

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ  
РЕСПУБЛИКИ ТАДЖИКИСТАН**

**ТАДЖИКСКИЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
им. академика М.С. ОСИМИ**

На правах рукописи

УДК 627.842.7:551.432 + 624.042.7 (282.255.123.11)

**КОДИРОВ ЭЛМУРОД ХУШМУРОДОВИЧ**

**ГЕОДИНАМИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ  
СООРУЖЕНИЙ ГОРНО-ПРЕДГОРНОЙ ЗОНЫ ТАДЖИКИСТАНА  
(на примере локальных геодинамических полигонов Нурекской и  
Байпазинской ГЭС)**

Диссертация на соискание ученой степени кандидата  
технических наук

специальность – 05.23.00 Строительство и архитектура  
(05.23.07 - Гидротехническое строительство)

Научные руководители:

док. геол.- мин. наук, профессор,

Саидов М.С.

док. тех. наук, и.о. профессора

Хасанзода Н.М.

Душанбе - 2024

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>ВВЕДЕНИЕ.....</b>	<b>5</b>
<b>Глава 1. АНАЛИЗ И ОЦЕНКА СОВРЕМЕННЫХ МЕТОДОВ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВЕЛИЧИН ДЕФОРМАЦИЙ ИНЖЕНЕРНЫХ СООРУЖЕНИЙ И ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ.....</b>	<b>13</b>
1.1. Исследования особенностей методики обработки повторных измерений на линейно-угловых сетях и обработка результатов измерений современных вертикальных движений.....	17
1.1.1. Анализ, оценка и область применения методики обработки повторных измерений на линейно-угловых сетях.....	17
1.1.2. Исследования современных движений земной коры. Область применения и обработка результатов изысканий.....	20
1.2. Анализ, оценка и область применения метода многофакторного корреляционного анализа при исследовании деформаций инженерных сооружений.....	22
Выводы по главе.....	25
<b>Глава 2. ИССЛЕДОВАНИЯ ДЕФОРМАЦИИ ОСНОВНЫХ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ И ГОРНЫХ МАССИВОВ (ГЕОДИНАМИЧЕСКИЙ ПОЛИГОН БАЙПАЗИНСКОЙ ГЭС.....</b>	<b>26</b>
2.1. Организация и проведение натурных инструментальных наблюдений за перемещениями и деформациями Байпазинского оползневого участка.....	26
2.1.1. Геодинамика Байпазинского оползневого участка.....	29
2.1.2. Исследования и оценка особенностей геологического строения Байпазинского оползневого участка.....	30
2.1.3. Динамика развития Байпазинского оползневого участка.....	33
2.1.4. Ретроспективный анализ.....	37

2.2.	Организация натуральных наблюдений на Байпазинском оползневом участке.....	40
2.2.1	Высотное обоснование на основе закладки грунтовых реперов на Байпазинском оползневом участке.....	40
2.2.2.	Вертикальные и плановые деформаций на Байпазинском оползневом участке.....	44
2.3.	Перемещения и деформации основных инженерных сооружений Байпазинской ГЭС. Результаты исследований.....	49
	Выводы по главе.....	66
<b>Глава 3</b>	<b>ИССЛЕДОВАНИЯ ДЕФОРМАЦИИ ОСНОВНЫХ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ И ГОРНЫХ МАССИВОВ (ГЕОДИНАМИЧЕСКИЙ ПОЛИГОН НУРЕКСКОЙ ГЭС) .....</b>	<b>70</b>
3.1.	Объект исследований.....	70
3.2.	Анализ и оценка геологического строения зоны строительства Нурекской ГЭС.....	73
3.3.	Исследования современных движений земной коры в зоне геодинамического полигона Нурекской ГЭС.....	79
3.3.1.	Анализ высотных наблюдений.....	79
3.3.2.	Исследования величин планового смещения наблюдаемых геодезических и створных пунктов сооружений Нурекской ГЭС	84
3.4.	Результаты натуральных наблюдений за деформациями основных инженерных сооружений Нурекской ГЭС.....	99
	Выводы по главе.....	111
<b>Глава 4</b>	<b>НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО РЕКОНСТРУКЦИИ И ДАЛЕЙШЕМУ РАЗВИТИЮ СОВРЕМЕННОЙ ГЕОДЕЗИЧЕСКОЙ СЕТИ ВАХШСКОГО КАСКАДА .....</b>	<b>112</b>
4.1.	Методика разработки плана реконструкции и развития современной геодезической сети каскада ГЭС на реке Вахш.....	112

4.2.	Первичная обработка и расчет поля деформаций на объекте «Геодинамика Вахшского Каскада».....	118
	Выводы по главе.....	124
	<b>ВЫВОДЫ</b> .....	125
	<b>ЛИТЕРАТУРА</b> .....	127

## ВВЕДЕНИЕ

**Актуальность темы исследования.** Актуальность выявления и прогнозирования деформаций инженерных сооружений, включая гидротехнические конструкции и неустойчивые горные массивы, обусловлена важностью обеспечения их эксплуатационной надежности, долговечности и безопасности. Ключевым аспектом, наряду с научно-обоснованным выбором конструкций, является учет воздействия внешней среды, а также необходимость систематического мониторинга их состояния.

Эффективная реализация этих задач, особенно для гидротехнических объектов, таких как плотины и водохранилища, требует регулярного контроля и многофакторного анализа структурного состояния. Это позволяет не только своевременно выявлять потенциальные проблемы, но и принимать меры для их предотвращения, что в конечном итоге способствует безопасности и надежности эксплуатации данных сооружений.

Следует подчеркнуть, что нарастание недопустимых деформаций земной поверхности, а также разрушения объектов, обеспечивающих жизнедеятельность населения в урбанизированных районах и вблизи крупных инженерных сооружений, включая Таджикистан, представляет собой актуальную область научно-практических исследований. Особый интерес вызывает изучение геодинамических явлений, характерных для зон строительства и эксплуатации крупных инфраструктурных объектов, а также для территорий крупных городов. На данный момент ряд специфических проблем, связанных с этой темой, остаются без комплексного решения. В частности, это касается гидротехнических комплексов Вахшского каскада гидроэлектростанций на реке Вахш. Данная работа посвящена поиску решений указанных актуальных задач.

**Степень научной разработанности изучаемой проблемы.** Исследуемая территория включает в себя два геодинамических полигона (ГДП): Нурекский и Байпазинский, расположенные преимущественно в зонах крупных сейсмически

активных разломов. К основным направлениями комплекса исследований на ГДП отнесены: изучение геодинамических систем; ведение натуральных наблюдений за деформациями оползней и потенциально неустойчивых массивов с помощью плановых и высотных геодезических знаков, проведение визуальных и инструментальных наблюдений за развитием во времени осадок, деформаций оснований и откосов гидротехнических сооружений под влиянием внешних воздействий.

Анализ и оценка существующих результатов исследований, реализованные многими учеными и специалистами, позволяют констатировать факт существования значительного прогресса, в области исследования современных движений земной коры в районах размещения гидротехнических сооружений. Созданная система ГДП позволила дать ответ на многие вопросы фундаментальной теории, позволяет ставить и успешно решать новые задачи на более высоком научно-практическом уровне. Следует подчеркнуть, что исследованиям о современных движениях и результаты наблюдений посвящены труды Ю.Д. Буланже, А.К. Певнева, Т.В. Гусевой, С.Ф. Скоболева, А.А. Лукка, С.А. Буланова, Е.А. Финько, В.П. Лозиева, М.С. Саидова и др.

Следует отметить, что, первоочередное внимание на ГДП уделялось возможностям технического осуществления геодинамических исследований и геометрическим характеристикам построений. В частности, именно такой подход, т.е. крайне неравномерное изучение наблюдался при исследованиях водохранилища Нурекской ГЭС. В частности, совершенно отсутствуют данные о современных вертикальных движениях для северо-восточного и самого южного берега водохранилища, а на восточной части Нурекского водохранилища, геодезические работы вообще не проводились. В тоже время, наиболее полные данные о вертикальных движениях получены для города Нурек и плотины Нурекской ГЭС. При этом, следует отметить факт, отсутствия единой сети наблюдений ГДП, что практически делает невозможным охарактеризовать общую картину современных движений в пределах всего Вахшского каскада ГЭС.

Таким образом, поиск путей научно-обоснованных исследований по реализации инженерно-геодезических наблюдений за деформациями и осадками инженерных сооружений и разработки рекомендаций по обеспечению их эксплуатационной надежности и безопасности является актуальной задачей.

**Связь исследования с программами, научной тематикой.** Диссертационная работа выполнена в соответствии с планом НИР кафедры «Инженерная геодезия, маркшейдерия и картография» факультета «Строительство и архитектуры» Таджикского технического университета имени академика М.С. Осими и Научно-исследовательского центра Государственного комитета по земельному управлению и геодезии Республики Таджикистан. «Геолого-геодезический мониторинг рек Вахш и Сырдарья в целях разработки инженерно-геологических рекомендаций по защите объектов ГЭС» (ГРН<sup>о</sup> 0118ТJ00954).

### **ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ИССЛЕДОВАНИЙ**

Ключевым аспектом, наряду с научно-обоснованным выбором конструкций, является учет воздействия внешней среды, а также необходимость систематического мониторинга их состояния.

Разработка инженерно-геологических рекомендаций по защите объектов ГЭС от влияния воздействия водохранилищ на режим естественного выхода подземных вод.

**Целью диссертационной работы** является геодинамический мониторинг гидротехнических сооружений на геодинамических полигонах Байпазинской и Нурекской ГЭС. Разработка инженерно-геологических рекомендаций по защите объектов ГЭС от влияния воздействия водохранилищ на режим естественного выхода подземных вод.

Для достижения поставленной цели требовалось решить следующие **задачи:**

1. Проведение визуальных и инструментальных наблюдений за осадками и деформациями оснований гидроэлектростанций и слагающих их горных

массивов позволит оценить влияние различных параметров на прочность объектов, что станет основой для дальнейших инженерных решений.

2. Организация систематических наблюдений за гравитационными смещениями на склонах в районах расположения гидротехнических сооружений, с использованием заранее установленных геодезических марок. Эти наблюдения имеют ключевое значение для мониторинга устойчивости инженерных объектов и разработки мер по предотвращению негативных последствий.

3. Анализ, оценка и обобщение результатов визуальных и инструментальных наблюдений за динамикой осадков и деформаций на основных инженерно-технических сооружениях Вахшского каскада ГЭС.

4. Разработка концепции (плана) реконструкции и развития современной государственной геодезической сети Вахшского каскада ГЭС на реке Вахш.

5. Создание научно обоснованной картографической основы и базы данных ГИС, отражающих развитие ключевых природных угроз для исследуемой территории.

**Объектами исследования** являются основные гидротехнические сооружения и объекты Нурекской и Байпазинской ГЭС.

**Предметом исследования** является процесс деформирования горных массив и инженерных гидротехнических сооружений Нурекской и Байпазинской ГЭС.

#### **Основная информационная и экспериментальная база.**

Информационной базой настоящей диссертационной работы являются научные труды: книги, статьи периодических научных журналов, диссертации и монографии, знания, полученные в национальных и международных тренингах и семинарах, посвящённые наукам о Земле. При выполнении диссертационной работы были использованы данные полевых наблюдений и дистанционных исследований.

**Научная новизна работы:** внесён вклад в изучение наук о Земле.

В частности:

1. Впервые в практике геолого-геодезических исследований, реализуемые в Таджикистане, разработана концепция (план) реконструкции и развития современной геодезической сети Вахшского каскада ГЭС на реке Вахш;

2. Проведен фундаментальный анализ геолого-геофизических работ, с установлением ранее допущенных методических ошибок, способствующие реальной оценке состояния деформирования инженерных гидротехнических сооружений (для Нурек-Байпазинской зоны).

3. Впервые (в виде рекомендаций) определены направления геодезических работ с привязкой к конкретным гидротехническим объектам, требующие дополнительных исследований в целях предупреждения возникновения катастрофических природно-техногенных явлений;

4. Выявлены основные геологические факторы, влияющие на разрушение устойчивости гидротехнических объектов.

5. Определены инженерно-геологические условия и скорости современных деформаций земной коры, влияющие на устойчивость и надежность гидротехнических объектов, в зоне Нурекской и Байпазинской ГЭС.

**Теоретическая и научно-практическая значимость исследования.** Теоретическая значимость диссертационной работы заключается в развитии, на основе полученных результатов, научно-теоретических основ натурных наблюдений за осадками и деформациями инженерных сооружений, значимых в перспективе предметом дальнейших исследований в области предупреждения и реагирования на техногенные и природные стихийные бедствия.

**Практическая значимость** исследования заключается в применении результатов диссертации в научной работе по теме: «Геолого-геодезический мониторинг рек Вахш и Сырдарья для разработки рекомендаций по защите объектов ГЭС» (этапы 1 и 2), над которой автор работал в Научно-исследовательском центре Государственного комитета по земельному управлению и геодезии Республики Таджикистан в 2019-2020 годах. Полученные результаты и методические рекомендации могут быть

использованы в научных институтах, а также в учебном процессе в вузах, где готовят бакалавров, магистров и аспирантов по направлению «Прикладная геодезия». Они могут быть применены при проведении лекционных и практических занятий и в лабораторных работах. Также результаты диссертации внедрены в работу Государственного комитета по земельному управлению и геодезии Республики Таджикистан (акт внедрения №2/3 от 10.04.2024).

#### **Положения, выносимые на защиту:**

1. Методы наблюдений за деформациями инженерных гидротехнических сооружений, значительно расширяющие возможности интерпретации напряженного состояния массивов горных пород.

2. Результаты анализа натуральных наблюдений за осадками и деформациями инженерных сооружений и неустойчивых массивов горных склонов в районах размещения гидротехнических сооружений.

3. План реконструкции и развития современной государственной геодезической сети Вахшского каскада ГЭС на реке Вахш.

**Степень достоверности результатов** диссертационной работы подтверждается несколькими факторами: моделированием с использованием программных комплексов ArcGIS 10.4 и Google Earth Pro, данными полевых наблюдений с применением геодезических методов для отслеживания деформаций основных сооружений, высокой сходимостью теоретических результатов с данными натуральных испытаний, а также соответствием полученных результатов известным опубликованным данным. Кроме того, основная часть работы была опубликована в рецензируемых изданиях ВАК РТ, результаты обсуждались на конференциях и семинарах, получены рецензии от ведущих специалистов по рассматриваемым вопросам, а также результаты нашли практическое применение и были оценены.

**Соответствие диссертации паспорту научной специальности.** Диссертация соответствует Положению пунктов 9, 10 паспорту научной

специальности 05.23.00-Строительство и архитектура (05.23.07 - Гидротехническое строительство).

**Личный вклад автора.** В основу диссертации входят результаты инженерно-геодезических исследований в рамках научной программы: «Геолого-геодезический мониторинг рек Вахш и Сырдарья в целях разработки инженерно-геологических рекомендаций по защите объектов ГЭС» (ГРН№ 0118ТJ00954) Научно-исследовательского центра Государственного комитета по земельному управлению и геодезии Республики Таджикистан, в котором автор принимал непосредственное участие. Участие соискателя в реализации программы заключалось в проведении полевых и экспедиционных работ, анализе и обработке полученных результатов и в разработке рекомендаций, а также в их внедрении в научно-исследовательские и мониторинговые работы.

Результаты исследований автора, который принимал непосредственное участие в реализации научной программы: «Геолого-геодезический мониторинг рек Вахш и Сырдарья в целях разработки инженерно-геологических рекомендаций по защите объектов ГЭС» (ГРН№ 0118ТJ00954) Научно-исследовательского центра Государственного комитета по земельному управлению и геодезии Республики Таджикистан. Выбор цели, задач и направлений исследований осуществлены под руководством научного руководителя, доктора геолого-минералогических наук, профессора кафедры гидрогеологии и инженерной геологии геологического факультета Таджикского национального университета Саидова М.С.

**Апробация результатов исследований.** Основные положения диссертации доложены и обсуждены на: РНПК, «Двадцатилетие изучения и развития естественных, точных и математических наук в сфере науки и образования». (г. Душанбе, 2023); МНПК, «Наука, новые технологии и инновации Кыргызстана (г. Бишкек, 2022); МНПК, «Проблемы инженерной геологии, геотектоники Таджикистана и сопредельных территорий», посвященной 70-летию со дня рождения доктора геолого-минералогических наук, профессора Таджибекова Мадатбека. ТНУ, (г. Душанбе, 2019); МНПК:

«Гидроэнергетические ресурсы Центральной Азии: значение, проблемы и перспективы» (г. Душанбе, 2018); РНПК: «Таджикская наука-ведущий фактор развития общества» часть 2 ТТУ. (г. Душанбе, 2017); МНПК, «Архитектурное образование и архитектура Таджикистана: 50 лет развития и совершенствования», ТТУ, (г. Душанбе, 2013).

**Публикации.** Основные результаты исследований по теме диссертации изложены в 16 работах, в том числе в 6 статьях из перечня ведущих рецензируемых научных журналов ВАК при Президенте Республики Таджикистан.

**Структура и объём диссертации.** Диссертация состоит из введения, четырёх глав, списка литературы и заключения. Общий объём работы включает 141 страниц, 12 рисунков, 47 таблиц, приложения, список использованной литературы из 126 наименований.

## ГЛАВА 1

# АНАЛИЗ И ОЦЕНКА СОВРЕМЕННЫХ МЕТОДОВ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВЕЛИЧИН ДЕФОРМАЦИЙ ИНЖЕНЕРНЫХ СООРУЖЕНИЙ И ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ

*В главе на основе литературного обзора рассмотрены современные геодезические методы анализа движений и деформаций земной поверхности, а также связанные с ними природные катастрофы. Изученные источники подчеркивают важность определения деформаций инженерных сооружений и земной поверхности, поскольку эти параметры имеют решающее значение при строительстве и эксплуатации объектов.*

К понятию «геодинамика» обычно относятся вопросы, связанные с изучением природы, характера и механизма проявления движений в многокомпонентной динамической системе планеты Земля. [7].

Основными методами наблюдений за осадками и деформациями инженерных сооружений и земной поверхности являются инструментальные геодезические методы.

В практике наблюдений за деформациями инженерных сооружений и земной поверхности наиболее широкое применение получили следующие высокоточные и точные инженерно-геодезические методы [39, 2А]:

- нивелирование для определения вертикальных и горизонтальных перемещений открытых легкодоступных точек инженерных сооружений и земной поверхности;
- тригонометрическое нивелирование для определения вертикальных перемещений открытых точек;
- гидростатическое [18] и гидродинамическое [55] нивелирование для определения вертикальных перемещений закрытых труднодоступных точек;
- створные измерения для определения горизонтальных смещений открытых и доступных точек основания и сооружения [59];

- метод линейно-угловых измерений для определения горизонтальных смещений;
- метод полигонометрии для определения горизонтальных смещений оснований и сооружений.

В совокупности все упомянутые методы и их данные дают возможность получить непрерывный масштабный ряд исходной информации, а также производной продукции, позволяющий осуществить комплексное геодинамическое изучение и картографирование геологической среды на региональном, локальном и детальном уровнях с определенной периодичностью, достаточной для непрерывного слежения (мониторинга) за развитием различных событий, обусловленных природными и техногенными причинами. Это определяет весьма широкий круг практического использования охарактеризованного набора исходной информации и во многих других аспектах изучения природной среды, включая сюда объекты с весьма высоким уровнем динамичности.

Говоря об изучении современных тектонических движений земной коры, необходимо выделить вертикальные и горизонтальные движения. Хотя эти движения являются лишь различными компонентами одного процесса, тем не менее, различие и независимость методов их определения, как правило, приводят к различным методам интерпретации [16]. Каждый из этих методов имеет свои преимущества и недостатки. Вертикальные движения земной поверхности определяются путем сопоставления результатов повторного высокоточного геометрического нивелирования [66]. Основным достоинством этого метода является высокая точность определений, сравнительная простота обработки материалов измерений, возможность обеспечения значительно большего числа информационных точек (реперов) при незначительном увеличении объема работ. Недостатком этого метода является получение информации лишь по одной компоненте.

Горизонтальные движения земной коры определяются путем сопоставления результатов повторных триангуляционных и трилатеральных

измерений. Этот метод отличается меньшей точностью и, как правило, меньшей детальностью, чем метод повторного высокоточного нивелирования, однако обладает таким достоинством как определение движений по двум компонентам. Путем математической обработки при условии некоторых допущений, по результатам измерения горизонтальных движений могут быть рассчитаны и вертикальные смещения.

В данной конкретной работе методами определения современных движений земной коры послужили повторные триангуляционные и трилатерационные измерения. Были выполнены определения вертикальных смещений путем выполнения тригонометрического нивелирования. Конкретные детали, касающиеся методики выполнения триангуляционных, трилатерационных работ и тригонометрического нивелирования, изложены в соответствующих нормативных документах [38, 67].

Инструментами получения данных движений земной коры являются как традиционно используемые в течение длительного времени теодолиты и нивелиры, так и новейшие высокоточные навигационные приборы позиционирования (GPS, ГЛОНАСС). Например, GPS-приемники Z-Max™ обеспечивают надежный охват слежения за спутниками. Приемник, принимая сигналы со спутников, определяют координаты в реальном времени, скорость и время, приемники работают по двум частотам [68].

