ, O‘ZBEKISTON QISHLOQ VA SUV XO‘JALIGI\_махсус сон 2, 2023 pp. 50 – 52 (05.00.00;№3)
2. Дилшод Базаров, Бехзод Норкулов, Махфуз Ахмади, Людмила Максудова, Алмира Махкамова, Проблемы и решения забора воды из крупных рек бесплотинным способом, AGRO ILM, №4 [102], 2024, стр. 58-61. (05.00.00;№3)
3. Махфуз Ахмади, Дехканова Надира Т., Переформирование дна при эксплуатации водохранилищ узбекистана: Евразийский Союз Ученых (ЕСУ) # 9 (66), 2019 (01.00.00;№10)
4. Romal Omari, Mahfouz Ahmadi, Hamid Asady, Study results on the dynamics of siltation in Qargha Reservior, Hawades Journal, No. 2, 2013, pp. 12-19. (01.00.00;№10)
5. Mahfouz Ahmadi, Hamid Asady, Habib Ahadi, Climate change and consequences of drought intensification for the rural inhabitants in Afghanistan, Rawzana Journal, Kabul, Afghanistan, No. 5, pp. 23-29. (01.00.00;№10)
6. Mahfouz Ahmadi, Romal Omari, Abdullatif, Effectiveness of river training and flood control strutures in the Kabul basin floodways, Hawades Journal, No. 1, 2011, pp. 22-28. (01.00.00;№10)
7. Dilshod Bazarov, Bakhtiyar Uralov, Bakhtiyar Matyakubov, Oybek Vokhidov, Farokhiddin Uljaev and Makhfuz Akhmadi, The effects of morphometric elements of the channel on hydraulic resistance of machine channels of pumping stations: IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 869 (2020) 072015 doi:10.1088/1757-899X/869/7/072015 [www.scopus.com](http://www.scopus.com). (01.00.00;№16).
8. K. Isabaev, M. Berdiev, B. Norkulov, D. Tajieva and M Akhmadi. IOP Publishing, the dynamics of channel processes in the area of damless water intake: IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 883 (2020) 012033OP Publishing doi:10.1088/1757-899X/883/1/012033 [www.scopus.com](http://www.scopus.com). (01.00.00;№16).
9. B. Uralov, K. Isabaev, F. Jamolov, M. Akhmadi and M. Mirzaev, The influence of the shape the living section of the pressureless machine channel and the roughness of its wetted surface on the hydraulic resistance: IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 883 (2020) 012006 IOP Publishingdoi:10.1088/1757-899X/883/1/012006 [www.scopus.com](http://www.scopus.com). (01.00.00;№16).
10. Dilshod Bazarov, Mahfouz Ahmadi, Abdulatif Ghayur, and Oybek Vokhidov, The Kabul River Basin - the source of the Naglu and other reservoirs: E3S Web of Conferences 365, 03047 (2023) CONMECHYDRO – 2022-<https://doi.org/10.1051/e3sconf/202336503047> [www.scopus.com](http://www.scopus.com). (01.00.00;№16)

11. Sedimentation and its effect on storage capacity in Naghlu reservoir Dilshod Bazarov, Mahfouz Ahmadi, Oybek Vohidov, Bobur Shodiev, and Iqboloy Raimova: E3S Web of Conferences 401, 01001 (2023) CONMECHYDRO – 2023: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202340101001> [www.scopus.com](http://www.scopus.com). (01.00.00;№16)
12. Dilshod Bazarov, Mahfouz Ahmadi, Oybek Vohidov, Bobur Shodiev, and Iqboloy, Raimova, 2 Sedimentation and its effect on storage capacity in Naghlu reservoir, E3S Web of Conferences 401, 01001 (2023) pp. 33-44. [www.scopus.com](http://www.scopus.com). (01.00.00;№16)

## II бўлим (II часть; II part)

13. Bakhtiyor Uralov, Marina Li, Eshmatboy Qalqonov, Zokhidjon Ishankulov, Makhfuz Akhmadi, and Lyudmila Maksudova, Hydraulic resistances experimental and field studies of supply canals and pumping stations structures: E3S Web of Conferences 264, 03075 (2021) CONMECHYDRO - 2021 <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202126403075> [www.scopus.com](http://www.scopus.com). (01.00.00;№16)
14. Dilshod Bazarov, Nikolai Vatin, Obidov Bakhtiyor, Vokhidov Oybek, Ashraf Rakhimov and Makhfuz Akhmadi, Hydrodynamic effects of the flow on the slab of the stand in the presence of cavitation: IPICSE 2020, IOP Publishing, IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 1030 (2021) 012116 doi:10.1088/1757-899X/1030/1/012116 [www.scopus.com](http://www.scopus.com). (01.00.00;№16)
15. Mahfouz Ahmadi, Abdul Latif Gayour, Hamid Asady- Effects of Climate Change on Water Resources of Afghanistan, Journal Hawades, No.3, 2016, pp.15-25
16. Mahfouz Ahmadi, Abdul Latif Gayour, Romal Omari, Studies on Sustainability of River Training and Water Supply Structure in Central Afghanistan, Hawades Journal, No. 4, 2015, pp. 20-28,
17. Impact of climate change on irrigation systems and the need for its adaptation, HAWADES MONTHLY Vol. 6 pp. 21-26

Автореферат отредактирован в редакции журнала "Ирригация и мелиорация".  
Тексты на русском, английском и узбекском (резюме) языках соответствуют  
друг другу.

Редактор журнала " Ирригация и мелиорация"

С. Ходжаев 28.08.2024



№ 10-3279

Bosishga ruxsat etildi: 04.10.2024.

Bichimi: 60x84 <sup>1/16</sup> «Times New Roman»  
garniturada raqamli bosma usulda bosildi.

Shartli bosma tabog‘i 2,9. Adadi 100. Buyurtma: № 113

Tel: (99) 832 99 79; (77) 300 99 09

Guvohnoma reestr № 10-3279

“IMPRESS MEDIA” MChJ bosmaxonasida chop etildi.

Manzil: Toshkent sh., Yakkasaroy tumani, Qushbegi ko‘chasi, 6-uy.