Несущая частота L1 (1575 МГц) кодируется двумя кодами: C/A код (Легко доступный) и P код (Точный). Несущая частота L2 (1227 МГц) кодируется только P (Точный). Приемник Z-Max™ принимает сигналы от спутников через антенну и низкошумовой усилитель (LNA). Приемник может работать как автономная базовая станция, так и как подвижная станция в дифференциальном режиме при кодовых измерениях или режиме кинематики в реальном времени при измерениях фазы, несущей приемник использует формат RTCM SC 104 V2,2 для работы в дифференциальном режиме и RTK [68].

Эти особенности позволяют Z-Max™ достигать сантиметровой точности. Приемник имеет 12 параллельных каналов и 12 спутников (all-in-view).

Приемником непрерывно отслеживается каждый спутник, которому соответствует свой канал. Каждый из спутников передает по радио альманах и информацию об эфемеридах каждые 30 секунд, а приемником автоматически принимается эта информация и закладывается в памяти. Полученные данные обрабатываются на компьютере в специальной заложенной программе Ashtech Download.

Традиционными методами геодинимического анализа для плановых геодезических сетей является простое сопоставление измеренных (или уравненных) величин по различным циклам измерений и составление векторных схем смещения пунктов измерений. В последнем случае сопоставление идет, как правило, по условным уравненным координатам. Вместе с тем такой метод анализа обладает рядом недостатков. Координаты определяются относительно условно неподвижного нуля - пункта, ориентировка сети связывается с условно неподвижным направлением, остается неясным соотношение блоковых движений и деформаций. Как показывает опыт, наиболее адекватным является анализ в рамках тензорного представления.

Расчетные компоненты плоских континуальных тензоров деформации основываются на известных уравнениях механики сплошных сред. Расчетные формулы приведены в работах Н.П. Есикова [34, 35] и В.К. Кучай [48]. Эти расчеты позволяют получить значения главных деформаций ( $E_1$ ,  $E_2$ ), ориентировку их осей ( $\alpha_1$ ,  $\alpha_2$ ), а также получить раскладку деформации вдоль координатных осей  $E_{xx}$ ,  $E_{yy}$ , деформации сдвига между осями  $E_{xy}$  главные деформации плоского и объемного сдвигов  $C_{T \max}$  и  $CT^1_{\max}$ , вертикальные деформации  $E_{zz}$  коэффициент Лодэ-Надаи  $\mu_g$ , а также значения дилатации. Точкой приложения деформации условно считается центр тяжести фигуры, образованной тремя непараллельными линиями (в конкретном случае - треугольника). Таким образом, на каждом компоненте тензора будет получено поле значения, которое служит основой для построения ряда деформационных схем.

## 1.1 Исследования особенностей методики обработки повторных измерений на линейно-угловых сетях и обработка результатов измерений современных вертикальных движений.

1.1.1 Анализ, оценка и область применения методики обработки повторных измерений на линейно-угловых сетях. Для определения современных горизонтальных движений используются повторные триангуляционные измерения. Сопоставлением результатов измерений для различных циклов получают данные об изменениях пунктов [34]. В результате обработки материала может быть получена векторная схема, где указывается величина смещения пунктов измерений в том или ином направлении [6А].

При этом величина вектора смещения определяется из формулы:

$$V = \sqrt{(\Delta x)^2 + (\Delta y)^2} \quad (1)$$

$$\text{где } \Delta x = x_a - x_o, \quad \Delta y = y_a - y_o, \quad (2)$$

при этом  $x_a, y_a$  - координаты пункта в актуальную эпоху измерений,  $x_o, y_o$  - в начальную эпоху измерений.

Ориентировка вектора равна

$$\alpha = \arctg \frac{\Delta y}{\Delta x}, \quad (3)$$

Для получения векторных схем наиболее правильным представляется сравнение координат, полученных после уравнивания измерений отдельно в каждом цикле по идентичной методике по программе Проворова-Мицкевича [34] для обработки линейно-угловых сетей [6А]. Другим методом представления результатов обработки может быть метод тензорного анализа. Расчеты компонент плоских континуальных сред, связывающих удлинений вдоль измеряемой линии с компонентами тензора деформации [48, 49].

$$\varepsilon_p = \varepsilon_{xx} \cos^2 \varphi_p + \varepsilon_{yy} \cos^2 \left( \frac{\pi}{2} + \varphi_p \right) + \varepsilon_{xy} \cos \varphi_p \cos \left( \frac{\pi}{2} + \varphi_p \right), \quad (4)$$

где  $\varepsilon_{xx}, \varepsilon_{yy}$  - деформации удлинения вдоль координатных осей,  $\varepsilon_{xy}$  - деформации сдвига между осями,  $\varphi_p$  дирекционное направление измеряемой линии в заданной системе координат,  $\varepsilon_p$  - деформации относительного удлинения вдоль линии равная:

$$\varepsilon_p = \frac{l_{pa} - l_{po}}{l}, \quad (5)$$

где  $l_{po}$  – длина линии в начальную,  $l_{pa}$  – в актуальную эпохи измерений, определенные либо прямыми измерениями, либо расчетами по разностям координат.

В случае если исследуются деформации происшедшие за длительный период времени, за основу необходимо взять среднегодовые удлинения линий.

$$\varepsilon_{p.c.g.} = \frac{l_{pa} - l_{po}}{l_n}, \quad (6)$$

где  $n$  – количество лет между эпохами измерений.

Для нахождения неизвестных величин  $\varepsilon_{xx}, \varepsilon_{yy}, \varepsilon_{xy}$  нужно решить систему трех уравнения:

$$\sum_{i=1}^n a_{ij} x_j = b_i (j = 1, 2, 3), \quad (7)$$

где  $x_j$  – перечисленные искомые неизвестные,  $a_{ij}$  – коэффициенты, зависящие от  $\varphi_{pi}$  (см. формулу 4),  $b_i 2\varepsilon_{pi}$  – свободные члены, определенные из геодезических измерений или при помощи расчетов. После определения  $\varepsilon_{xx}, \varepsilon_{yy}, \varepsilon_{xy}$  определяются другие компоненты тензоров деформации:

$$\varepsilon_1 = \frac{1}{2} \left[ (\varepsilon_{xx} + \varepsilon_{yy}) + \sqrt{(\varepsilon_{xx} - \varepsilon_{yy})^2 + \varepsilon_{xy}^2} \right], \quad (8)$$

$$\varepsilon_2 = \frac{1}{2} \left[ (\varepsilon_{xx} + \varepsilon_{yy}) - \sqrt{(\varepsilon_{xx} - \varepsilon_{yy})^2 + \varepsilon_{xy}^2} \right], \quad (9)$$

Ориентировка главных осей тензоров деформации относительно оси X определяется по формулам:

$$\alpha_1 = \arctg \frac{\varepsilon_{xy}}{2(\varepsilon_1 - \varepsilon_{yy})}, \quad (10)$$

$$\alpha_2 = \arctg \frac{\varepsilon_{xy}}{2(\varepsilon_2 - \varepsilon_{yy})},$$

где  $\alpha_1$  – дирекционный угол оси  $\varepsilon_1$ ,  $\alpha_2$  – дирекционный угол оси  $\varepsilon_2$ .

Зная удлинения вдоль осей  $\varepsilon_1, \varepsilon_2$  и предполагая в первом приближении среди несжимаемой можно определить значения вертикальной компоненты тензора деформации:

$$\varepsilon_{zz} = -(\varepsilon_{xx} + \varepsilon_{yy}) = -(\varepsilon_1 + \varepsilon_2), \quad (11)$$

Значения компонент тензоров деформации относятся к центрам тяжести треугольников по результатам изменения длин сторон, которых эти значения получены. Дальнейшее представление материала может быть выполнено в виде схем, где изолиниями показаны величины равных деформаций (скоростей деформации), или таблиц результатов цикл измерений (табл. 1.1.1.1, 1.1.1.2) [70, 6А].

Таблица 1.1.1.1 - Ведомость координат первого и второго циклов измерений на оползневом участке «Кабуджар» [Саидов М.С.].

№	Имя пункта	X	Y	X	Y
		Первый цикл		Второй цикл	
1	Rp-1	224195, 170	191133, 610	224195, 170	191133, 610
2	Rp-2	224293, 168	191022, 567	224293, 168	191022, 567
3	T-1	223942, 146	191000, 800	223942, 152	191001, 229
4	T-2	224138, 749	190853, 489	224138, 797	190853, 516

Таблица 1.1.1.2 - Результаты первого и второго циклов измерений (Кодиров Э.Х.).

Станция	Цель	Направление		Класс точности
		Первый цикл	Второй цикл	
Rp-1	T-1	0° 00' 00, 00"	0° 00' 00, 00"	4-класс
	T-2	50° 55' 03, 00"	51° 00' 05, 00"	4-класс
	Rp-2	103 54' 29,25"	103° 59' 12, 00"	4-класс
Rp-2	Rp-1	0° 00' 00, 00"	0° 00' 00, 00"	4-класс
	T-1	51° 56' 22, 62"	51° 52' 12, 00"	4-класс
	T-2	95° 52' 52, 25"	95° 53' 00, 00"	4-класс

Разница полученных значений за определенное время наблюдений (табл. 1.1.1.3) свидетельствует о смещении активной части оползня (Т-1) по оси «Х» на 43 см/год. Это несмотря на то, что при визуальном обследовании не были зафиксированы серьезные подвижки на оползневом участке [6А].

Таблица 1.1.1.3 - Ведомость разности координат между I-II циклами измерений (Кодиров Э.Х.).

№	I цикл		II цикл		Разница между циклами в мм	
	X	Y	X	Y	ΔX	ΔY
T-1	223942,146	191000,800	223942,152	191001, 229	+ 0, 012	+ 0, 429
T-2	224138,749	190853,489	224138,797	190853, 516	+ 0, 048	+ 0, 027

### 1.1.2 Исследования современных движений земной коры. Область применения и обработка результатов изысканий.

Основным методом исследования современных движений земной коры является повторное нивелирование I, II классов. Выполнение нивелирования на геодинамических полигонах осуществляется в соответствии с требованиями нормативных документов.

Для оценки точности нивелирования рассчитываются средние квадратические случайные  $\eta$  и систематические  $\sigma$  ошибки по формулам [6А]:

$$\eta_5 = \sqrt{\frac{1}{4n} \left[ \frac{d_5^6}{r} \right]} \quad (12)$$

$$\eta_6 = \sqrt{\frac{1}{4n} \left[ \frac{d_6^2}{r} \right]},$$

где  $n$  - число секций в ходе,  $r$  - длина секции,  $d$  - разность превышений двух нивелировок в секции.

Квадратическая ошибка на 1 километр хода вычислялась по формуле:

$$\mu = \pm \sqrt{\eta^2 + \sigma^2}, \quad (13)$$

Интерпретация результатов повторного нивелирования может выполняться в виде графиков изменения высот пунктов нивелирования или в виде карт современных вертикальных движений [68, 69]. Как в первом, так и во

втором случае в каждом цикле нивелирования вычисляются условные отметки всех реперов относительно начального, принятого за неподвижный по формуле [34]:

$$N_x = N_{исх} + h_{изм} \quad (14)$$

Сопоставляя значения, полученные по результатам каждого цикла нивелирования, получаем их разности  $N$  или разности накопленных превышений равные сумме изменения превышений по каждой секции  $N$ .

Скорости современных вертикальных движений между смежными знаками вычисляются по формуле:

$$V_n = \frac{\Delta h}{\Delta T} = \frac{h_{нов} - h_{стар}}{\Delta T}, \quad (15)$$

где  $h_{нов}$  - измеренное новое превышение,  $h_{стар}$  - измеренное старое превышение,  $\Delta T$  – интервал времени между повторными нивелировками в годах.

Соответственное для того чтобы получить скорости современных вертикальных движений нужно выполнить расчеты для каждой точки по формуле:

$$V_n = \frac{\Delta H}{\Delta T} = \frac{H_x^n - H_x^1}{\Delta T}, \quad (16)$$

где  $H_x^1$  - отметка точки в первом,  $H_x^n$  в  $n$ -ом цикле измерений.

Ошибка определения скорости современных вертикальных движений определяется по формуле:

$$mV_h = \frac{m\Delta h}{\Delta T} = \frac{\sqrt{\mu L}}{\Delta T} \quad (17)$$

$$mV_H = \frac{m\Delta H}{\Delta T} = \frac{\sqrt{\mu L}}{\Delta T}$$

Таким образом, получая некоторое поле значений  $H_i$  и используя обычное интерполирование можно построить карты современных вертикальных движений за любой период (рис. 1.1.2.1). При этом достоверность этих карт будет тем выше, чем больше временной период, согласно формуле (17) [6А].

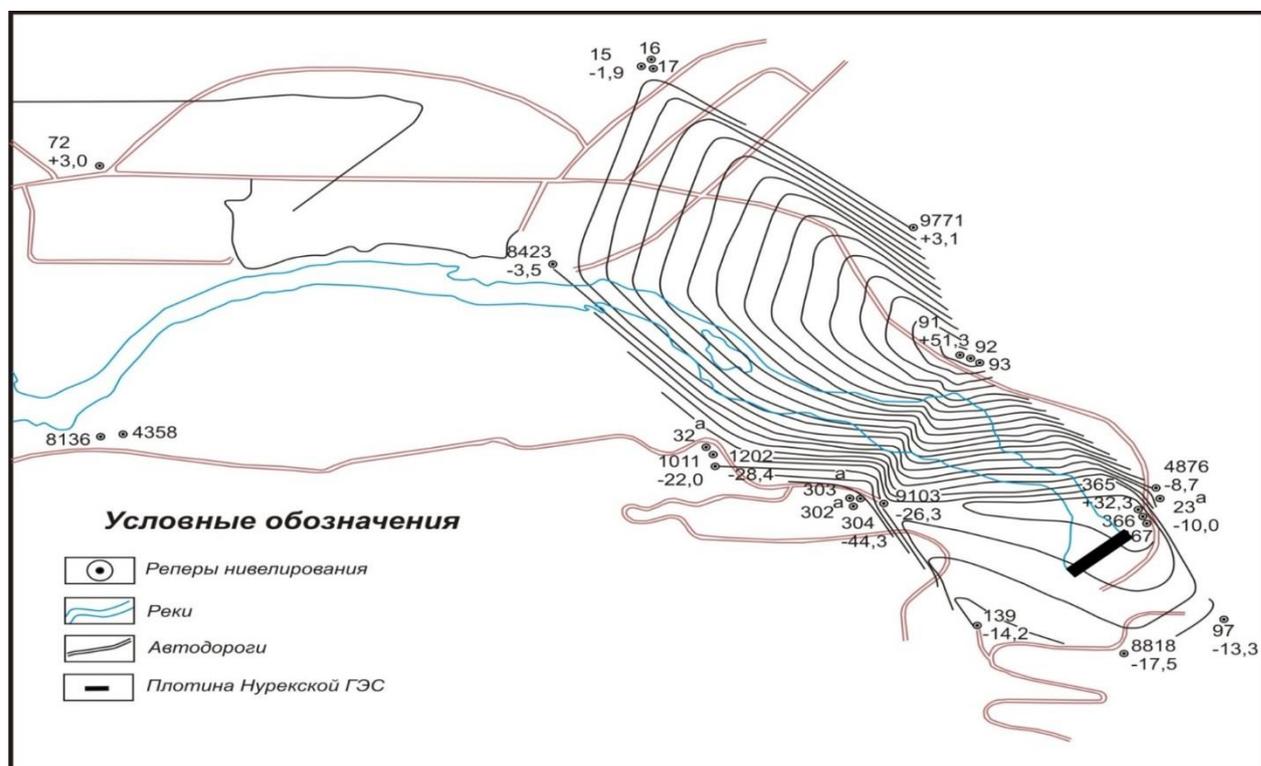


Рисунок. 1.1.2.1. Пример карты современных вертикальных движений полигона Нурек за определенное время [Саидов М.С.].

## 1.2 Анализ, оценка и область применения метода многофакторного корреляционного анализа при исследовании деформаций инженерных сооружений.

Вопросы влияния динамического воздействия на вертикальные деформации рассматривались многими авторами. Так, например, Павлов П.В. в работе [60] указывает, что вибрация земной поверхности, возникающая в результате движения железнодорожного транспорта, фиксируется на расстоянии 100 м и более от оси пути, поэтому вертикальное смещение в значительной мере будет зависеть от собственного веса сооружения и расстояния от оси пути.

Ларионовым А.К. [50] установлено, что сейсмические (динамические) воздействия различного характера являются одним из факторов, влияющих на величину и скорость деформаций сооружений. Субботиным И.Е. [84] выявлено, что под влиянием вибрации фундамента технологического оборудования газокompрессорных станций получены дополнительные (динамические) осадки.

Известно, что осадка сооружений (земной поверхности) – многофакторное явление и сложный динамический вероятностный процесс, зависящий от изменения прочностных свойств грунта с течением времени, изменения удельной нагрузки на основание вследствие надстройки здания, ошибок при изыскании и проектировании оснований, когда несущая способность грунтов принимается выше действительной, воздействия на грунт ощутимых землетрясений и других факторов [3А].

Неравномерные деформации (осадка) инженерных сооружений вызывают недопустимые напряжения в конструкциях: фундаментах, балках, несущих элементах, что может вызвать аварию или разрушение сооружения. Деформации сооружений – явления многофакторные, являющиеся результатом многочисленных воздействий. Следовательно, только в результате комплексных исследований могут быть получены факторы, влияющие на осадку инженерного сооружения [3А].

В результате комплексных наблюдений за состоянием сооружений могут быть получены сведения о трех, четырех и более факторах, степень явления которых на осадку нужно определить. Решение такой задачи тесно связано с методами статистического моделирования, т.е. построение математической модели, отражающей связи между результативным признаком осадки и несколькими факториальными признаками [3А].

При статистическом моделировании связь между результативным признаком и факториальными признаками имеет сложный характер. Для выявления значимых факторов, влияющих на осадку в сложных инженерно-геологических условиях и подбора математической модели, необходимо применение многофакторного корреляционного анализа. Следовательно,

многофакторный анализ является одним из этапов для моделирования и прогнозирования осадков.

Каждое землетрясение и его последствия, горизонтальные и вертикальные смещения зависят от сейсмических параметров, местоположения эпицентра землетрясения, глубины очага, количества выделяемой энергии и т.д. Для выявления меры влияния той или иной сейсмической характеристики землетрясения на величину горизонтального или вертикального смещения, необходимо выполнить статистическую обработку методами дисперсионного и корреляционного анализа [3А].

Ввиду того, что основные характеристики землетрясений: магнитуда, глубина очага, бальность, эпицентральное расстояние зависят от одного фактора – тектонических смещения в земной коре, поэтому наиболее важным, с точки зрения исследования геометрических параметров сооружений, является интенсивность землетрясения (бальность), которая наиболее ярко выражает сейсмическое воздействие. Для выявления факторов, влияющих на осадку сооружения, необходимо использовать математический аппарат многофакторного корреляционного анализа [3А]. В первом приближении допустим, что учтенными факторами, влияющими на осадку сооружения ( $S$ ), будут время протекания процесса ( $t_i$ ), количество землетрясений ( $K_i$ ) и интенсивность землетрясений ( $I_i$ ), прошедших за время между циклами. В случае парной корреляционной связи достаточно учитывать один из трех факторов:  $t$ ,  $K$  или  $I$ . Уравнения парных регрессий в случае прямой корреляционной связи будут иметь вид [3А]:

$$S_i = a + bt_i; \quad S_i = a + bK_i; \quad S_i = a + bI_i,$$

где  $a$  и  $b$  – коэффициенты соответствующих зависимостей.

Результатом корреляционного анализа является выявление значимости факторов с использованием корреляционной матрицы. Если на деформационный процесс оседания влияет множество факторов, часть из

которых неизвестна, то можно их выразить через исследуемые, т.е. модель деформации представить в виде обобщенных факторов.

Определение значимых факторов дает возможность уточнить модель деформации сооружения, это, в свою очередь, дает возможность выбрать оптимальную методику наблюдений и обоснованно проводить инженерно-геодезические работы и позволяет выполнить прогноз оседания инженерных сооружений в условиях повышенной сейсмичности с учетом интенсивности землетрясения. На основе проведенного анализа [3А] можно утверждать, что существует довольно тесная корреляционная связь между результативным признаком ( $S_i$ ) и факториальными признаками ( $I_i, t_i, K_i$ ). Результаты анализа могут быть использованы для ориентировочных расчетов при проектировании в аналогичных условиях, а методы анализа послужат повышению надежности проектирования оснований и фундаментов.

#### **Выводы по главе.**

1. Наиболее перспективными для исследования напряженного состояния инженерных сооружений и массивов горных пород, слагающие горные склоны, являются численные методы, которые позволяют значительно расширить возможности математического моделирования.

2. Основным преимуществом численных методов является возможность их использования при изучение напряженного состояния неоднородных массивов горных пород, имеющих сложные строения.

3. Анализ возможностей различных числовых методов показывает, что каждый из них с наибольшим успехом может быть использован только при решение некоторого круга вопросов и обладает определенной точностью.

## ГЛАВА 2

### ИССЛЕДОВАНИЯ ДЕФОРМАЦИИ ОСНОВНЫХ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ И ГОРНЫХ МАССИВОВ (ГЕОДИНАМИЧЕСКИЙ ПОЛИГОН БАЙПАЗИНСКОЙ ГЭС)

*В этой главе автор на основе множества анализов, фондовых данных и опубликованных исследований представляет информацию о деформациях крупных инженерных сооружений Байпазинской ГЭС и оползневом участке. Рассматриваются причины этих деформаций, а также проводится анализ геодезических методов наблюдений и их применимости к гидротехническим объектам.*

#### **2.1. Организация и проведение натуральных инструментальных наблюдений за перемещениями и деформациями Байпазинского оползневого участка.**

Байпазинский оползень на р. Вахш расположен в 4.5 км от Байпазинской ГЭС ниже по течению реки. Наибольшее смещение его было в апреле 1969г., когда он полностью перекрыл русло р. Вахш на расстоянии 600-800м. Плотина была размыта р. Вахш, только в сентябре. Изучая этот оползень в 1978г. специалисты САО «Гидропроект» (Колечко А.Е., Скрипко Е.С.) [1], сделали вывод, что здесь имеется неустойчивая часть древнего оползня, вытянутая вдоль русла реки на 750м, имеющая объём около 1.5млн. м<sup>3</sup> и могущая вызвать перекрытие русла р. Вахш на высоту около 20м. Поэтому ими было рекомендовано при проектировании Байпазинской ГЭС отметку пола машинного зала принимать не менее 581м. Больше никаких рекомендаций не последовало [1].

В мае 1992г. Байпазинский оползень вновь активизировался и перекрыл р. Вахш. Попытка размыть тело завала повышенными пропусками воды не дала результатов. Только применение военной авиации позволило ликвидировать перекрытие. Работа Байпазинской ГЭС была под угрозой. В 1993г. специалистами Южной гидрогеологической экспедиции были проведены

исследования Байпазинского оползня, сделаны расчёты его устойчивости и даны рекомендации по его стабилизации (Ищук Н.Р., Ищук А.Р., 1994г.) [1].

В 1994г. Ельманов Б. высказал мнение о строительстве обходного туннеля на случай перекрытия реки оползнем. В связи с нестабильной обстановкой в Таджикистане эти рекомендации не были выполнены. Не были проведены также исследования для разработки мероприятий по ликвидации последствий перекрытия реки Вахш Байпазинским оползнем, которые могут произойти в будущем.

В марте 2002г. после землетрясения силой 6 баллов Байпазинский оползень опять пришёл в движение и перекрыл реку Вахш. С помощью международных экспертов и местных специалистов были разработаны мероприятия по стабилизации Байпазинского оползня и безопасности работы каскада Вахшских ГЭС. Было предложено разгрузить самую опасную часть Байпазинского оползня путём вывоза грунта за его пределы, чтобы выиграть время для строительства обводного тоннеля, т.к. все понимали, что стабилизировать Байпазинский оползень невозможно.

Французской фирме EDF было предложено разработать технико-экономическое обоснование (ТЭО) обводного тоннеля для реки Вахш на случай перекрытия реки Байпазинским оползнем. В течение 2002-2005гг. разгрузку участка оползня выполнили, ТЭО разработали, но обводной тоннель так и не начали строить.

Локальные подвижки Байпазинского оползня происходили также как во время производства работ по разгрузке верхней, самой опасной части оползня (вывоз грунта и строительство террас на нём), так и после завершения строительства: в апреле 2003г., в мае 2004г., в июне 2004г., в декабре 2004г., в июле-августе 2005г., в апреле 2007 г., в марте 2011г., в апреле 2015г. [1, 4]. В прирусловой части оползня на южном участке начал формироваться новый оползень, который находится в зоне влияния водохранилища Сангтудинской ГЭС-1. Колебания уровня воды в водохранилище могут негативно сказаться на его устойчивости. Площадь оползня 25. 4тыс.м<sup>2</sup>, ориентировочный объём около

100тыс.м<sup>3</sup>. В случае его активизации существует реальная угроза перекрытия русла р. Вахш. Кроме того, он будет иметь тенденцию к расширению за счёт его расширения вверх по склону.

На сегодняшний день альтернативы обводного туннеля, на случай перекрытия участка долины р. Вахш Байпазинским оползнем нет. Чем быстрее начнётся его строительство, тем безопаснее будет эксплуатация всех ГЭС на р. Вахш. Байпазинский оползень является «дамкловым мечом» для гидроэнергетики Таджикистана. 95% выработки электроэнергии в Таджикистане приходится на каскад ГЭС на р. Вахш.

Французской фирмой EDF с помощью местных специалистов (Кольцов Г.А.) было рассмотрено 3 варианта строительства туннеля протяжённостью 3480м по правому берегу р.Вахш, 1900м и 1180м по левому берегу. С экономической и геологической точек зрения самым приемлемым был выбран туннель по левому берегу р. Вахш протяжённостью 1180м. Его стоимость предполагается в сумме 31.8 млн. долларов США, срок строительства – 1 год. Сечение гидротехнического туннеля 12×12м, расчётная пропускная способность 1734м<sup>3</sup>/сек, что соответствует максимальному сбросу Байпазинской ГЭС и дополнительному расходу воды на нужды ирригации. Кроме того, для уточнения горно-технических условий строительства туннеля было предложено начать его строительство с разведочного туннеля длиной 400м и сечением 2.5×2.5м (0.45млн. долларов США) [1, 2].

Туннель предполагается со свободным поверхностным течением (напорный туннель создаст проблемы для эксплуатации Байпазинской ГЭС). Разница отметок между машзалом Байпазинской ГЭС (851.50м) и отметкой реки около 15 м (отметка реки в районе перекрытия 565.9м) при полной нагрузке ГЭС (1236м<sup>3</sup>/сек). Это на момент составления проекта. В нём было рекомендовано установить отметку дна входного портала на 1 м выше отметки р.Вахш, т.е. 567м. Отметка дна входного портала 569.0м, выходного портала 559.50м, уклон  $i=0.008$ , длина 1180м [1].

Вмещающие породы – прочные известняки серого цвета (коэффициент крепости по Протодяконову 7, сцепление 0.20 Мпа, коэффициент внутреннего трения 0.80, группа пород по трудности разработки VIII). С учётом толщины облицовки в 0.60м диаметр выработки в прочном грунте (известняки) составит 13.20м, при неблагоприятных условиях (наличие рыхлых или ослабленных пород) – 14.20м с толщиной облицовки 1.10м. Сечения выработки составят для прочных и слабых грунтов 154.20м<sup>2</sup> и 174.28м<sup>2</sup> соответственно [1, 4].

В настоящее время функционирует водохранилище Сангтудинской ГЭС-1 (НПУ-571м, УМО -570м) и участок возможного перекрытия Байпазинским оползнем находится в зоне его влияния, что потребует изменить отметки входного и выходного порталов. Так как проектом не предусматривается входной затвор, туннель будет находится постоянно затопленным и его пропускная способность в случае перекрытия участка оползнем существенно сократится. В подобной ситуации необходимо будет сбросить воду из водохранилища Сангтудинской ГЭС-1 на значительную величину.

### **2.1.1. Геодинамика Байпазинского оползневого участка**

Объект исследования в административном отношении относится к Яванскому району Хатлонской области Республики Таджикистан. Основными орографическими элементами являются хребты Сарсаряк и Каратау с максимальными отметками высот 1600-1900 м. Хребты разделяют р. Вахш, который течет в узком V-образном ущелье с севера на юг. Река Вахш - вторая по величине составляющая р. Амударьи. Она образуется от слияния рек Кызылсу и Муксу, берущих начало в горах Памиро-Алая и самого крупного в мире горного ледника – Федченко. В самом начале до слияния с р. Обихингоу носит название Сурхоб, а только затем Вахш.

Типы питания реки Вахш определяются высотным положением водосборов и меняются при передвижении с севера на юг, где увеличивается доля дождевого стока. В северной горной части река в основном питается за счет ледников, фирновых полей и вечных снегов. Климат резко

континентальный с большими перепадами суточных температур. Абсолютный максимум температур приходится на июль-август месяцы и составляет +44-46<sup>0</sup>С в тени, абсолютный минимум на январь-февраль и составляет 15-18<sup>0</sup>С. Среднегодовая сумма осадков составляет 520мм, относительная влажность воздуха колеблется от 27-50% летом до 85% зимой-весной [58].

### **2.1.2. Исследования и оценка особенностей геологического строения Байпазинского оползневого участка.**

Исследуемая территория расположена в передовой части Таджикской депрессии, несколько южнее ее сочленения с западными отрогами Гиссаро-Каратегинского поднятия на Северо-Каратауском поднятии, которое морфологически выражено хр. Каратау. Это поднятие представлено асимметрической структурой, имеющей слабодислоцированный свод, с пологим (30-45<sup>0</sup>) западным крыльями. Фрагменты западного крыла осложнены Каратауским надвигом, плоскость которого наклонена к северо-западу под углом 10-12<sup>0</sup>. По долине р. Вахш проходит разрывное нарушение, разграничивающее два поднятия – Каратауское и Сарсарьякское. Поверхность сместителя этого нарушения падает на юго-восток под углом 45-60<sup>0</sup> и по ней Сарсарьякское поднятие надвинуто на Каратауское [58]. Материал сильно вытянувшихся вверх пород на определенном этапе начинает расползаться в стороны или опрокидываться назад, образуя гравитационные явления. Такие явления широко развиты по правому борту долины р. Вахш.

Разрыв вскрыт бурением у населенного пункта Тутбулак при разведке каменной соли. Разрывные нарушения представлены трещинами, тектоническими и стратиграфическими дислокациями. В районе оползня зафиксирован ряд диагональных и субмеридиональных трещин, которые, по-видимому, генетически связаны с активностью соляной тектоники, развитой как в зоне разрывов, так и в ядре структуры, что подтверждается деформацией залегания пород, слагающих крыло складки и ундуляций ее оси. Дислокация пересекает оползневой участок с северо-востока на юго-запад, отделяя

массивные пачки известняков от глинистой массы оползневых образований. В приконтактной зоне на восточном склоне Сарсаряжского хребта, где соприкасаются массивные пачки известняков с глинисто-гипсовой пачкой, видно смятие глин и гипсов с надвиганием на известняки. Вторая с более выраженными очертаниями проходит параллельно первой в 2,5 км севернее участка. Третья пересекает две предыдущие, с северо-запада на юго-восток под углом  $90^{\circ}$  и ограничивает четвертую трещину.

Мезозойско-кайнозойские отложения сложены юрскими (верхний отдел), меловыми (верхний отдел) и палеогеновыми отложениями. Непосредственное взаимоотношение голоценовых отложений и оползневого участка здесь не установлено. Однако довольно широко распространенные в юго-западной части оползневого участка вдоль линии надвига суффозионно-карстовые воронки, могут свидетельствовать о близости голоценовых отложений непосредственно к оползневому участку.

Верхнемеловые отложения в разрезе оползневого участка представлены отложениями сантонского, компанского и маастрихтского ярусов. Отложения сантонского яруса расчленяются на две пачки, верхнюю и нижнюю. Верхняя пачка представлена переслаиванием зеленовато-серых, бурых и малиновых глин с белыми и розовыми гипсами. Глинистые породы сильно загипсованы. Мощность пачки колеблется от 60 до 100м. Нижняя пачка представлена морскими известняково-глинистыми отложениями, серыми органогенными и оолитовыми известняками с прослоями зеленовато-серых глин и мергелей. Мощность пачки колеблется от 30 до 50м [58].

Кампанский и маастрихтский ярусы объединенные  $K_2$ . Отложения этих ярусов также делятся на две пачки. Нижняя пачка представлена зеленовато-серыми глинами с прослоями серых и зеленовато-серых известняков, ракушников и мергелей. В основании пачки залегает пласт серого массивного известняка мощностью от 2-3м до 10м. Мощность отложений колеблется от 5- до 100м. Верхняя пачка представлена однообразными массивными

известняками, которые различаются только оттенками и интенсивностью окраски. Мощность пачки колеблется от 80 до 100 м [58].

Палеогеновые ( $P_{1bh}$ -палеоцен,  $P_{2sz-tp}$ - нижний, средний и низы верхнего эоцена) в основном морские отложения, представленные известняками, мергелем, гипсами, зелеными и красными глинами, опознаются на снимках наиболее просто в силу четкой литологической дифференцированности карбонатных, глинистых и галогеновых пород, однако непосредственно в строении оползневого участка палеогеновые отложения участия не принимают.

Четвертичные, вернее средне и верхнеплейстоценовые отложения представлены довольно широко. Среди этих отложений непосредственно на оползне образованном участке преобладают лессовидные суглинки верхнечетвертичного возраста и оползневые отложения. Лессовидные суглинки представлены палевыми суглинками, твердой и полутвердой консистенцией, макропористыми, комковатыми, карбонатизированными с вертикальной отдельностью, однородного сложения. Мощность суглинков колеблется от 2 до 10-15 м [58]. Они, как правило, образуют сглаженные формы рельефа и характеризуются наиболее светлым фототонном. Оползневые накопления представлены как массами передробленных коренных пород с мелкоземистым заполнителем, так и пакетами коренных пород. Крупность обломочного материала различна и колеблется от первых сантиметров до нескольких метров.

Основными морфологическими элементами территории являются хребты Сарсарьяк и Каратау. Формирование рельефа началось в неогене. Основными факторами, создавшими современный рельеф, явились интенсивные складчатые движения. Значительную роль в рельефообразовании играют процессы выветривания и гравитации.

В пределах района выделяются два блока, разделенные разрывами по долине р. Вахш: Каратау-Тианский и Сарсарьякский [23]. Верхнеплиоценовая поверхность развивается в приводораздельных и водораздельных частях хребта и перекрытия повсеместно чехлом лессовидных суглинков. Нижний верхнеплейстоценово-голоценовый ярус рельефа представлен круто наклонной

эрозионной поверхностью, изрезанной сетчатой системой эрозионных врезов мелких притоков р. Вахш. В целом поверхность блока сильно расчленена эрозионными процессами ниже-среднеплейстоценового и современного возраста, резко различающимися морфологически от Каратау-Тинского поднятия.

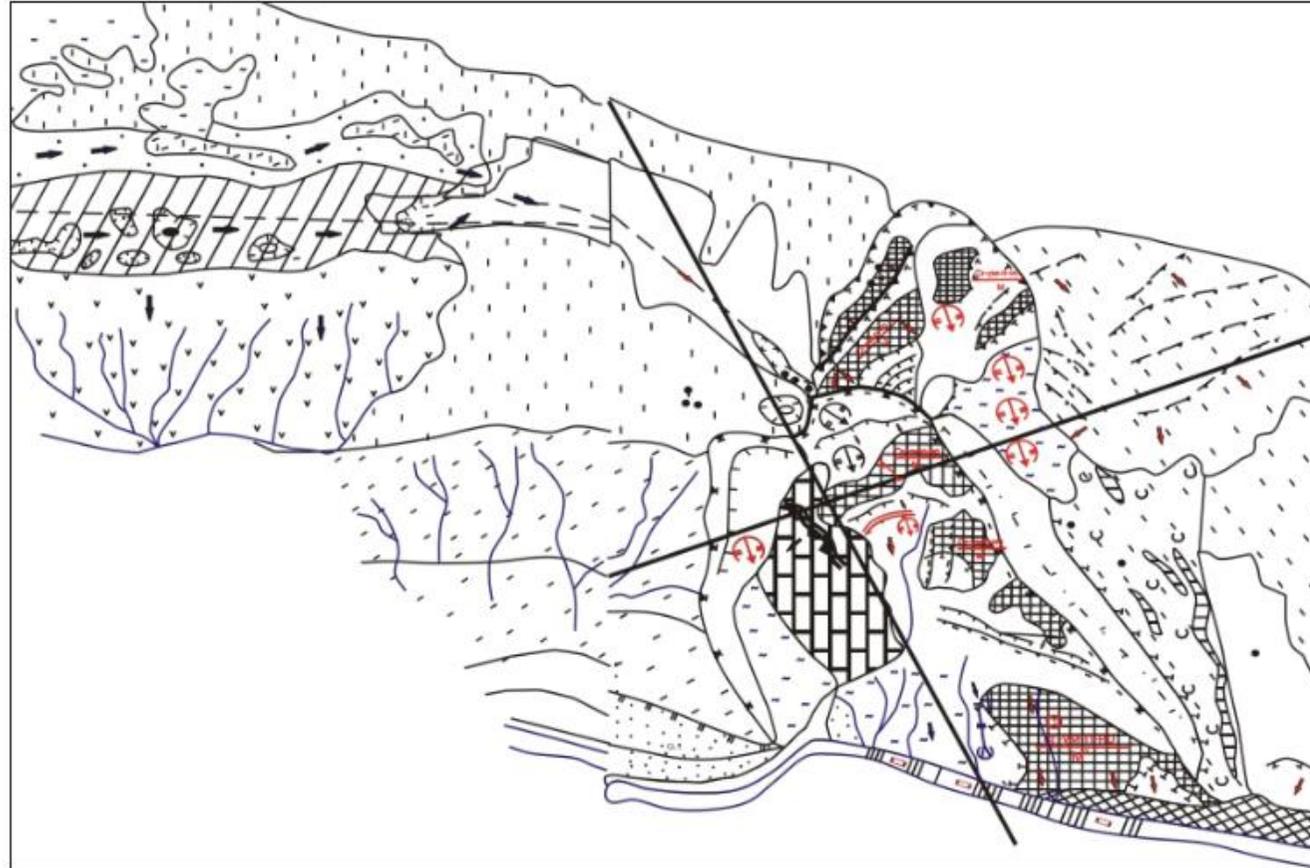
### **2.1.3. Динамика развития Байпазинского оползневого участка**

Байпазинский оползневой склон имеет достаточно сложное геолого-геоморфологическое строение. Расположено оно в древнем эрозионном цирке, часть которого оторвано от местного базиса эрозии. Оползень детрузивный (толкающий) и унаследованный (рис. 2.1.3.1).

По результатам проведенного ретроспективного анализа и сопоставление их с существующими материалами можно судить минимум как о 4 фазах активизации этого оползневого участка. Первая фаза активизации – фаза становления оползневого участка была связана с крупным сейсмическим толчком, в результате чего часть склона, сложенная преимущественно доломитами и доломитизированными известняками палеогена, описанная сейчас как скальный массив, обрушилась и перекрыла долину р. Вахш. Эта фаза сопровождалась образованием подпрудных перемычек, крупными селевыми проявлениями и обвалами. Вторая и третья (зафиксированные) фазы активизации оползня относятся к 1969-1992гг.

Четвертая, наиболее активная фаза движения, произошла в марте 2002г. в результате схода грязекаменного потока с восточного склона Каратауского хребта, которая частично перекрыла р. Вахш.

Оползневой склон характеризуется достаточно сложным строением и выработан он в древнем эрозионном цирке, активизация которого, по всей видимости, связано с проявлением тектонических трещин и поперечных разрывных нарушений. Оползневой участок состоит из 4-х взаимосвязанных и взаимодополняющих оползневых образований, имеющих общее начало (см. рис. 2.1.3.1).



Масштаб 1:15 000

Рисунок 2.1.3.1. Инженерно-геологическая карта Байпазинского оползневого участка (Саидов М.С., Кодиров Э.)

	Оползни сброса и выдавливания по коренным и четвертичным отложениям		<b>Эрозия</b> Промоины растущие
	Оползни внезапного разжижения и вязкопластичного состояния глинистых и щебнисто-глинистых масс		Овраги: растущие, древние
	Оползни - обвалы		Суффозионные: а)воронки, б)канавы
<b>Сейсмогравитационные</b>			Древние эрозионные долины
	Обвалы		Древние эрозионные долины (замкнутые)
	Камнепады		Суффозионно-карстовые воронки а)открытые, б)слепые
<b>Флювиальные</b>			Границы: а)действующих оползней и год подвижки, б)потенциальных, в)прогнозирующих
	Руслу селеносных водотоков: а)крупных, б)малых		Участки возможных перекрытий рек
	Пролувиально-селевые выносы		Заторы оползневые
<b>Водопроявления и гидрогеологические данные</b>			Направление движения экзодинамических процессов
	Участки наиболее интенсивного водопроявления на поверхности		Участки интенсивного сноса и транзита потока литогенного пролувиально селевого и оползневового материала на склоне
	Участки разгрузки подземных вод		Область аккумуляции потоков водно-литогенного экзодинамического материала
	Предполагаемое направление миграции подземных вод		Ложбинно-ячеистый рельеф суффозионно кар-верхностей
	Источники: в числителе номер, в знаменателе расход		
	Заболоченность и мочажины с питанием водами: атмосферными, подземными		
	Участки интенсивного поглощения поверхностных вод		

Рисунок 2.1.3.2. Условные обозначения к рисунку 2.1.3.1 (Саидов М.С., Кодиров Э.)

Первый оползень (левый) – обвально-оползневой, имеет достаточно древнее происхождение и, по всей вероятности, образовался в результате сильного землетрясения. Материал образования у подножья склона представлен глинами и гипсами верхнего мела. Второй оползень – действующий, состоит из трех частей – нижней, средней и верхней. Нижняя часть — это область транзита и аккумуляции потоков водно-литогенного оползневого материала. Она представлена пролювиально-селевым конусом выноса и фрагментами нереализованных оползневых образований.

Средняя часть оползневого образования наиболее активна, сложена глинами и гипсами верхнего мела, сильно обводнена. В ней расположены три фрагмента наиболее активной части оползня, которые имеют серьёзную опасность. Оползневые породы имеют карбонато-глинистый состав с преобладанием аргиллитоподобных глин и падением на юг, юго-восток под углом 45-50°. Среди глин отмечаются пачки глинистых известняков с прослоями глин мощностью 2,5-10м.

Верхняя часть оползня сложена в основном лессами и лессовидными суглинками мощностью от 15м до 20-25м. Эта часть оползня имеет глыбово-ступенчатую форму и в основной своей массе имеет падение на северо-восток. Только восточная ее часть в результате активизации оползня сместилась в восточном направлении и способствовала угрозе подпруживания р. Вахш. Верхняя часть так называемого Байпазинского оползня по времени образования и характеру направления смещения можно отнести к оползню №4. На поверхности оползня можно увидеть суффозионно-карстовые воронки.

Оползень № 4 является достаточно древним, и в прошлом он уже несколько раз реализовался. Однако следов этого проявления не удалось обнаружить. На аэрокосмических снимках видно, что в верхней части этого оползня, вырисовываются ступенеобразные формы оползневого рельефа. Южный участок имеет хорошо выраженную высокую стенку срыва, в которой обнажаются глинисто-гипсовые породы. Крутизна ее достигает 60-80°.

Южный участок представляет собой единый блок, имеющий субгоризонтальную бугристо-волнистую поверхность и крутой в 30-45° фронтальный уступ (см. рис. 2.1.3.1). В средней и нижней части оползня нами выявлен достаточно активный участок оползневого тела. Эта поверхность, по всей вероятности, расположена на сильно обводненных отложениях верхнего мела. Данное явление схоже с ситуацией в эпицентре Гиссарского землетрясения 1989 г. и может привести к гидродинамическому процессу. Эта часть оползня достаточно активна и опасна, она сложена, в основном, лессовидными суглинками.

Гравитационное смещение образовалось в результате интенсивного роста предполагаемой погребенной структуры крупного соленосно-гипсового приподнятия. Динамика развития оползневого участка прямо пропорциональна активности тектонических напряжений в земной коре, обусловленных происходящими криподиапированными (соленосными) движениями. Гидрологические и гидрогеологические процессы, землетрясения и техногенные воздействия только могут усилить или ускорить процесс смещения горных масс со склона.

#### **2.1.4. Ретроспективный анализ.**

В целях определения долговременных динамических тенденций развития негативных процессов на Байпазинском оползневом участке и сопредельных с ней территорий, осуществлен поиск следов опасных геологических явлений. Подобная работа продиктована необходимостью изучения основных закономерностей изменчивости природных условий оползневого участка, а также причин активизации в ее пределах негативных процессов.

Информация об особенностях геологической обстановки на различных этапах составления рельефа, полученная автором в ходе работы на основе дешифрирования аэрокосмических снимков, при изучении геоморфологических, неотектонических, и экзогенных условий, позволили

показать, что территория района неоднократно подвергалась явлениям, достигающим не редко катастрофических масштабов.

Результатом крупных землетрясений в прошлом явились огромные перемещения горных пород по ослабленным тектоническим зонам, сопровождаемые сходом со склонов крупных блоков коренных пород на подобии Байпазинского оползня [6, 19].

На западном склоне хр. Сарсаряк по левому борту р. Вахш (напротив Байпазинского оползня), нами обнаружена беспорядочно бугристая форма рельефа у подножья склона на высоте 500м над уровнем моря. По всей вероятности, это образование относится к части (фронтальной) древнего оползня, обусловленным крупным выбросом с противоположного берега, запрудившим р. Вахш и образовавшим водоем, соизмеримый с объемом водохранилища Байпазы.

Обломочный материал представлен деляпсивными отложениями, образующий ограниченный шлейф у западного подножья Сарсарякского склона, морфологически не увязывающийся с местным рельефом. Создается впечатление, что его формирование связано с процессами обрушения передовой части Вахшского надвига в процессе вздымания и с последующей частичной переработкой водными потоками на месте современного оползневого образования.

Несколько ниже на месте некогда растекающегося левого фланга фронтальной части оползневого шлейфа в рельефе на поверхности аллювиальной террасы образовалась впадина, нехарактерная для местного рельефа. При подробном рассмотрении она вырисовывается как русло древней долины, выработанное на поверхности цокольной террасы. Современный облик впадины ей придает боковой сай, продукты деятельности которого образовали форму замкнутой долины. Терраса имеет эрозионно-аккумулятивный, либо скульптурный характер. Аллювиальный чехол слагается смесью транзитного и местного материала, включая переработанные водными потоками остатки древнего оползня. По нашему мнению, образование впадины, скорее всего,

связано с переливанием воды из озера по наиболее пониженной части образовавшегося завала и вымыванием этого участка. При сходе оползня удар о противоположный борт был настолько сильный, что следы их можно увидеть и по сей день.

Определить более как голоценовое время формирования этого процесса невозможно, поскольку нами не обнаружены характерные для запрудных озер толщи озерных глин. По всей вероятности, время существования озера было не продолжительным, а образовавшиеся донные отложения в последующем при прорыве озера были смыты эрозионной деятельностью р. Вахш. По нашему мнению, террасоподобная поверхность, соприкасающаяся с конусом выносом оползня форма рельефа и расположенная вверх по течению р. Вахш от оползневого конуса, является частью этого древнего оползневого образования.

В это же время активность неотектонических движений по внутризональным и межзональным разломам, наряду с ускорением регионального поднятия, привело к отрыву части притока р. Вахш от местного базиса эрозии и частичной ее консервации в пределах хр. Каратау. Проникновение процессов регрессивной эрозии в пределах среднегорной части хр. Каратау, сопровождается периодическими сейсмическими толчками, образованием трещин, активизацией эрозионных процессов в толщах лессовидных суглинков и как следствие формированию отдельных крупных площадей концентрации оползневых процессов.

Нами на расстоянии 12км по течению реки от Байпазинского оползневого участка выявлено как минимум пять оползней. Три из них уже сформированы и два находятся на стадии формирования, которые представляют большую опасность как для строящегося гидросооружения Сангтудинской ГЭС, так и для безопасности Байпазинской ГЭС.

## **2.2. Организация натуральных наблюдений на Байпазинском оползневом участке.**

### **2.2.1. Высотное обоснование на основе закладки грунтовых реперов на Байпазинском оползневом участке.**

Задачами закладки грунтовых реперов для высотного обоснования на оползневом участке являются:

- обследование пунктов триангуляции;
- изучение материалов геодезической обеспеченности района работ;
- определение местоположения и степени сохранности геодезических пунктов;
- составление карточки обследования и списка обследованных пунктов;
- проложение теодолитных ходов;
- рекогносцировка местности;
- закрепление точек хода на местности с наружным их оформлением;
- измерение горизонтальных и вертикальных углов на точках поворота;
- запись и вычисление полевых журналов;
- составление схемы ходов;
- закладка грунтовых реперов;
- закладка реперов и внешнее оформление по техническим условиям инструкции;
- техническое нивелирование;
- определения скорости движения оползня методом засечек и координирования с двух пунктов с применением геодезических приборов.

В таблицах 2.2.1.1-2.2.1.3 приведены результаты измерений горизонтальных и вертикальных углов:

Таблица 2.2.1.1 - Журнал измерения горизонтальных углов С.Н. Иванов С.Н., АС. Хасанов

№ п/п		Название пунктов	Измеренные углы		
			1 цикл 19-29. 07.02	2 цикл 29-08. 07.02	3 цикл 05.-12.02
1	2	3	4	5	6
1	Станция	T-4			
2	Ориентир	T-21	0°00'00,0"	0°00'00,0"	0°00'00,0"
3	Направление	Rp-1	245°23'50,1"	245°23'57,9"	245°24'04,8"
4		Rp-2	253°00'36,4"	253°00'46,4"	253°00'42,4"
5		Rp-3	288°04'32,9"	288°04'46,8"	288°04'47,9"
7		Rp-4	307°23'37,6"	307°23'49,6"	307°23'46,1"
7		Rp-5	329°36'46,7"		
8	Станция	T-21			
9	Ориентир	T-4	0°00'00,0"	0°00'00,0"	0°00'00,0"
10	Направление	Rp-1	55°25'11,6"	55°25'19,6"	55°25'25,1"
11		Rp-2	61°12'05,9"	61°12'16,3"	61°12'13,1"
12		Rp-3	76°25'42,2"	76°26'00,5"	76°26'04,3"
13		Rp-4	74°21'37,2"	74°21'51,1"	74°21'53,2"
14		Rp-5	84°46'05,1"		

Продолжение таблицы 2.2.1.1

1	2	3	4	5	6
15	Станция	Rp-1			
16	Ориентир	T-21	0°00'00,0"	0°00'00,0"	0°00'00,0"
17	Направление	T-4	9°58'38,5"	9°58'38,3"	9°58'39,8"
18	Станция	Rp-2			
19	Ориентир	T-21	0°00'00,0"	0°00'00,0"	0°00'00,0"
20	Направление	T-4	11°48' 30,5"	11°48'30,0"	11°48'29,2"
21	Станция	Rp-3			
22	Ориентир	T-21	0°00'00,0"	0°00'00,0"	0°00'00,0"
23	Направление	T-4	31°38'50,7"	31°38'46,3"	31°38'43,6"
24	Станция	Rp-4			
25	Ориентир	T-21	0°00'00,0"	0°00'00,0"	0°00'00,0"
26	Направление	T-4	53°02'00,4"	53°01'58,5"	53°01'52,8"
27	Станция	Rp-5			
28	Ориентир	T-21	0°00'00,0"		
29	Направление	T-4	64°50'41,6"		

Примечание: Работы выполнены инструментально теодолитами 2Т-2 и 3Т2КП.

Таблица 2.2.1.2 - Журнал измерения горизонтальных углов С.Н. Иванов С.Н., АС. Хасанов

№ п/п		Название пунктов	Измеренные углы		
			4 цикл 12-20. 08.02	5 цикл 22-31. 10.02	6 цикл 31.10-08.11.02
1	Станция	T-4			
2	Ориентир	T-21	0°00'00,0"	0°00'00,0"	0°00'00,0"
3	Направление	Rp-1	245°24'04,0"	245°23'57,0"	245°23'55,0"
4		Rp-2	253°00'41,4"	253°00'23,2"	253°00'22,0"
5		Rp-3	288°04'47,3"	288°04'43,5"	288°04'43,5"
7		Rp-4	307°23'47,7"	307°24'03,1"	307°23'59,8"
7		Rp-5		226°43'21,3"	226°43'21,2"
		Rp-6		254°44'19,2"	254°44'18,4"
8	Станция	T-21			
9	Ориентир	T-4	0°00'00,0"	0°00'00,0"	0°00'00,0"
10	Направление	Rp-1	55°25'23,9"	55°25'03,6"	55°25'01,6"
11		Rp-2	61°12'12,2"	61°11'53,4"	61°11'52,3"
12		Rp-3	76°26'03,8"	76°25'19,5"	76°25'19,4"
13		Rp-4	74°21'56,6"	74°21'33,4"	74°21'34,8"
14		Rp-5		27°27'14,6"	27°27'15,0"
		Rp-6		39°35'46,8"	39°35'46,3"

Продолжение таблицы 2.2.1.2

1	2	3	4	5	6
15	Станция	Rp-1			
16	Ориентир	T-21	0°00'00,0"	0°00'00,0"	0°00'00,0"
17	Направление	T-4	9°58'40,1"	9°58'53,3"	9°58'53,4"
18	Станция	Rp-2			
19	Ориентир	T-21	0°00'00,0"	0°00'00,0"	0°00'00,0"
20	Направление	T-4	11°48'29,2"	11°48'29,9"	11°48'29,8"
21	Станция	Rp-3			
22	Ориентир	T-21	0°00'00,0"	0°00'00,0"	0°00'00,0"
23	Направление	T-4	31°38'43,4"	31°39'24,1"	31°39'24,1"
24	Станция	Rp-4			
25	Ориентир	T-21	0°00'00,0"	0°00'00,0"	0°00'00,0"
26	Направление	T-4	53°01'51,1"	53°02'29,6"	53°02'25,0"
27	Станция	Rp-5		0°00'00,0"	0°00'00,0"
28	Ориентир	T-21		19°16'06,8"	19°16'06,2"
29	Направление	T-4			
32	Станция	Rp-6			
33	Ориентир	T-21		0°00'00,0"	0°00'00,0"
34	Направление	T-4		35°08'32,4"	35°08'32,1"

Таблица 2.2.1.3 - Журнал измерения горизонтальных углов С.Н. Иванов С.Н., АС. Хасанов

№ п/п		Название пунктов	Измеренные углы	
			43 цикл 08-15.11.02	8 цикл 15-20.11.02
1	2	3	4	5
61	Станция	T-4		
2	Ориентир	T-21	0°00'00,0"	0°00'00,0"
3	Направление	Rp-1	245°24'04,2"	245°24'08,2"
4		Rp-2	253°00'26,7"	253°00'33,1"
5		Rp-3	288°04'45,4"	288°04'44,7"
6		Rp-4	307°24'10,6"	307°24'09,2"
7		Rp-5	226°43'24,8"	226°43'25,9"
8		Rp-6	254°44'29,3"	254°44'31,4"
9	Станция	T-21		
10	Ориентир	T-4	0°00'00,0"	0°00'00,0"
11	Направление	Rp-1	55°25'09,9"	55°25'13,1"
12		Rp-2	61°11'56,9"	61°12'03,0"
13		Rp-3	76°25'06,8"	76°25'05,8"
14		Rp-4	74°21'38,9"	74°21'37,2"
15		Rp-5	27°27'18,0"	27°27'18,8"
16		Rp-6	39°35'40,6"	39°35'47,3"

Продолжение таблицы 2.2.1.3

1	2	3	4	5
17	Станция	Rp-1		
18	Ориентир	T-21	0°00'00,0"	0°00'00,0"
19	Направление	T-4	9°58'54,3"	9°58'55,1"
20	Станция	Rp-2		
21	Ориентир	T-21	0°00'00,0"	0°00'00,0"
22	Направление	T-4	11°48'29,8"	11°48'30,1"
23	Станция	Rp-3		
24	Ориентир	T-21	0°00'00,0"	0°00'00,0"
25	Направление	T-4	31°39'38,7"	31°39'38,9"
26	Станция	Rp-4		
27	Ориентир	T-21	0°00'00,0"	0°00'00,0"
28	Направление	T-4	53°02'31,7"	53°02'32,1"
29	Станция	Rp-5		
30	Ориентир	T-21	0°00'00,0"	0°00'00,0"
31	Направление	T-4	19°16'06,8"	19°16'07,1"
32	Станция	Rp-6		
33	Ориентир	T-21	0°00'00,0"	0°00'00,0"
34	Направление	T-4	35°08'48,6"	35°08'44,1"

## 2.2.2. Вертикальные и плановые деформаций на Байпазинском оползневом участке.

В таблицах: 2.2.1, 2.2.2, 2.2.3, 2.2.4, 2.2.5, 2.2.6, 2.2.7 и 2.2.8 приведены ведомости координат восьми циклов измерений.

Таблица 2.2.1 - Ведомость координат 1-2 циклов измерений С.Н. Иванов С.Н., АС. Хасанов

Пункты	1 - цикл			2 - цикл		
	Х	У	Н	Х	У	Н
Рп-1	24587,900	10855,157	1116,360	24587,940	10855,114	1116,350
Рп-2	24739,984	10964,975	1116,360	24740,036	10964,935	1058,050
Рп-3	24982,820	11653,748	709,600	24982,860	11653,746	709,620
Рп-4	24956,279	11853,800	630,310	24956,295	11853,810	630,310
Рп-5	24975,431	11964,538	583,830	0,000	0,000	0,000

Таблица 2.2.2 - Ведомость координат 3-4 циклов измерений С.Н. Иванов С.Н., АС. Хасанов

Пункты	3 - цикл			4 - цикл		
	Х	У	Н	Х	У	Н
Рп-1	24587,982	10855,136	1116,330	24587,979	10855,152	1116,330
Рп-2	24740,016	10964,924	1058,050	24740,011	10964,924	1058,050
Рп-3	24982,869	11653,738	709,630	24982,868	11653,737	709,630
Рп-4	24956,298	11853,802	630,310	24956,302	11853,802	630,310
Рп-5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Рп-5а	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

Таблица 2.2.3 - Ведомость координат 5-6 циклов измерений С.Н. Иванов С.Н., АС. Хасанов

Пункты	5 - цикл			6 - цикл		
	Х	У	Н	Х	У	Н
Рп-1	24587,982	10855,660	1116,360	24587,982	10855,672	1116,360
Рп-2	24739,916	10964,992	1058,040	24739,910	10964,992	1058,040
Рп-3	24982,760	11653,868	709,470	24982,760	11653,868	709,470
Рп-4	24956,272	11853,849	630,290	24956,274	11853,842	630,290
Рп-5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Рп-5а	24566,360	11706,946	695,630	24566,358	11706,942	695,630
Рп-6	24725,985	11747,430	693,350	24725,984	11747,430	693,350

Таблица 2.2.4 - Ведомость координат 7-8 циклов измерений (Кодиров Э.)

Пункты	7 - цикл			8 - цикл		
	X	Y	H	X	Y	H
Рп-1	24588,034	10855,663	1116,340	24588,058	10855,674	1116,330
Рп-2	24739,934	10964,980	1058,040	24739,967	10964,972	1058,040
Рп-3	24982,728	11653,918	709,420	24982,726	11653,918	709,420
Рп-4	24956,278	11853,858	630,280	24956,276	11853,857	630,290
Рп-5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Рп-5а	24566,361	11706,934	695,630	24566,362	11706,932	695,640
Рп-6	24725,996	11747,471	693,330	24726,000	11747,452	693,340

В таблицах 2.2.5 – 2.2.8 и рисунке 2.2.2.1 приводятся результаты разности координат между: 1-2; 2-3; 3-4; 4-5; 5-6; 6-7; 7-8 и 1-8 циклами измерений за 2002 г. на Байпазинском оползневом участке. Результаты выполненных работ представлены в виде таблиц и диаграмм, где приведены величины деформации и смещений по объекту наблюдения. Анализ данных таблиц 2.2.5–2.2.8 - показывают, что за отчетный период произошел подъем и опускание отдельных марок и реперов плановой опорной сети.

Анализируя данные таблиц 2.2.5–2.2.8 (плановые наблюдения), можно выделить условно три типа активности реперов плановой опорной сети: высокий, средней и низкий. К низкой степени активности относятся репера: Рп-4, Рп-5, Рп-5а, Рп-6. Максимальная величина смещения пункта Рп-4 в сторону р. Вахш по разностям координат 1-8 циклов составляет, по оси «X» 3мм, по оси «Y» -57мм и по оси «H» 20мм. Смещения пункта Рп-5 в сторону р. Вахш по разностям координат 1-8 циклов, по всем измеряемым параметрам («X», «Y», «H») равно нулю, т.е. нет никаких подвижек. Максимальная величина смещения пункта Рп-5а, в сторону р. Вахш по разностям координат 1-8 циклов составляет, по оси «X» -2мм, по оси «Y» 14мм и по оси «H» -10мм. Максимальная величина смещения пункта Рп-5а, в сторону р. Вахш по разностям координат 1-8 циклов составляет, по оси «X» -15мм, по оси «Y» - 22мм и по оси «H» 10мм.

К средней степени активности можно отнести пункты Рп-1 и Рп-3. Максимальная величина смещения пункта Рп-1 в сторону р. Вахш по разностям

координат 1-8 циклов составляет, по оси «Х» -158мм, по оси «У» -517мм и по оси «Н» 30мм. Максимальная величина смещения пункта Рп-3 в сторону р. Вахш по разностям координат 1-8 циклов составляет, по оси «Х» 94мм, по оси «У» -170мм и по оси «Н» 180мм.

Репер Рп-2, только по одному единственному высокому показателю «Н» = 58,320мм или 58,3 м мы отнесли к активной части оползня. Результаты выполненных наблюдений по данному реперу в последнем цикле в сравнении с данными исходного цикла характеризуется практически тем же показателем значений - 58,320. Результаты наблюдений по данному реперу по осям «Х» и «У» в последнем цикле в сравнении с данными исходного цикла характеризуются не высокими показателем значений - «Х» =17мм, «У» =3мм.

Таблица 2.2.5 - Ведомость разности координат между 1-2 и 2-3 циклами измерений С.Н. Иванов С.Н., АС. Хасанов

Пункты	Разность 1-2 циклов			Разность 2-3 циклов		
	Х	У	Н	Х	У	Н
Рп-1	-0,040	0,043	0,010	-0,042	-0,022	0,020
Рп-2	-0,052	0,040	58,310	0,020	0,011	0,000
Рп-3	-0,040	0,002	-0,020	-0,009	0,008	-0,010
Рп-4	-0,016	-0,010	0,000	-0,003	0,008	0,000
Рп-5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Рп-5а	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Рп-6	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

Таблица 2.2.6 - Ведомость разности координат между 3-4 и 4-5 циклами измерений С.Н. Иванов С.Н., АС. Хасанов

Пункты	Разность 3-4 циклов			Разность 4-5 циклов		
	Х	У	Н	Х	У	Н
Рп-1	0,003	-0,016	0,000	-0,003	-0,508	-0,030
Рп-2	0,005	0,000	0,000	0,095	-0,068	0,010
Рп-3	0,001	0,001	0,000	0,108	-0,131	0,160
Рп-4	-0,004	0,000	0,000	0,030	-0,047	0,020
Рп-5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Рп-5а	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Рп-6	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

Таблица 2.2.7 - Ведомость разности координат между 5-6 и 6-7 циклами измерений С.Н. Иванов С.Н., АС. Хасанов

Пункты	Разность 5-6 циклов			Разность 6-7 циклов		
	X	Y	H	X	Y	H
Рп-1	0,000	-0,012	0,000	-0,052	0,009	0,020
Рп-2	0,006	0,000	0,000	-0,024	0,012	0,000
Рп-3	0,000	0,000	0,000	0,032	-0,050	0,050
Рп-4	-0,002	0,007	0,000	-0,004	-0,016	0,010
Рп-5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Рп-5а	0,002	0,004	0,000	-0,003	0,008	0,000
Рп-6	0,001	0,000	0,000	-0,012	-0,041	0,020

Таблица 2.2.8 - Ведомость разности координат между 7-8 и 1-8 циклами измерений (Кодиров Э.)

Пункты	Разность 7-8 циклов			Разность 1-8 циклов		
	X	Y	H	X	Y	H
Рп-1	-0,024	-0,011	0,010	-0,158	-0,517	0,030
Рп-2	-0,033	0,008	0,000	0,017	0,003	58,320
Рп-3	0,002	0,000	0,000	0,094	-0,170	0,180
Рп-4	0,002	0,001	-0,010	0,003	-0,057	0,020
Рп-5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Рп-5а	-0,001	0,002	-0,010	-0,002	0,014	-0,010
Рп-6	-0,004	0,019	-0,010	-0,015	-0,022	0,010

В 2019 г. используя ведомости координат последнего, восьмого цикла измерений за 2002 г., было проведено по одному циклу измерений на Байпазинском оползневом участке. В соответствии с программой наблюдения, использовались одни и те же инструменты для выполнения полевых работ, что и в 2002 году.

Анализируя данные таблиц 2.2.9, можно отметить, что тела оползня еще полностью не стабилизировалась и продолжает оседать. Наибольшие по величине осадки зафиксированы, как и в предыдущих циклах измерений 2002 г. на участке реперов: Рп-1, Рп-2 и Рп-3. По результатам проведенных инженерно-геодезических работ в 2019 г. наблюдаемые марки, находящиеся на участке этих реперов, имеют тенденцию к равномерной осадке.

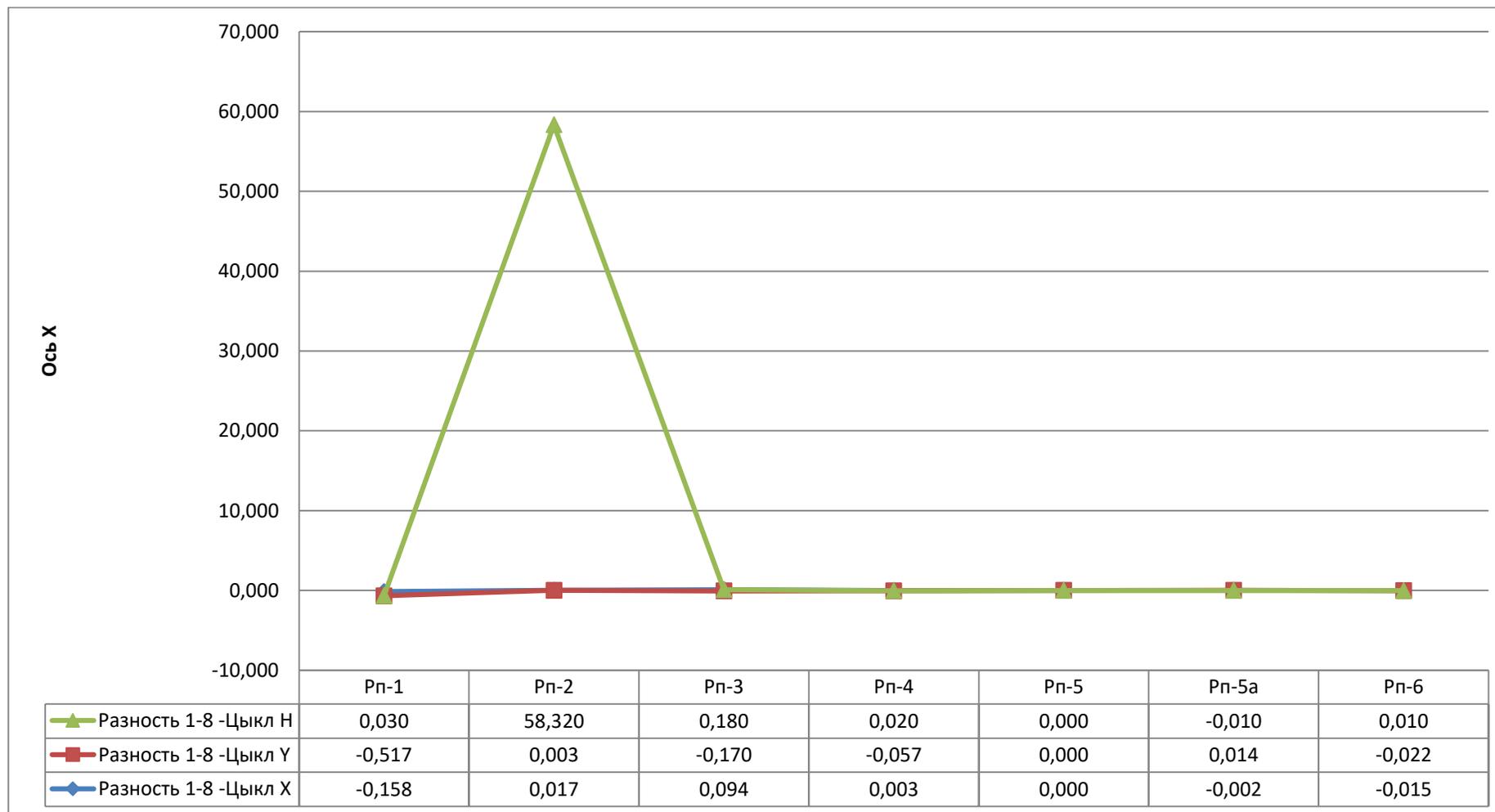


Рисунок 2.2.2.1. Диаграмма Байпазинского оползня: 1-8 циклы (Кодиров Э.)

Таблица 2.2.9 - Ведомость координат 8-го цикла 2002 и 1-го цикла измерений 2019 г. (Кодиров Э.)

Пункты	8 – цикл, 2002			1 – цикл, 2019		
	X	Y	H	X	Y	H
Рп-1	24588,058	10855,674	1116,330	24590,048	10857,444	1116,670
Рп-2	24739,967	10964,972	1058,040	24741,567	10966,000	1059,070
Рп-3	24982,726	11653,918	709,420	24984,726	11655,930	709,420
Рп-4	24956,276	11853,857	630,290	24957,276	11857,857	630,690
Рп-5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Рп-5а	24566,362	11706,932	695,640	24571,000	11715,000	700,440
Рп-6	24726,000	11747,452	693,340	24729,040	11750,452	700,350

### **2.3. Перемещения и деформации основных инженерных сооружений Байпазинской ГЭС. Результаты исследований.**

В разделе приводятся результаты наблюдений за 2019 год и их сравнение с показателями исходного цикла наблюдения. Результаты выполненных работ представлены в виде таблиц, графиков и разрезов, где приведены величины деформации и смещений по объектам наблюдений.

В течение 2019 года выполнено два цикла наблюдений по всем объектам. Все наблюдаемые объекты оставлены без изменения в соответствии с программой наблюдения, а также использовались одни и те же инструменты для выполнения полевых работ. Характеристика объектов наблюдения, объемы выполняемых работ и применяемые приборы приведены в таблице 2.3.1. Наблюдения за деформациями основных сооружений Байпазинской ГЭС выполнены геодезическим нивелиром - N<sub>1</sub>002 и N<sub>1</sub>007.

**2.3.1. Гребень плотины, высотные наблюдения.** Высотная опорная сеть (ВОС) состоит из трех кустов скальных реперов и пяти рабочих реперов – грунтовых реперов 44а, 43, 46 и двух скальных реперов 31 и 29. Взаимное высотное положение «кустов» реперов опорной сети и внутри «кустов» определены гидротехническим нивелированием I класса. Исходной высотной основой служил СкРп41 «куста» №1 как наиболее устойчивый. В предыдущих годах за исходными высотными основами также принимались куст репера 3а и

СкРп122. Однако в настоящее время куст 3а, СкРп122, СкРп123 и СкРп124 не стабильны, т.е. имеют определенные подвижки, значение которых между последними циклами в весенний период составляет +7мм, а в осенний период это значение находится в пределах – 4 мм (табл. 2.3.1.1).

Таблица 2.3.1 - Объекты наблюдений [111]

№ п/п.	Наблюдаемые объекты	Методы	Количество циклов
1	Гребень плотины высотные наблюдения	Нивелирование I класса	2
2	Здания машинного зала высотные наблюдения	Нивелирование I, II класса	2
3	Водоприемник ГЭС, высотные наблюдения	Нивелирование II класса	2
4	Вахш-Яванский водоприемник, высотные наблюдения	Нивелирование II класса	2
5	Площадка ОРУ – 220 кВт, высотные наблюдения	Нивелирование II класса	2
6	Площадка ЛЭП -220 кВт, высотные наблюдения	Нивелирование II класса	2
7	Трасса тоннель - плотина	Нивелирование II класса	2

В этой зоне происходит колебание, значения отметки реперов меняются, что невозможно применение их как устойчивыми для выполнения дальнейших работ. Исходя из этого необходимо на данном участке, или вблизи подходящей зоне к этой участке заложит новый куст грунтовых или скальных реперов для контроля выполняемых работ.

Таблица 2.3.1.1 - Техническая характеристика нивелирования [111]

Дата наблюдений	Название хода	Длина хода, км	Число штативов	Разность превышений прямого и обратного ходов, невязки, мм		Ср.кв. погрешность определения превышений, мм		Ср. кв. погрешность определения осадки, мм
				Полученное	Допустимая	На станции	В слабом месте хода	
13.04.2018	СкРп 122-СкРп41	2,95	200	+2,25	±3,00	+0,04	±0,60	±0,50
13.04.2018	СкРп2-СкРп31	0,36	20	+0,44	±0,95		±0,55	±0,15
13.04.2018	ГрРп43-Рп32	0,31	28	+0,48	±0,95		±0,62	±0,25
13.04.2018	СкРп122-СкРп124	0,06	12	+0,52	±0,73		±0,55	±0,30
13.04.2018	СкРп 41-СкРп 42-СкРп41	0,04	8	-0,45	±0,60		±0,30	±0,30
14.04.2018	СкРп 2-СкРп3- СкРп2	0,19	8	-0,32	±0,60		±0,25	±0,25
14.04.2018	ГрРп43-М 30 ГрРп43	1,14	56	+0,76	±1,30		±0,75	±0,30
14.04.2018	М 31-М25-М31	0,15	12	-0,55	±0,73		±0,50	±0,35
21.04.2018	СкРп 122-СкРп124	0,06	12	-0,55	±0,73		±0,88	±0,30
21.04.2018	СкРп2-СкРп2	0,57	28	+0,75	±0,95		±0,60	±0,40
25.10.2018	СкРп2-СкРп3.	0,24	8	+0,35	±0,60		±2,25	±0,40
25.10.2018	ГрРп43-Рп60	1,42	104	-1,15	±1,53		±1,40	±0,35
26.10.2018	Рп60-Рп62	0,04	8	-0,30	±0,60		±0,55	±0,40
27.10.2018	СкРп29-СкРп29	0,36	36	+0,70	±1,04		±1,75	±0,35
28.10.2018	Рп32-Рп32	0,38	52	+0,80	±1,30		±2,20	±0,50
29.10.2018	СкРп29-М 128а	0,34	32	+0,65				

В ход нивелирования I класса частично включены марки щитовой коробки, здания ГЭС, гребня плотины и концевого сооружения строительного тоннеля. Техническая характеристика гидротехнического нивелирования I класса, приведены в таблице 2.3.1.1 (см. табл. 2.3.1.1). В 2019 г. на участке высотной опорной сети были пронивелированы 38 марок и реперов [111], величина осадок по показателям второго цикла составляют в пределах от +3,1 мм до -5,6 мм, а по результатам выполненных работ в четвертом цикле величина осадок марок и реперов колеблются в пределах от +2,1 мм до -13,2 мм. Величины осадок реперов высотной опорной сети приведены в таблице 2.3.1.2.

Высотное положение СкРп1, СкРп2 и СкРп 3 куста №2а относительно исходного цикла за отчетный период претерпело изменения, и имеют осадки в пределах от -1,4 мм (СкРп1) до -3,3мм (СкРп2) по результатам выполненных работ во втором цикле от -2,1мм (СкРп1) до -2,3мм (СкРп3) в четвертом цикле.

Эти разнозначные значения осадков указанных реперов связаны с тем, что, наблюдение марок и реперов выполнены в период максимальной отметки уровня водохранилище и соответственно при минимальном уровне воды. Однако необходимо отметить, что состояние куста 3а, который охватывает СкРп122, СкРп123 и СкРп124 является не стабильным, на что указывает значения осадок указанных реперов, который по сравнению с исходным циклом колеблется от +11,1мм (СкРп122) до -32,4мм (СкРп124) по показателям выполненных работ во втором цикле и от -10,9мм (СкРп122) до -34,6мм (СкРп124) по результатам наблюдения четвертого цикла. В данной территории, который расположен куст реперов, имеется значительные подвижки реперов, о чем свидетельствуют приведенные данные, и в этой зоне происходит колебание массива расположения реперов, поэтому для сохранения устойчивости куста реперов необходимо в данной территории или вблизи указанной зоны заложить новый куст скальных реперов с последующей их нивелирования.

За отчетный период произошел подъем СкРп31. Подвижки этого репера носят колебательный характер, и колеблются в пределах от +0,5 мм до +3,4 мм. Осадка СкРп30 за отчетный период увеличилась. Абсолютная величина осадки по сравнению к исходному циклу наблюдений составила от -162,4 мм во втором цикле до -172,4 мм в четвертом цикле. СкРп29 имеет колебательный характер изменения, абсолютная величина которого по отношению к исходному не изменилась по результатам наблюдения второго цикла, и имеет величину подвижки в пределах точности наблюдения, а по сравнению между наблюдениями четвертого и второго циклов данный репер имеет поднятие на величину +3,2 мм.

Анализ данных таблицы 2.3.1.2 - показывают, что за отчетный период произошел подъем отдельных марок и реперов высотной опорной сети, который по сравнению к исходному циклу наблюдений составляет: М11 +29,6мм, М128а +25,5 мм и М116б +21,7 мм по результатам четвертого цикла.

Подъем других марок и реперов ВОС по отношению между циклами наблюдения находятся в пределах точности измерений. Также замечено, что осадка марок происходит для створных линий, который имеют колебательный характер и по сравнению с исходным циклом составляют для створа VI -215,4 мм, створа V – 202,4 мм, М 32- 161,5 мм, М 33 -167,1 мм и М 134 -114,0 мм.

Сравнения результатов наблюдений последних циклов показывают на подъем всех марок и реперов ВОС, значение которых составляет от -0,6 мм (М11) до +5,5мм (М39). Величина подвижки скальных реперов в сравнения последнего цикла наблюдения с исходным составляет от -34,6 мм (СкРп124) до -10,9 мм (СкРп122), а СкРп 123 имеет значение подвижки равной -10,1 мм. Высотно-опорная сеть 44 марок и реперов по всем участкам, величина осадков составляет от -5,7мм, до + 4,5мм.

Таблица 2.3.1.2 - Величины осадок реперов и марок высотной опорной сети (Кодиров Э.)

№№ реперов	Дата исходного цикла	Отметки в исходном цикле, м	Величины деформации относительно исходного цикла, мм				Величина деформации между циклами, мм	
			цикл 67 13.04.19	цикл 68 16-18.12.19	цикл 69-исх. 18.04.20г.	цикл 70-исх. 29.10.20г.	$\frac{69}{68}$	$\frac{70}{69}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9
СкРп122	29.10.84	671,6028	-5,9	-9.6	-11.1	-10.9	-1.5	-0,2
СкРп123	29.10.84	674,9944	-5,3	-13.8	-10.5	-10.1	+3.3	-0.4
СкРп124	29.10.84	673,9324	-27,2	-31.5	-32.4	-34.6	-0.9	-2.2
Рп44а	23.05.85	641,7976	-74,4	-73.6	-74.7	-77.6	-6.1	+2.1
ГрРп 43	23.09.83	641,2746	-78,4	-77.9	-83.0	-81.2	-5.1	+1.8
М-31	18.10.88	635,5085	-108,5	-106.9	-112.9	-109.9	-6.0	+2.9
Створ IV	14.11.88	635,4549	-81,3	-80.1	-85.9	-83.1	-5.8	+2.8
М-35	14.11.88	634,9750	-26,9	-23.2	-29.3	-24.3	-6.1	+5.0
М-36	14.11.88	634,9740	-21,4	-17.9	-24.0	-19.2	-6.1	+4.8
М-37	14.11.88	634,9945	-22,0	-18.7	-24.7	-19.3	-6.0	+5.4
М-38	14.11.88	634,9686	-19,7	-16.5	-26.6	-17.1	-6.1	+5.5
М-39	14.11.88	635,0085	-36,0	-33.1	-38.8	-34.0	-5.7	+4.8
М-40	14.11.88	635,0088	-33,0	-29.7	-35.8	-30.9	-6.1	+4.9
М-32	14.11.88	635,4568	-159,5	-157.9	-164.6	-161.5	-6.7	+3.1
Створ V	14.11.88	635,2507	-199,4	-198.6	-204.6	-202.4	-6.0	+2.2
Створ VI	14.11.88	635,2561	-212,4	-211.6	-217.9	-215.4	-6.3	+2.5
М-33	14.11.88	635,2978	-165,7	-164.1	-171.4	-167.1	-7.3	+4.3
Створ VII	14.11.88	635,2633	-121,9	-120.1	-127.1	-122.7	-7.0	+4.4
М-34	14.11.88	635,4604	-115,1	-114.0	-120.2	-116.5	-6.2	+3.7
Створ VIII	14.11.88	635,3196	-80,1	-78.9	-84.7	-81.3	-5.8	+3.4
СкРп2	15.11.88	636,7607	-4,8	-4.0	-8.7	-6.3	-4.7	+2.4

Продолжение таблицы 2.3.1.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9
СкРП1	15.11.88	636,0733	+0,9	+2.2	-2.7	-0.2	-4.9	+2.9
СкРП3	15.11.88	635,9988	+3,9	+5.2	+1.0	3.4	-4.3	+2.4
ВрРП 2б	26.10.04	608,9917	-26,1	-25.0	-28.8	-29.2	-3.8	-0.4
М-116б	11.04.90	584,4919	+23,2	+26.1	+23.7	+21.7	-2.4	-2.0
М-128а	29.11.88	581,4994	+26,0	+29.3	+26.6	+25.5	-2.7	-1.1
М-11	25.12.87	581,5227	+28,7	+32.7	+29.7	+29.6	-3.0	-0.6
КМ-1	30.10.96	581,5051	-48,6	-47.0	-51.1	-53.7	-4.1	-2.6
М-10	25.06.86	581,4806	+27,6	+29.2	закрыто	+26.5	закрыт	-2.7
М-9	25.06.86	581,4939	+11,8	+13.9	+12.7	+10.3	-1.2	-2.4
М-8	25.06.86	581,5117	+7,9	+10.1	+9.2	+6.3	-0.5	-2.9
М-7	25.06.86	581,5152	+11,7	+13.7	+13.0	+10.3	-0.7	-2.7
СкРП29	14.05.87	582,5464	-4,3	-2.1	-3.6	-7.2	-1.5	-3.5
М-1б	28.10.04	589,1819	+2,1	+1.9	+0.5	-0.4	-1.4	-1.3
М-2б	28.09.17	589,7317	-	+1.6	+0.4	+0.7	-1.2	+0.3
М-3	01.12.88	588,7807	+59,8	+61.5	+59.9	+59.4	-1.6	-0.5
СкРП41	29.10.84	601,1964	-	-	-	-	-	-
СкРП40	29.10.84	601,1050	-0,2	-0.6	-0.4	-0.6	+0.2	-0.2
СкРП42	29.10.84	601,0018	0	0	+1.1	-0.3	+1.1	-1.4
КМ-2	18.10.12	663,5912	-	-	-6.2	-10.3	-2.2	-4.1
КМ-4	14.04.14	641,7618	-12,3	-11.9	-17.5	-16.1	-5.6	+1.4
РП122 <sup>б</sup>	24.05.16	651.1090	-3,7	-2.0	-8.9	-3.2	-6.9	+5.7
РП123 <sup>б</sup>	24.05.16	651.0927	-5,3	-2.3	-10.6	-6.5	-7.3	+4.1
РП124 <sup>б</sup>	24.05.16	651.0896	-4,5	-2.8	-10.0	-4.6	-7.2	+5.4

**2.3.2. Здание машинного зала - наблюдения за осадками.** Передача высот на марки здания машинного зала со стороны нижнего бьефа выполнена нивелированием I класса от высотной опорной сети ходом Рп122 до СкРп41, а со стороны верхнего бьефа – нивелированием II класса ходом от СкРп 29 до М 128а [111].

Величины осадок марок пунктов в здании ГЭС приведены в таблице 2.3.2.2. Всего в текущем году в здании машинного зала пронивелированы 19 марок для определения их подвижки [111]. По результатам выполненных работ во втором квартале величина деформации контрольных марок машинного зала составляет в пределах от -2,8 мм до -5,0 мм, а результат четвертого квартала характеризуется величинами осадок в пределах от +1,1 мм до + 2,9 мм.

Анализируя данные таблицы 2.3.2.1, можно отметить, что величины подвижек марок здания ГЭС имеют колебательный характер, отдельные марки, расположенные в здании станции имеют тенденцию к равномерным осадкам, а другие постепенно поднимаются. За период наблюдения зафиксирован значительный подъем марки М3а на +10,7 мм, М6а на +7,7 мм.

Величины подвижек всех других марок также имеют определенную тенденцию к подъему, например М 1а на +6,7 мм, М4а +7,2 мм, М5а +7,1 мм, М6а +7,7 мм.

Сравнения результатов наблюдений последних циклов показывают, что во втором цикле в основном произошли осадки всех марок, величина которых колеблется в пределах от - 5,8 мм (М Т-10н) до -2,8 мм (М 6а) и деформация марок в пределах от +1,1мм (М Т-5б) +2,9мм (М 1) в четвертом цикле. Все репера и марки установленные в здании ГЭС по сравнению с исходным циклом имеют тенденцию к незначительному равномерному подъему. По показателям сравнений последних циклов все наблюдаемые марки имеют незначительные осадки, которые приведены в таблице 2.3.2.1.

Таблица 2.3.2.1 - Величины осадок марок здания машинного зала (Кодиров Э.)

№№ марок	Дата исходного цикла	Отметки марок в исходном цикле, м	Величины деформации относительно исходного цикла, мм				Величина деформации между циклами, мм	
			Цикл 67, апрель 2019	Цикл 68, декабрь 2019	69-исх. май 2020	70-исх. Октябрь 2020	<u>69</u>	<u>70</u>
							68	69
1	2	3	4	5	6	7	8	9
М-1 <sup>а</sup>	12.07.88	581,5231	+7.9	+10,8	+12.1	+6.7	+1.3	-5.4
М-2 <sup>а</sup>	12.07.88	581,5272	+6.8	+9,6	+10.9	+5.4	+1.3	-5.5
М-3 <sup>а</sup>	12.07.88	581,6365	+11.8	+14,6	+13.1	+10.7	-1.5	-2.4
М-4 <sup>а</sup>	12.07.88	581,6510	+8.8	+11,3	+10.0	+7.2	-1.3	-2.8
М-5 <sup>а</sup>	12.07.88	581,6474	+8.8	+11,3	+10.1	+7.1	-1.2	-3.0
М-6 <sup>а</sup>	12.07.88	581,6423	+9.3	+12,0	+10.7	+7.7	-1.3	-3.0
М-12	12.07.88	581,5335	+3.7	+6,5	+8.3	+2.4	+1.8	-5.9
М-13	12.07.88	581,5149	-5.4	+2,5	-1.1	-7.0	+1.4	-5.9
М-14	27.09.88	581,5308	+6.2	+9,0	+10.8	+5.2	+1.8	-5.6
Т-1	19.10.05	581,3326	-	-	-	-	-	-
Т-2	19.10.05	581,2846	-	-	-	-	-	-
Т-3	19.10.05	581,4738	-	-	-	-	-	-
Т-4	19.10.05	581,3816	-	-	-	-	-	-
Т-5	19.10.05	581,4243	-15.3	-	-16.1	-18.1	-0.8	-2.0
Т-6	19.10.05	581,4389	-	-	-	-	-	-
М-1	24.01.06	575,0825	-3.8	+1,0	-1.4	-3.4	-2.4	-1.0
М-2	24.01.06	575,0769	-4.1	+0,9	-5.0	-6.6	-5.9	-0.7
М-3	24.01.06	575,0742	-1.8	+1,5	+0.9	-0.9	-0.4	-0.5
М-4	24.01.06	575,0823	-4.1	+0,7	-2.3	-3.5	-3.0	-0.5

Продолжение таблицы 2.3.2.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9
T-1a	17.04.06	581,3184	-	-	-	-	-	-
T-2a	17.04.06	581,2838	-	-	-	-	-	-
T-4a	17.04.06	581,3837	-	-	-	-	-	-
T-1 <sup>б</sup>	14.04.07	581,3167	-	-	-	-	-	-
T-2 <sup>б</sup>	14.04.07	581,2887	-	-	-	-	-	-
T-3 <sup>б</sup>	14.04.07	581,2901	-	-	-	-	-	-
T-4 <sup>б</sup>	14.04.07	581,3340	-	-	-	-	-	-
T-5 <sup>б</sup>	14.04.07	581,3936	-	-	-	-	-	-
T-6 <sup>б</sup>	14.04.07	581,4428	-	-	-	-	-	-
T-8	24.05.16	581,4678	-1.3	+1,3	-	-2.8	-	-4.1
T-9	24.05.16	581,3477	+1.0	+3.1	0	-0.7	-3.1	-3.8
T-10	24.05.16	581,2362	-	-	-	-	-	-
T-11	24.05.16	581,3862	-	-	+6.9	+4.5	-1.3	-2.4
T-3 <sup>н</sup>	24.05.16	581,2807	-1.7	+0,5	+2.1	-3.7	+1.6	-5.0
T-2 <sup>н</sup>	24.05.16	581,2078	-3.3	-1,4	-	-5.8	-	-4.4
T-5 <sup>н</sup>	24.05.16	581,3225	-	-	-	-	-	-
T-10 <sup>н</sup>	24.05.16	581,2498	-	-	-	-	-	-
T-5 <sup>б</sup>	24.05.16	581,3136	-3.3	-0,9	-3.9	-5.7	-3.0	-1.8
T-6 <sup>н</sup>	24.05.16	581,3363	-5.5	-	-7.1	-7.8	-1.4	4.4

Машинный зал 19 марок осадки составляет в пределах от - 5,4 мм, до -0,5 мм

**2.3.3. Водоприемник ГЭС - наблюдения за осадками.** Передача высот на марки водоприемника ГЭС выполнена гидротехническим нивелированием II класса от реперов высотной опорной сети СкРп31 (табл. 2.3.3.1) [111].

Таблице 2.3.3.1 - Техническая характеристика нивелирования II класса [111].

№№ п/п.	Наименование показателей	Характеристика нивелирования II класса по циклам			
		11.04.19	19.12.19	07.05.20	23.10.20
1	Дата наблюдений	11.04.19	19.12.19	07.05.20	23.10.20
2	Номер цикла	67	68	69	70
3	Число штативов	34	34	34	34
4	Средняя квадратическая погрешность превышений на станции, мм	±0,10	±0,10	±0,11	±0,12
5	Средняя квадратическая погрешность определения отметки на слабом месте хода, мм	±0,33	±0,34	±0,34	±0,35

Величины деформации носят колебательный характер (табл. 2.3.3.2). За отчетный период зафиксирована осадка всех марок водоприемника ГЭС за исключение марки М1, изменение которой равняется точности наблюдения. Сравнение между последними циклами наблюдений величина деформации составляют в пределах от -1,8 мм (М3) до +26,7 мм (М4) во втором цикле, и в пределах от -4,2 мм (М5) до +24,7 мм (М6) в четвертом цикле.

Величины деформации наблюдаемых марок относительно исходного цикла колеблются в пределах от -4,2 мм (М5) до +24,7 мм (М6). При этом наибольшая величина подъема приходится на марку М6 (+24,7 мм), а наименьшая величина на марку М5 -4,2 мм. В 2020 году величина подвижек марок установленных в водоприемнике ГЭС по сравнению с исходным циклом 2019 г. носит колебательный характер. Результаты выполненных наблюдений по данному объекту в последнем цикле в сравнении с данными исходного цикла характеризуются следующими образом: величина подвижек марок находящихся на территории водоприемника колеблется в пределах от -4,2 мм (М5) до +24,7 мм (М6), а марка 2 по результатам последних четырех циклов

наблюдения имеет тенденцию к равномерной осадке, величина деформации указанной марки приведена в таблице 2.3.3.2. (табл. 2.3.3.2) водоприемник ГЭС, величина осадков составляет от -3,4 мм до +1,1мм.

Таблица 2.3.3.2 - Величины осадки марок водоприемника ГЭС [111].

№№ марок	Дата исходного цикла	Отметки марок в исходном цикле, м	Величины деформации относительно исходного цикла, мм				Величина деформации между циклами, мм	
			цикл 67 апрель 2019	цикл 68 декабрь 2019	69-исх. май 2020	70-исх. октябрь 2020	69/68	70/69
СкРп31	10.04.87	638,0377	+2.6	+5.1	-0.1	+2.3	-5.2	+2.4
М-1	17.10.88	635,0676	+4.9	+9.4	+1.2	+7.2	-8.2	+6.0
М-2	17.10.88	634,0401	+20.5	+24.5	+15.8	+22.5	-8.7	+6.7
М-3	17.10.88	635,0666	+1.9	+6.2	-1.8	+4.1	-8.0	+5.9
М-4	28.03.90	635,0597	+30.5	+35.0	+26.7	+33.9	-8.3	+7.2
М-5	28.03.90	635,0345	-7.2	-1.6	-10.8	-4.2	-9.2	+6.7
М-6	28.03.90	635,0035	+22.0	+26.6	+18.3	+24.7	-8.3	+6.4

#### 2.3.4. Вахш-Яванский водоприемник - наблюдения за осадками.

Высоты марок Вахш-Яванского водоприемника определены гидротехническим нивелированием II класса от Рп31 высотной опорной сети (табл. 2.3.4.1) [111].

Таблица 2.3.4.1 - Техническая характеристика нивелирования II класса [111].

№№ п/п.	Наименование показателей	Характеристика нивелирования II класса по циклам			
		19.04.19	19.12.19	07.05.20	23.10.20
1	Дата наблюдений	19.04.19	19.12.19	07.05.20	23.10.20
2	Номер цикла	67	68	69	70
3	Число штативов	14	14	14	14
4	Средняя квадратическая погрешность превышений на станции, мм	±0,07	±0,07	±0,07	±0,07
5	Средняя квадратическая погрешность определения отметки на слабом месте хода, мм	±0,37	±0,36	±0,37	±0,36

Величины осадок марок Вахш-Яванского водоприемника приведены в таблице 2.3.4.2. Показатели таблицы указывают на равномерный характер осадки марок. Текущие подвижки относительно предыдущих циклов наблюдения находятся в пределах от + 3,5 мм (М 16а) до +3,7 мм (М14а). С начала наблюдений наибольшую абсолютную величину осадки составила -26,3 мм (М17а). Сравнение последних циклов наблюдения показывает, что происходит осадка всех марок, величина которых колеблется в пределах от +3,5 мм (М15а, М16а) до +3,7 мм (М14а) [111].

Таблица 2.3.4.2 - Величины осадки марок по Вахш-Яванскому водоприемнику [111].

№№ марок	Дата исходного цикла	Отметки марок в исходном цикле, м	Величины деформации относительно исходного цикла, мм				Величина деформации между циклами, мм	
			цикл 67 19.04.19	цикл 68 19.12.19	69-исх. 07.05.20	70-исх. 23.10.20	<u>69</u> 68	<u>70</u> 69
			М-14а	30.10.88	635,0419	-17.9	-15.8	-21.6
М-15а	30.10.88	635,0188	-17.0	-14.6	-20.3	-16.8	-5.7	+3.5
М-16а	30.10.88	634,0265	-26.1	-23.1	-29.5	-26.0	-6.4	+3.5
М-17а	30.10.88	635,0239	-26.8	-23.9	-30.1	-26.3	-6.2	+3.6

**2.3.5. Плотина - наблюдения за осадками.** Высотное положение марок и створных пунктов, расположенных на гребне плотины определены гидротехническим нивелированием I класса совместно с опорной сетью (табл. 2.3.5.1) Техническая характеристика нивелирования гребня плотины приведена выше при описании высотной опорной сети (см. табл. 2.3.1.1) [111].

Анализируя данные таблицы 2.3.5.2, можно сказать, что плотина продолжает оседать. Наибольшие по величине осадки зафиксированы в средней части плотины. По результатам проведенных инженерно-геодезических работ в 2018 г. наблюдаемые марки, находящиеся на участке мокрого откоса плотины, имеют тенденцию к равномерной осадке, о чем свидетельствует показатели, приведенные в таблице 2.3.5.2, величина проседания наблюдаемых марок от цикла к циклу составляет в среднем 2-4 мм. Однако показатели сравнения двух

последних циклов показывает, что наблюдаемые марки равномерно оседают, величина осадки которых составила от - 7,0 мм (М15) до - 1,0 мм (М121) во втором цикле и от - 4,0 мм (М121) до -1,0 мм (М15).

Таблица 2.3.5.1 - Техническая характеристика нивелирования III класса [111].

№ п/п.	Наименование показателей	Характеристика нивелирования III класса по циклам			
		11.04.19	19.12.19	04.05.20	26.10.20
1	Дата нивелирования	11.04.19	19.12.19	04.05.20	26.10.20
2	Номер цикла	67	68	69	70
3	Число штативов	22	22	22	22
4	Средняя квадратическая погрешность превышений на станции, мм	±0,08	±0,08	±0,07	±0,08
5	Средняя квадратическая погрешность определения отметки на слабом месте хода, мм	±0,32	±0,32	±0,31	±0,32

Таблица 2.3.5.2 - Величины осадок марок по мокрому откосу плотины [111].

№№ марок	Дата исходного цикла	Отметки марок в исходном цикле, м	Величины деформации относительно исходного цикла, мм				Величина деформации между циклами, мм	
			Цикл 67 11.04.19	Цикл 68 19.12.19	69-исх. 04.05.2020г	70-исх. 26.10.2020г	<u>69</u> 68	<u>70</u> 69
М-15	05.10.88	631,015	-201	-200	-206.0	-201.0	-6.0	+5.0
М-16	05.10.88	631,375	-169	-168	-173.0	-169.0	-5.0	+4.0
М-18	05.10.88	631,105	-137	-136	-140.0	-139.0	-4.0	+2.0
М-25	05.10.88	628,861	Под водой	Под водой	-	-	-	-
М 9 <sup>а</sup>	25.11.88	626,618	Под водой	Под водой	-	-	-	-
М-17	05.10.88	627,867	Под водой	Под водой	-	-	-	-

Показатели результатов наблюдения по мокрому откосу плотины (см. табл. 2.3.5.2) показывают, что наблюдаемые марки оседают. Процесс осадки происходит равномерно относительно исходного цикла наблюдений, величина которых колеблется в пределах от -139 мм до - 201 мм. Наибольшую величину осадки имеет марка М15-201 мм. Сравнения последних циклов наблюдений показывают на незначительный осадок наблюдаемых марок, который

происходит пропорционально, и колеблется в пределах +2,0 мм (М18) до +5,0 мм (М 15).

**2.3.6. ОРУ - 220кВ - наблюдения за осадками.** Для определения деформации площадки ОРУ – 220кВ выполнены высотные наблюдения за состоянием опор [25]. Передача высот на опоры ОРУ-220 кВт осуществлялась гидротехническим нивелированием III класса от РП 46 одним штативом. Отметка Рп46 была определена гидротехническим нивелированием I класса со средней квадратической погрешностью, не превышающей  $\pm 0,25$ мм от ВрРп2 высотной опорной сети. Предельная погрешность определения осадки опор ОРУ-220 кВт не превысила  $\pm 1,0$ мм.

По данным результатов наблюдений (табл. 2.3.6.1) видно, что в целом наблюдаемые опоры ОРУ-220кВ имеют тенденцию к оседанию с интенсивностью 2-3 мм в год. Максимальная величина осадок опор с начала наблюдений составляет – 148мм (опора 1, марки 1-3). Сравнение результатов последних циклов наблюдения показывают на незначительный подъем опор величина, которой колеблется в пределах от +1,0 мм (марка 1-1) до +3,0 мм (марка 2-2).

**2.3.7. ЛЭП - 220 кВт - наблюдения за осадками.** Для определения деформации площадки ЛЭП – 220кВ выполнены высотные наблюдения за состоянием опор [5, 25]. Передача высот на опоры ЛЭП-220кВ осуществлялась нивелированием III класса от РП1 и куста реперов Рп60, Рп61 и Рп62. Отметка Рп1 определена нивелированием II класса со средней квадратической погрешностью, не превышающей  $\pm 0,25$ мм от ВрРп2 высотной опорной сети. Предельная погрешность определения осадки опор ЛЭП-220кВ не превысила  $\pm 1,0$ мм. Из данных результатов наблюдений видно (табл. 2.3.7.1), что в целом опоры ЛЭП-220 кВт имеют тенденцию к равномерной осадке с интенсивностью 4-5 мм/год. Результат сравнения относительно исходного цикла наблюдения показывает на равномерную деформацию основания опор. Максимальная величина осадки опор с начала наблюдений составляет -22 мм (опора 2, марки 2-2а) и -17 мм (опора 4 марка 4-2а).

Таблица 2.3.6.1 - Величины осадок марок опор по ОРУ – 220 кВт [111].

№№ марок	Дата исходного цикла	Отметки марок в исходном цикле, м	Величины деформации относительно исходного цикла, мм				Величина деформации между циклами, мм	
			цикл 67 28.04.19	цикл 68 19.12.19	69-исх. 07.05.20	70-исх. 26.10.202	<u>69</u> 68	<u>70</u> 69
Рп46	07.04.88	607,7200	-97,5	-96.7	-101.6	-102.7	-4.9	-1.1
1-1	23.11.88	607,196	-75,0	-74.0	-79.0	-81.0	-5.0	-2.0
1-2	23.11.88	607,267	-72,0	-71.0	-76.0	-78.0	-5.0	-2.0
1-3	23.11.88	607,108	-112,0	-141.0	-146.0	-148.0	-5.0	-2.0
1-4	23.11.88	607,021	-113,0	-111.0	-116.0	-118.0	-5.0	-2.0
2-1	23.11.88	607,558	-22,0	-20.0	-25.0	-26.0	-5.0	-1.0
2-2	23.11.88	607,577	-20,0	-18.0	-22.0	-23.0	-4.0	-1.0
2-3	23.11.88	607,303	-95,0	-94.0	-99.0	-93.0	-5.0	-1.0
2-4	23.11.88	607,292	-97,0	-96.0	-101.0	-103.0	-5.0	-2.0
3-1	23.11.88	607,586	-18,0	-16.0	-21.0	-21.0	-5.0	0
3-2	23.11.88	607,548	-16,0	-13.0	-17.0	-18.0	-4.0	-1.0
3-3	23.11.88	607,342	-102,0	-102.0	-107.0	-108.0	-5.0	-1.0
3-4	23.11.88	607,357	-103,0	-102,0	-107.0	-107.0	-5.0	0
4-1	23.11.88	607,720	-107,0	-106,0	-112.0	-112.0	-6.0	0
4-2	23.11.88	607,674	-410,0	-40,0	-45.0	-45.0	-5.0	0
4-3	23.11.88	607,520		-59,0	-65.0	-65.0	-6.0	0
4-4	23.11.88	607,567		-59,0	-64.0	-64.0	-5.0	0

Таблица 2.3.7.1 - Величины осадок марок опор ЛЭП – 220 кВТ [111].

№№ марок	Дата исходного цикла	Отметки марок в исходном цикле, м	Величины деформации относительно исходного цикла, мм				Величина деформации между циклами, мм	
			цикл 27 12.04.2019	цикл 28 26.12.19	29-исх. 10.04.2020г.	30-исх. 22.10.2020г.	<u>29</u> 28	<u>30</u> 29
КРП 1	19.04.06	697,1920	-5,0	-7,6	-	+2.7	-	+2.7
РП 60	19.04.06	729,0520	-19,0	-14,0	-23.0	-16.2	-9.0	+6.8
РП 61	19.04.06	728,4618	-43,8	-45,8	-50.8	-51.1	-5.0	-0.3
РП 62	19.04.06	730,7262	-31,2	-31,2	-37.2	-34.7	-6.0	+2.5
1-1а	19.04.06	728,740	-14,0	-9,0	- 8.0	- 10.0	+1.0	-2.0
1-2а	19.04.06	728,691	-14,0	-10,0	-11.0	-10.0	-1.0	+1.0
1-3а	19.04.06	728,736	-13,0	-8,0	- 10.0	- 9.0	-2.0	+1.0
1-4а	19.04.06	728,711	-13,0	-8,0	- 10.0	- 8.0	-2.0	+2.0
2-1а	19.04.06	727,474	-18,0	-13,0	-15.0	-13.0	-2.0	+2.0
2-2а	19.04.06	728,410	-26,0	-21,0	-24.0	-22.0	-3.0	+2.0
2-3а	19.04.06	728,416	-9,0	-4,0	- 5.0	- 2.0	-1.0	+3.0
2-4а	19.04.06	728,581	+1,0	+7,0	+5.0	+8.0	-2.0	+3.0
3-1а	19.04.06	728,536	-5,0	0	-1.0	+1.0	-1.0	+2.0
3-2а	19.04.06	728,431	-18,0	-15,0	-16.0	-15.0	-1.0	+1.0
3-3а	19.04.06	728,549	-10,0	-6,0	- 7.0	- 6.0	-1.0	+1.0
3-4а	19.04.06	728,508	+3,0	-8,0	+ 8.0	+ 10.0	0	+2.0
4-1а	19.04.06	728,758	-12,0	-9,0	- 10.0	- 9.0	-2.0	+1.0
4-2а	19.04.06	728,698	-20,0	-17,0	-19.0	-17.0	-2.0	+2.0
4-3а	19.04.06	728,755	-16,0	-12,0	-15.0	-12.0	-3.0	+3.0
4-4а	19.04.06	728,737	-15,0	-11,0	-12.0	-12.0	-1.0	0

### **Выводы по главе:**

Анализируя результаты наблюдений за деформациями сооружений Байпазинской ГЭС, выполненных в 2019-2020 гг. можно сделать следующие выводы:

1. Пункты плановой опорной сети необходимо проверить путем проведения измерений с привязкой к пунктам геодезической сети высокого класса. В настоящее время все пункты плановой опорной сети находятся в зоне передвижения массива, поэтому анализ существующей плановой сети не уместен, так как исходные плановые пункты возможно тоже имеют подвижки и деформации;

2. Пункты высотной опорной сети в основном стабильны, за исключением куста За охватывающий СкРп122, СкРп123 и СкРп124, который имеет значительные подвижки. Для сохранения устойчивости реперов на этом участке или вблизи данной зоны необходимо закладывать новый куст реперов и привязать его к пунктам высотно-опорной сети сооружения.

3. За отчетный период произошел подъем СкРп31. Подвижки этого репера носят колебательный характер, и колеблется в пределах от +0,5 мм до +3,4мм. Осадка СкРп30 за отчетный период увеличилась. Абсолютная величина осадки по сравнению к исходному циклу цикла наблюдений составила от -162,4мм во втором квартале до -172,4 мм в четвертом квартале.

4. Анализ данных показывает, что за отчетный период произошел подъем отдельных марок и реперов высотной опорной сети, который по сравнению к исходному циклу наблюдений составляет: М33-167,1мм, М40-30,9мм и М38-7,1мм по результатам четвертого цикла соответственно. Подъем других марок и реперов ВОС по отношению между циклами наблюдения находится в пределах точности измерений. Также замечено, что осадка марок происходит для створных линий, который имеют колебательный характер и по сравнению с исходным циклом составляют для створа VI -215,4 мм, створа V – 202,4 мм, М 32- 161,5 мм, М 33 -167,1мм и М 34 -116,5мм.

5. Анализируя состояние марок здания машинного зала, можно отметить, что величины подвижек имеют колебательный характер, отдельные марки, расположенные в здании станции имеют тенденцию к равномерным осадкам, а другие марки постепенно поднимаются. За период наблюдения зафиксирован значительный подъем марки М3а на +10,7 мм, М6а на +7,7 мм. Величины подвижек всех других марок также имеют определенную тенденцию к подъему, например М1а на +6,7 мм, М6а +7,7 мм, М4а +7,2 мм, М5а +7,1 мм.

6. Сравнения результатов наблюдений последних циклов показывают, что во втором цикле в основном произошла осадка всех марок, величина которых колеблется в пределах от -3,9 мм (М Т-5в) до -7,1 мм (М бн) во втором цикле, и деформация марок в пределах от +4,5 мм (Т11) до +7,7мм (М6а) в четвертом цикле. Все репера и марки, установленные в здании машинного зала по сравнению с исходным циклом имеют тенденцию к незначительному равномерному подъему. По показателям сравнений последних циклов все наблюдаемые марки имеют незначительные осадки.

7. Величины деформации марок водоприемника ГЭС носят колебательный характер. За отчетный период зафиксирован осадка всех марок водоприемника ГЭС за исключение марки М5, изменение которой равняется точности наблюдения. Сравнение между последними циклами наблюдений величина деформации составляют в пределах от +1,2 мм (М1) до +26,7 мм (М 4) во втором цикле и в пределах от +4,1 мм (М 3) до +33,4 мм (М4) в четвертом цикле. Величины деформации наблюдаемых марок относительно исходного цикла колеблются от в пределах от +5,9 мм (М5) до +7,2 мм (М4). При этом наибольшая величина подъема приходится М4 (+7,2 мм), а наименьшая величина на М5 +5,9 мм.

8. Величины осадок марок Вахш-Яванского водоприемника указывают на равномерный характер просадки наблюдаемых марок. Текущие подвижки относительно предыдущих циклов наблюдения находятся в пределах от -16,8 мм (М14а) до - 26,3 мм (М17а). С начала наблюдений наибольшую абсолютную величину осадки составила -26,3 мм (М17а). Сравнение последних

циклов наблюдения показывает, что происходит подъем всех марок, величина которых колеблется в пределах от -20,3 мм (М 15а) до -30,1 мм (М 17а) во втором цикле и от -16,8 мм (М15а) до -26,3 мм (М17а) в четвертом цикле.

9. Величины осадок марок и створных пунктов указывают на то, что плотина продолжает оседать. Наибольшие по величине осадки зафиксированы в средней части плотины. По результатам проведенных инженерно-геодезических работ в 2020 г наблюдаемые марки, находящиеся на участке мокрого откоса плотины, имеют тенденцию к равномерной осадке, величина проседания наблюдаемых марок от цикла к циклу составляет в среднем 2-4 мм. Однако показатели сравнения двух последних циклов показывает, что наблюдаемые марки равномерно поднялись, величина подъема которых составила от -7,0 мм (М15) до -1,0 мм (М121) во втором цикле и от -4,0 мм (М121) до -1,0 мм (М15) в четвертом цикле.

10. Величины осадок наблюдаемых марок ОРУ-220 кВт показывают, что в целом наблюдаемые опоры имеют тенденцию к оседанию с интенсивностью 2-3 мм в год. Максимальная величина осадок опор с начала наблюдений составляет -118 мм (опора 1, марки 1-4). Сравнение результатов последних циклов наблюдения показывают на незначительный подъем опор величина, которой колеблется в пределах от -2,0 мм (марка 1-1) до +0 мм (марка 3-1,3-4).

11. Величины осадки наблюдаемых марок основания опор ЛЭП-220 кВт показывают, что в целом опоры ЛЭП-220кВ имеют тенденцию к равномерному подъему с интенсивностью 4-5 мм в год. Результат сравнения относительно исходного цикла наблюдения показывает на равномерную деформацию основания опор. Максимальная величина осадки опор с начала наблюдений составляет -22 мм (опора 2, марки 2-2а) и +10,0 мм (опора 4 марка 3-4а).

12. Созрела необходимость наблюдения за состоянием планового смещения всех наблюдаемых марок и контрольных знаков, для чего требуется проведение угломерных наблюдений и вычисление координат пунктов, находящиеся на территории объекта, а также вычисление вектора смещения геодезических пунктов.

13. Изучая результаты произведенных наблюдений за 2019-2020 гг. и сравнивая их с исходными данными, можно заключить в целом о стабильности наблюдаемых изменений сооружений Байпазинской ГЭС, но полной стабилизации деформаций еще не наступило, поэтому необходимость продолжения наблюдения является актуальным.

### ГЛАВА 3

## ИССЛЕДОВАНИЯ ДЕФОРМАЦИИ ОСНОВНЫХ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ И ГОРНЫХ МАССИВОВ (ГЕОДИНАМИЧЕСКИЙ ПОЛИГОН НУРЕКСКОЙ ГЭС)

*В этой главе рассматриваются деформации крупных инженерных сооружений, причины их возникновения, а также проводится анализ геолого-геофизической интерпретации наблюдаемых изменений в элементах геодезических сетей. Кроме того, анализируются геодезические методы наблюдений с точки зрения их применимости к гидротехническим объектам.*

**3.1. Объект исследований.** В начале 80-х годов ввели в эксплуатацию открытое распределительное устройство (ОРУ-500кВ) Нурекской ГЭС [1].

В 1989 году САО «Гидропроект» по заданию ГЭС выполнило дополнительные инженерно-геологические исследования на площадке ОРУ-500кВ с целью выявления причин деформации. Было пройдено дополнительно 11 неглубоких шурфов, пробурено три скважины глубиной по 40м, каждая, станком с ударно-вращательным способом бурения. Были построены геологические разрезы с использованием скважины № 834, пробуренной в период изыскательских работ, имеющую глубину 100 м, сухую и не вскрывшую коренные породы, а также шурфов того же периода [1, 3].

Был сделан вывод, что осадка поверхности северной части ОРУ-500 кВт обусловлена деформацией насыпных грунтов в результате их водонасыщения. Мощность насыпных, пролювиальных грунтов составляла здесь несколько десятков метров. Вода поступает вследствие инфильтрации из сезонно действующего бассейна, образованного селезащитной стенкой, возведенной севернее ОРУ и из водоводных сетей, питающих комплексную станцию, а также полива сада, расположенного на территории ОРУ-500. Были даны рекомендации по устранению утечек и проведению планировки деформированной поверхности ОРУ.

Для снижения риска аварии на ОРУ-500 кВт и 220 кВт и повышения надежности их работы было предложено выполнить замену ОРУ на КРУЭ-500 кВт и 220 кВт соответственно. До разработки проектно-сметной документации, изыскания финансовых средств и выполнения строительно-монтажных и пуско-наладочных работ, связанных с обновлением, потребуется 5-6 лет. С целью обеспечения безаварийной работы -500 кВт, в течении указанного периода, в 2002 г. была выполнена ее реконструкция.

В ходе исследований на ОРУ-500 кВт, 220 кВт и их окрестностей были дешифрованы аэрокосмические, пробурено 18 скважин, выполнены специальные гидрогеологические исследования, организован гидрогеологический и геодезический мониторинг.

Анализ полученных материалов позволил сделать выводы о строении и гидрогеологических условиях, в корне отличающихся от указанных в отчетах САО «Гидропроект» [1, 3]:

1. Затронутые деформациями участки оказались расположенными над сложной системой разломов, разрывов, зон дробления, карстово-суффозионных каналов, по которым движение подземных вод, по-видимому, со стороны сая «Сафедоб», озера «Соленное», кишлака Узбеклангар, сая «Поворот» проходит через ОРУ-500, 220 кВт к реке Вахш.

2. На конкретных материалах, удалось доказать, что территория ОРУ-500 кВт, 220 кВт не расположена на оползне, а ОРУ-220 кВт перемещается в направлении к ОРУ-500 кВт, по причинам соляной тектоники.

3. На участке ОРУ-500 кВт преобладают карстово-суффозионные процессы, а на ОРУ-220 кВт карстовые.

4. Откачки из скважин обнаружили дебит подземных вод, достигающий, 50-60 л/сек. Установлена связь колебания уровня грунтовых вод ОРУ-500кВ с режимом работы водохранилища.

5. Д. Симпсон (D.Simpson) нанес на космоснимок района Нурекского водохранилища эпицентры землетрясений с магнитудой  $M > 1,5$ , зарегистрированный с 1977 по 1978 гг. (рис. 3.1.1). На нем от правого

водохранилища в направлении к Ионахшскому разлому системно выстроились очаги землетрясений от наведенной сейсмичности. Активизирующиеся мелкие разрывные нарушения вполне могут быть каналами для подземных вод, поступающих из водохранилища в зону дробления на ОРУ-500кВ, 220кВ.

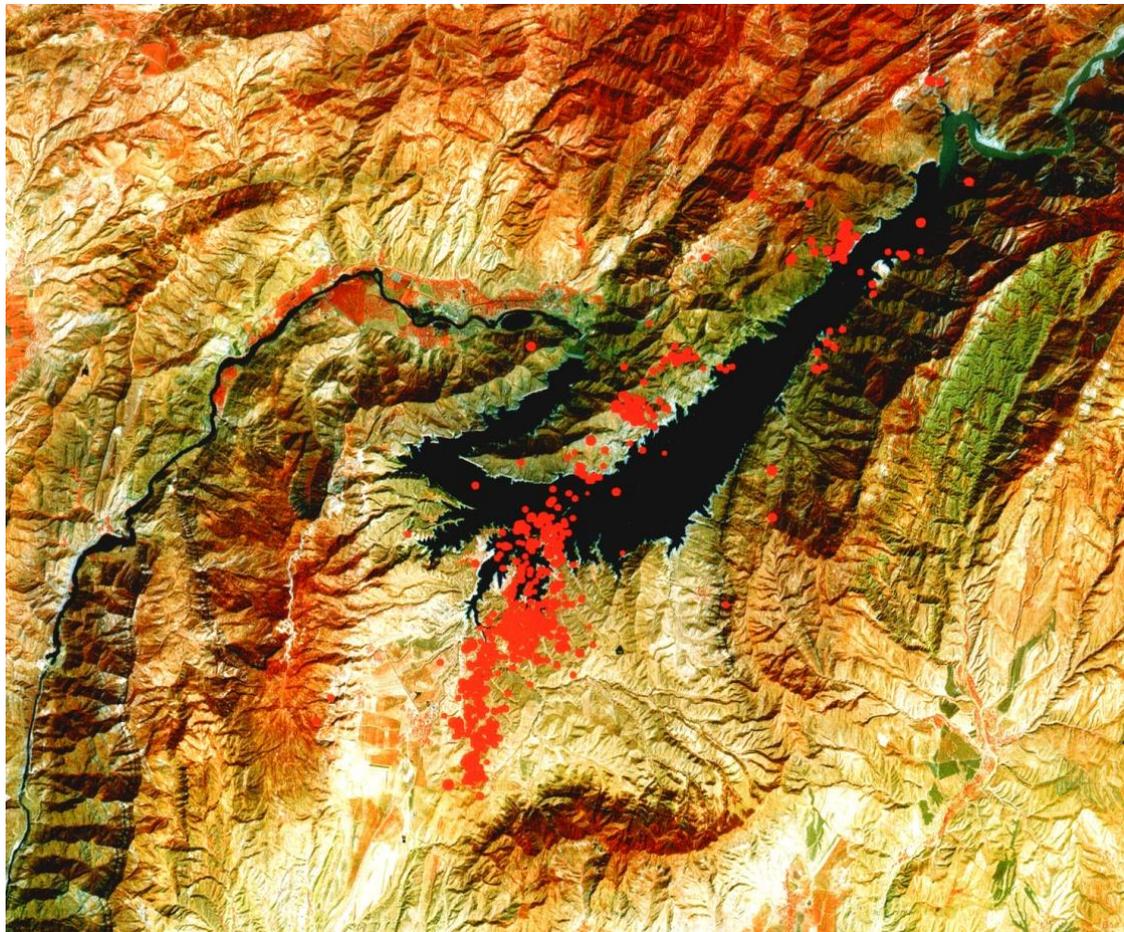


Рисунок 3.1.1. Распределения эпицентров землетрясений в районе Нурекского водохранилища с магнитудой  $M > 1.5$ . Фотография D.Simpson.

6. Монолитно-ленточный фундамент ОРУ-220кВ под влиянием солевой тектоники испытывает подъем, а на ее северо-восточной части под влиянием грунтовых вод образуются многочисленные карстовые провалы различных объемов. Карстовое поле, фиксируется за пределами ОРУ-220 кВт и поразило не только смотровую площадку, но и единственную автомобильную дорогу, ведущую к зданию ГЭС. По этой дороге намечается доставка тяжелого оборудования к станции, при проведении планируемой ее реконструкции. Опасность такой ситуации очевидна.

7. Территория и фундаменты ОРУ -500кВ, в основном опускаются. Воронка оседания поверхности в 0,5 м и более превысила 40 % территории. Максимальная суммарная осадка, за период наблюдения в центральной части воронки превысила 5 м.

### **3.2. Анализ и оценка геологического строения зоны строительства Нурекской ГЭС**

**3.2.1. Стратиграфия.** В геологическом строении исследуемой территории принимает участие комплекс разнообразных осадочных пород. Наиболее распространены осадочные образования мезозойского и кайнозойского возраста, смятые в сложные, местами запрокинутые складки юго-западного и широтного простирания. В целом территория достаточно сложна в геологическом отношении. Основные работы связанный с установлением общих характерных черт мезокайнозойского чехла района связано с именами Чуенко П.П. [96, 97], Чихачева П.К. [94, 95], Губина И.Е. [26, 27, 28, 29, 30, 31], Туаева Н.П. и др. [85, 86], Хераскова Н.П. [88], Кудрявцева Н.А. [47], Петрушевского Б.А. [62, 63, 64, 65], Бурачека А.Р. и др. [12, 13, 14, 15], Пейве А.В. [61], и других. Ими был установлен общий характер структуры – развитие складок мезокайнозойского чехла, преимущественно надвигание западных их крыльев на восточное, затухание складчатости в юго-западном направлении.

Исследования по геоморфологии, четвертичной геологии и новейшей тектонике связаны с именами: Костенко Н.П. [42, 43, 44, 45], Чедия О.К. [89, 90, 91, 92, 93], Губина И.Е. [32], Лоскутова В.В. [52, 53, 54], Василева В.А. [17, 25], Буне В.И., Кулагина В.К., Соболева О.В. [11], Буне В.И. [67], Вялова О.С. [21] и других.

**Отложения юрской системы (J).** На территории собственно Таджикской депрессии известны лишь осадки верхней, гипсоносной юры (гаурдакская свита), которая является здесь самой древней в разрезе мезозоя. Кимериджский и титонский ярусы ( $J_3km+t$ ) (Гаурдакская свита) обнажается здесь в ядрах крупных антиклинальных складок Сарсарьякской, Санглакской, Сурхку,

Тианской, Ширбиби, Вахшской и Гулизинданской. Наиболее полный разрез свиты наблюдается в районе города Нурек (хр. Санглак). Нижняя часть свиты мощностью 120 м восточнее г. Нурек сложена белыми, нередко загрязненными гипсами с тонкими прослоями темно-серых загипсованных глин. В средней части преобладает каменная соль, загрязненная глинистыми частицами. В кровле свиты залегают гипсы и ярко-красные глины мощностью 20-25 м. Общая мощность гаурдакской свиты 270-280 м [58].

**Меловые отложения (К)** на территории представлены двумя отделами: нижним и верхним. Расчленение меловых отложений производится по схеме С. Н. Симакова [80]. Нижний отдел меловой системы складывается серией осадков весьма непостоянного состава. В хребтах Сарсаряк, Санглак, Ширбиби, Кафдонской, Сурхку, Гулизиндон, Вахшском это главным образом немые красноцветные образования - глины, песчаники и реже конгломераты. К верхнему отделу меловой системы относится мощная серия преимущественно морских осадков: глин, песчаников, известняков и ракушечников [58].

**Отложения палеогена (Р)** пользуются значительным распространением и прослеживаются в виде узких полос на крыльях и реже в ядрах складок. Представлены они морскими и лагунными образованиями. Подразделяются палеогеновые отложения по схеме О. С. Вялова [20] на бухарские, сузакские, алайские, туркестанские, риштанские, исфаринские, ханабадские и сумсарские слои.

Бухарские слои представлены доломитами, известняками, гипсами и мергелями. На подстилающих их осадках они залегают согласно. На территории исследуемой площади выделяется один тип бухарских отложений. Этот тип наблюдается в хребтах Каратау, Ширбиби, Кафдонском, Тианском, Сарсаряк, Санглак, Гулизиндон. южном окончании хр. Сурхку и Вахшском. Для него характерно трехчленное строение. В нижней части разрез представлен известняками, доломитами, доломитизированными известняками и мергелями. Мощность бухарских отложений этого типа разрезов изменяется от 85 до 150 м.

Сузакские, алайские и туркестанские слои объединенные (P<sub>2</sub>sz-tr) представлены зеленовато-серыми, серыми известковистыми глинами с редкими маломощными прослоями мергелей, глинистых и песчанистых известняков. В интервале от 15 до 20 ж выше подошвы, среди глин проходит прослой горючих сланцев мощностью 0,2-0,5 м. Мощность сузакских слоев изменяется от 82 до 43 м; меньшая мощность приурочена к хребтам Вахшскому, а большая к хр. Каратау [58].

В пределах описываемого района, осадки, относящиеся к алайским слоям, пользуются широким распространением. Они представлены белыми гипсами, доломитами, известняками, песчаниками, буровато-красными, реже зеленовато-серыми глинами с прослоями песчаников и гипсов. Туркестанские отложения на всей исследуемой территории характеризуются однородностью и сходством литологического состава. Они представлены серыми, зеленовато-серыми, изредка известковистыми глинами, среди которых местами (хребты Джиланытау, Вахшский, Санглак) наблюдаются тонкие прослои мергелей и известняков. Мощность туркестанских отложений изменяется от 70 до 22 м.

Выходы риштанских отложений распространены в основном на территории хр. Сурхку. Мощность этих отложений около 20-30 м. На остальной территории, риштанские отложения ввиду незначительной мощности объединены с исфаринскими и ханабадскими слоями. Мощность риштанских слоев от 63 до 136 м. Исфаринские и ханабадские слои включают в себя однообразную толщу зеленовато-серых, серых и светло-серых глин, содержащих прослои известняков, песчаников и известняков-устричников. Общая мощность исфаринских и ханабадских слоев варьирует от 84 до 137 м. Сумсарские слои в пределах описываемой площади представлены глинами и песчаниками. Общая мощность сумсарских слоев 79-140 м [58].

**Неогеновая система** [58]. Неоген представлен конгломератами, песчаниками, алевролитами и песчанистыми глинами серого, буровато-серого, бурого, розовато-серого, кремово-коричневого и коричневого цвета. Среди осадков неогена по литологическому составу и окраске выделяются следующие

свиты: хингоуская, тавильдаринская, каранакская и полизакская. Отложения хингоуской свиты не прослеживаются в пределах исследуемой территории.

Тавильдаринская свита начинается пластом мелкозернистых песчаников мощностью от 8 до 25 м, по подошве которого и проводится нижняя ее граница. Общая мощность тавильдаринской свиты от 650 до 1650 м. Отложения каранакской свиты представлены мощной толщей конгломератов, песчаников, алевроитовых песчаных глин и глин. Свита имеет двухчленное строение и сложена в нижней части конгломератами или песчаниками, а в верхней части глинами. Мощность нижней части каранакской свиты колеблется от 70 м в хр. Джиланытау. Общая мощность свиты 620-700 м.

**Четвертичная система** [58]. Значительная часть исследуемой территории сложена четвертичными континентальными отложениями. В основу расчленения четвертичных отложений положена местная стратиграфическая схема Н. П. Костенко [46]. По этой схеме среди отложений четвертичной системы выделяются: кулябский комплекс - нижний отдел; илякский комплекс - средний отдел; душанбинский и термезский комплексы - верхний отдел и амударьинский комплекс - современный отдел. В генетическом отношении четвертичные отложения подразделяются на аллювиальные, аллювиально-пролювиальные, аллювиально-озерные, пролювиальные и элювиально-делювиальные.

Отложения кулябского комплекса в пределах, исследуемого нами территории не выявлены. Мощность осадков илякского комплекса изменяется от 30 до 60 м. Породы душанбинского комплекса слагают две надпойменные террасы основных рек района: пятую и четвертую. Мощность осадков изменяется от 6,5 до 20 м [58].

**3.2.2. Геоморфология.** Рельеф рассматриваемой территории подразделяется на два типа: денудационный и аккумулятивный. Среди денудационного типа рельефа в пределах данной территории выделяются два подтипа: глубокорасчлененный и эрозионно-денудационный.

К глубокорасчлененному преимущественно эрозионному рельефу нижнего яруса, развитому преимущественно в долине р. Вахш, отнесены крутосклонные V-образные долины с четко выраженными эрозионными террасами. Здесь выделяются три региональные террасы. Верхняя терраса располагается на абсолютной высоте 1400-2100 м, средняя на 1100-1600 м, нижняя на 700-1000 м [58]. Эрозионно-денудационный рельеф верхнего яруса развит на хребтах Вахшском (от 2200 до 2800-3000 м), Сурхку (2600-2900 м), Сарсаряк (2200 м). [58].

Аккумулятивный тип подразделяется также на два подтипа: аллювиальный долинный, предгорный равнинный и пролювиальный рельеф конусов выноса. Описанные выше террасы среднего яруса на хребтах Вахшском, Каратау, Сарсаряк и Гулизиндон фрагментально перекрыты лессовидными породами предположительно эолового генезиса. Лессовый покров здесь играет выполаживающую роль. По периферии наблюдаются расчлененные рытвинами обрывы высотой до 20-30 м [58].

**3.2.3. Тектоника.** Исследуемая территория расположена в пределах Южно-Таджикской тектонической зоны. В тектоническом отношении зона представляет сложную систему складок, сформированных главным образом в мезозойских и кайнозойских отложениях.

Исследуемая территория находится в пределах Вахшского антиклинорного поднятия. Вахшское антиклинорное поднятие располагается к западу, северо-западу от Яхсуйского синклинорного прогиба. Западная его граница проводится по западным склонам хребтов Сурхку и Каратау. Антиклинорное поднятие характеризуется наличием многочисленных сильно нарушенных складок. В ядрах антиклиналей залегают нижнемеловые и реже верхнеюрские осадки. В северной части этого поднятия складки обычно опрокинуты на юго-восток, разорваны и надвинуты одна на другую; к югу строение их упрощается, структуры становятся симметричными и слагаются более молодыми породами. Наиболее восточной из структур Вахшского антиклинорного поднятия является Вахшская антиклиналь, прослеживающаяся

вдоль левого склона долины р. Вахш до широты кишлака Кангурт. Западное крыло Вахшской складки срезано проходящим здесь разрывом (Вахшский разрыв). Восточное крыло имеет углы падения  $45-75^\circ$  и на широте кишлака Камоли усложнено двумя вторичными складками. В строении антиклинали принимают участие верхнеюрские и меловые отложения [58].

Ионахшская антиклиналь расположена вдоль юго-восточного склона хр. Сурхку и имеет северо-восточное простирание. В большей своей части складка сложена верхнеюрскими и нижнемеловыми осадками. Северо-западное крыло срезано надвигом. Углы падения в присводовой части не превышают  $35^\circ$ , на крыле они достигают  $75^\circ$ . Юго-восточное крыло осложнено вторичной складчатостью, дающей начало образованию Джуручской антиклинали.

Санглакская антиклиналь является продолжением Джуручской антиклинали. На севере складка имеет почти широтное простирание и представлена только южным крылом, сложенным соляно-гипсовыми отложениями верхней юры и нижнемеловыми осадками. Углы падения пород колеблются в пределах  $35-75^\circ$ . Верхнеюрские отложения надвинуты здесь на различные горизонты верхнего мела юго-восточного крыла Ходжаманорской антиклинали. Санглакская антиклиналь отделяется от следующей к западу Сарсарякской антиклинали синклиналью Пеха. Углы падения пород на крыльях составляют  $50-60^\circ$  [58].

К югу от Санглакской антиклинали из-под покрова четвертичных отложений воздымается Аксуякская антиклиналь, совпадающая орографически с возвышенностью того же названия. В своде складки обнажаются глины морского палеогена, а на сохранившемся восточном крыле и песчаники олигоцен-миоцена. Западное крыло ее срезано надвигом.

Каратауская антиклиналь возникает на междуречьи Вахш - Иляк к северу от населенного пункта Ходжа-Абдулла. У северного конца Каратауская антиклиналь сложена осадками больджуанской свиты, сильно сжата, симметрична. Ось ее к юго-западу резко воздымается; в строении антиклинали на поверхности последовательно принимают участие все более низкие

горизонты палеогена и верхнего мела. До широты населенного пункта Яван прослеживаются оба крыла. Южнее, западное крыло, по всей вероятности, срезается разрывом и перекрыто четвертичными отложениями р. Явансу. Свод антиклинали осложнен вторичной складчатостью, наблюдаемой на площади между населенными пунктами Яван и Кадара, и серией разломов типа надвигов, по которым в соприкосновение приведены различные горизонты меловых и юрских отложений [58].

### **3.3. Исследования современных движений земной коры в зоне геодинамического полигона Нурекской ГЭС**

#### **3.3.1. Анализ высотных наблюдений**

Для изучения вертикальных движений земной коры в районе ГДП Нурекской ГЭС проложены нивелировочные линии I, II и III классов, охватывающие основные геологические структуры. Нивелирование I класса проводилось на двух участках [36, 37, 39].

Первый участок находится в нижнем бьефе, где линии образуют замкнутое кольцо, проходя через город Нурек и гребень плотины, с наибольшим количеством измерений — 18 циклов (1-2 раза в год) [108, 112].

На втором участке линии идут вдоль западного и южного берега водохранилища, с менее частыми измерениями (раз в год или два года), и фрагментарными данными в отдельных циклах [109, с. 33-34].

Из 16 пунктов наблюдений нивелирование III-го класса в районе Нурекской ГЭС 10 пунктов (ЗПВ-0, ЗПВ-1, ЗПВ-2, ЗПВ-3, ЗПВ-4, ЗПВ-5, ЗПВ-6, ЗПВ-7, ЗПВ-8, ЗПВ-9) закреплены на гребне плотины и заложены в насыпном грунте. Пункт «ГРП 1078» расположен перед входом в транспортный тоннель. Пункт «Джурудж» расположен на теле крупного структурно-гравитационного оползня, и любые колебания его значений являются отражением оползневого сдвига. Пункт «Развалина» находится в некоторой отдалённости от тела плотины ГЭС, на поверхности соляного штока. Пункт «ГРП 4876» расположен

у дороги над зданием машинного зала ГЭС. Два других расположены западнее города Нурек (рис. 3.3.1.1).

Величины опускания или подъема реперов наблюдений нивелирование III-го класса в районе Нурекской ГЭС, приведены в таблицах 3.3.1.1 и 3.3.1.2. Всего за период наблюдений, с 2013 по 2017 гг. Проведено восемь циклов измерений по шестнадцати реперам для определения их подвижки. По результатам первых циклов измерений 2013 и 2014 гг. величина деформации контрольных реперов гребня плотины колеблется в пределах 2,0-8,0 мм, со знаком минус, т.е. оседает, а результат первых циклов измерений 2014-2015 гг. характеризуется величинами осадок в пределах от -5,0 мм до -15 мм. Особого внимания заслуживают данные 2016-2017 гг. [110]

По результатам первых циклов измерений 2016 и 2017 гг. величина деформации контрольных реперов гребня плотины сильно нарастает. Тела плотины опускается со скоростью 25-30 мм/год. Одновременно проявили свою активность и пункты «ГРП 1078» и «ГРП 4876». Напомним, что пункт «ГРП 1078» расположен перед входом в транспортный тоннель, практически на одной линии с пунктами, которые расположены на гребне плотины, а пункт «ГРП 4876» расположен у дороги над зданием машинного зала ГЭС.

Анализируя данные таблиц 3.3.1.1 и 3.3.1.2., можно заключить, что величины изменения реперов имеют тенденцию к равномерному оседанию. За период наблюдения зафиксировано значительное опускание пункта «ГРП 4876» на -50 мм. Величины подвижек реперов Джурудж и Развалина также имеют определенную тенденцию к опусканию, но эти значения незначительны и составляют 3-4 мм. По показателям сравнений последних циклов все наблюдаемые реперы имеют незначительные осадки, которые приведены в таблицах 3.3.1.1 и 3.3.1.2. За отчетный период зафиксирована осадка всех реперов линии нивелирования за исключение грунтовых реперов II – го класса ГРП-1139 и ГРП-4838, изменение которых равняется точности наблюдения.

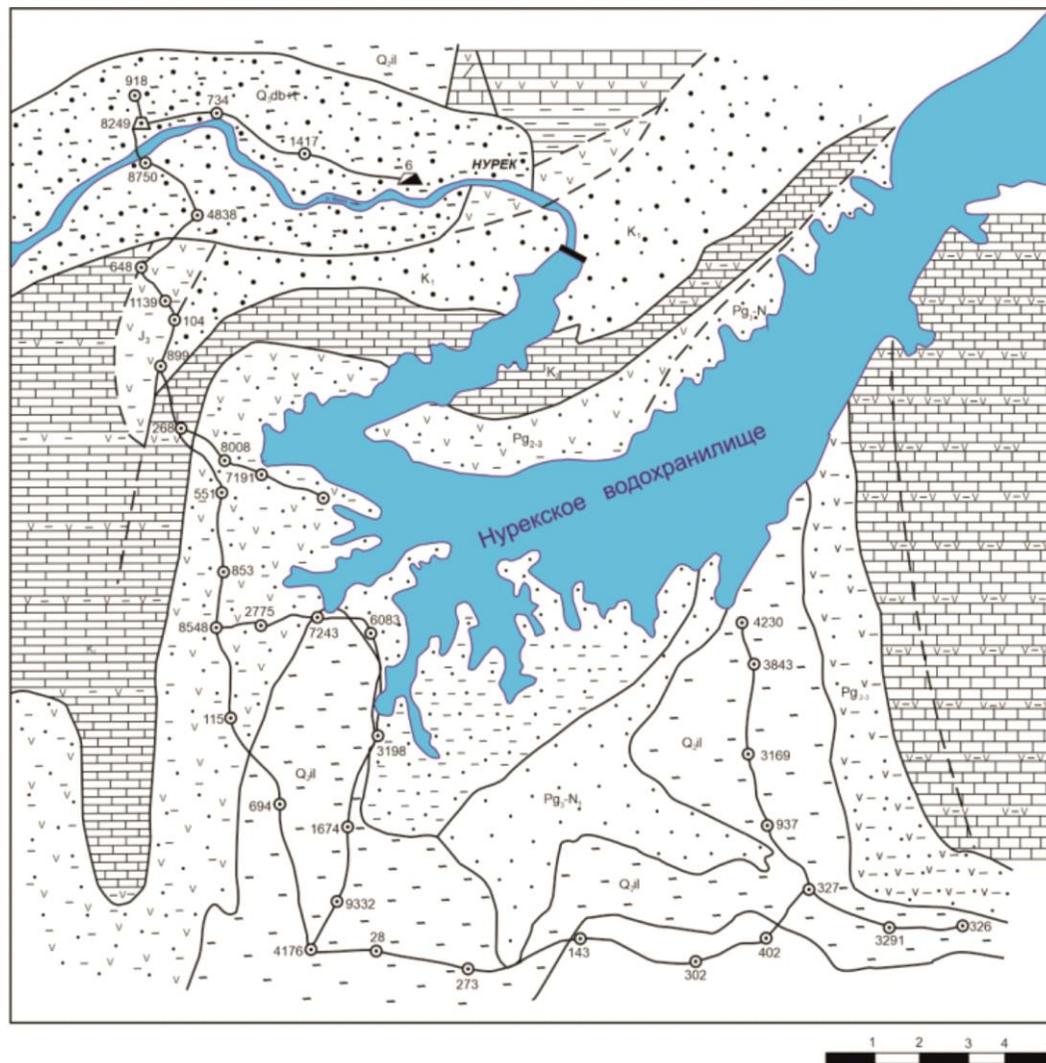


Рисунок 3.3.1.1. Схема линии нивелирования III – го класса ГДП  
 Нурекская ГЭС (Саидов М.С., Кодиров Э.)

Таблица 3.3.1.1 - Ведомость разности высот пунктов нивелирование III класса на объекте ГДП Нурекской ГЭС 2013- 2014 и 2014-2015 годы (Саидов М.С., Алиев Дж., Кодиров Э.)

№№ п/п.	Название пунктов	2013	2014	Разность 2013-2014 годы	Название пунктов	2014	2015	Разность 2014-2015 годы	
		1 цикл	1 цикл			1 цикл	1 цикл		
		Н	Н			Н	Н		
1	ГРП-1139	1010,843	1010,843	0,000	ГРП-1139	1010,834	1010,834	0,000	
2	ГРП-4838	777,916	777,916	0,000	ГРП-4838	777,916	777,916	0,000	
3	ГРП-4876	711,859	711,876	0,017	ГРП-1078	873,903	873,903	0,000	
4	ЗПВ-0	921,215	921,213	-0,002	ГРП-4876	711,868	711,876	0,008	
5	ЗПВ-1	921,795	921,793	-0,002	ЗПВ-0	921,213	921,208	-0,005	
6	ЗПВ-2	922,051	922,047	-0,004	ЗПВ-1	921,793	921,783	-0,010	
7	ЗПВ-3	922,019	922,013	-0,006	ЗПВ-2	922,047	922,033	-0,014	
8	ЗПВ-4	921,979	921,973	-0,006	ЗПВ-3	922,013	921,998	-0,015	
9	ЗПВ-5	921,960	921,953	-0,007	ЗПВ-4	921,973	921,959	-0,014	
10	ЗПВ-6	921,984	921,977	-0,007	ЗПВ-5	921,953	921,939	-0,014	
11	ЗПВ-7	921,563	921,555	-0,008	ЗПВ-6	921,977	921,963	-0,014	
12	ЗПВ-8	920,984	920,979	-0,005	ЗПВ-7	921,555	921,543	-0,012	
13	ЗПВ-9	920,337	920,336	-0,001	ЗПВ-8	920,979	920,971	-0,008	
14	Джурудж	859,037	859,019	-0,018	ЗПВ-9	920,336	920,332	-0,004	
15	Развалина	790,135	790,127	-0,008	Джурудж	859,019	859,014	-0,005	
16					Развалина	790,127	790,140	0,013	

Таблица 3.3.1.2 - Ведомость разности высот пунктов нивелирование III класса на объекте ГДП Нурекской ГЭС 2015- 2016 и 2016-2017 годы. (Саидов М.С., Алиев Дж., Кодиров Э.)

№№ п/п.	Название пунктов	2015	2016	Разность 2015-2016 годы	2016	2017	Разность 2016-2017 годы
		1 цикл Н	1 цикл Н		1 цикл Н	1 цикл Н	
1	ГРП-1139	1010,834	1010,834	0,000	-	-	-
2	ГРП-4838	777,916	777,916	0,000	777,916	777,916	0,000
3	ГРП-1078	873,903	873,915	0,012	873,915	873,886	-0,029
4	ГРП-4876	711,868	711,897	0,029	711,897	711,847	-0,050
5	ЗПВ-0	921,208	921,197	-0,011	921,197	921,172	-0,025
6	ЗПВ-1	921,783	921,773	-0,010	921,773	921,745	-0,028
7	ЗПВ-2	922,033	922,023	-0,010	922,023	921,994	-0,029
8	ЗПВ-3	921,998	921,987	-0,011	921,987	921,957	-0,030
9	ЗПВ-4	921,959	921,945	-0,014	921,945	921,916	-0,029
10	ЗПВ-5	921,939	921,923	-0,016	921,923	921,895	-0,028
11	ЗПВ-6	921,963	921,950	-0,013	921,950	921,921	-0,029
12	ЗПВ-7	921,543	921,530	-0,013	921,530	921,504	-0,026
13	ЗПВ-8	920,971	920,959	-0,012	920,959	920,933	-0,026
14	ЗПВ-9	920,332	920,324	-0,008	920,324	920,299	-0,025
15	Джурудж	859,014	859,034	0,020	-	-	-
16	Развалина	790,140	790,145	0,005	-	-	-

### **3.3.2. Исследования величин планового смещения наблюдаемых геодезических и створных пунктов сооружений Нурекской ГЭС**

Плановые наблюдения с целью определения смещение створных пунктов и наблюдаемых марок на территории ГДП Нурекской ГЭС, производятся триангуляционным методом. Для проведения этих работ применяется электронный тахеометр Leica TS06plus. Средняя квадратическая погрешность определения координат точек этим прибором составляет  $\pm 0,5$  мм, средняя квадратическая погрешность определения высот точек составляет +5 мм.

Для выполнения работ этим методом за основание - неподвижные точки приняты геодезические пункты Пулисангин и Кизон, расположенные на правом берегу водохранилища в скальных горных породах мелового возраста. Координаты названных пунктов известны, и они определены в период строительства Байпазинской ГЭС.

Координаты створных пунктов и наблюдаемых марок определяются триангуляционным методом - способом прямых геодезических засечек. Координаты каждого пункта определены шестью приемами. Из количества проведенных приемов вычислены средние значения координат. Результаты определения координат и высот геодезических пунктов, наблюдаемых марок приведены ниже в таблице 3.3.2.1, 3.3.2.2, 3.3.2.3, 3.3.2.4 и диаграммах рисунки 3.3.2.2, 3.3.2.3, 3.3.2.4, 3.3.2.5. По результатам определения координат геодезических пунктов и наблюдаемых марок вычислены горизонтальные смещения, также определены вектор смещения каждого наблюдаемого геодезического пункта и наблюдаемых марок

Сеть Нурекского ГДП включает в себя 14 пунктов, расположенных в пределах трех основных структур, окружающих район полигона Нурек (Вахшский, Санглакский, Сурхкухский). Пункты расположены в основном на выходах неогеновых, палеогеновых и меловых пород Вахшского хребта, хребтов Ионахш, Сарсаряк и Санглак. Расстояние между пунктами 5-10 км [112; 113]. В этой сети на каждом пункте выполнялись угловые и линейные измерения [109, с.33-34].

Вектора смещений вычислены по разностям условных координат, полученных при обработке измерений 2013-2017 гг. Условно неподвижным при этом являются пункты Пулисангин и Кизон. Угловые измерения (триангуляция I класса) были выполнены теодолитом 2Т2 способом круговых приемов 12-ю приемами на 15 пунктах: «Джурудж», «Развалина», «Мост», «Центральная», «Чашма», «Сафбора», «Пулисангин», «Кизон», «Кулисуфиен», «Зардолу», Пиёздара, МИТ – 1, МИТ – 2, МИТ – 3, Пост. Последние два пункта расположены на левом берегу водохранилища [109, с.33-34].

Зенитные расстояния измерялись по всем направлениям 4-мя приемами. В измерение направления вводились поправки за наклон вертикальной оси инструмента. Значение невязок в треугольниках не превышает 5". Линейные измерения выполнены светодальномером «Блеск» по 4 приема. Всего измерено 11 линий (рис. 3.3.2.1).

**3.3.2.1. Интерпретация полученных результатов.** Анализируя ситуацию, представленную на схеме векторов смещения пунктов на объекте Нурекской ГЭС за многолетний период наблюдений (2013-2017), для удобства восприятия мы прибегли к методу группирования наблюдаемых объектов по их назначению, геологическим условиям и пространственному расположению. Так образом мы получили следующие плоскости измерений для их дальнейшего количественного и качественного анализа:

1. Южный берег водохранилища. Пункты «Зардолу» и «Кулисуфиен», расположенные на южном берегу водохранилища.

Пункты «Зардолу» и «Кулисуфиен» установлены на поверхности отрицательного орографического элемента Шолипоя. Шолипоинская зона (прогиб) имеет клинообразную форму в плане и разделяет сопряженные зоны (поднятия): Джангоускую и Вахшскую. В южной части прогиба находится Гулизинданское внутреннее поднятие, ориентированное поперек простирания зоны в соответствии с простиранием, Бальджуанского линеамента. Шолипоинская зона ниже-среднеорогенного прогибания пространственно совпадает с одноименной синклиналью. В течение длительного времени зона

являлась областью накопления терригенного материала, смываемого с Джангоуской и Вахшской зон.

Анализ ведомости разности координат и высот пунктов «Зардолу» и «Кулисуфиен» за наблюдаемый период с 2013 по 2017гг., свидетельствует об активности наблюдаемой территории (табл. 3.3.2.1-3.3.2.4). Пункты имеют тенденцию к смещению в западном направлении (табл. 3.3.2.5-3.3.2.6). Максимальная величина смещений пункта «Кулисуфиен» с начала наблюдений составляет 42 мм и 32 мм пункт «Зардолу» по ризницам координат первых циклов измерений 2016-2017гг.

2. Пункты верхнего бьефа плотины. К ним относятся пункты: «Сафбора», «Пиёздара» и «Чашма». Пункты «Сафбора» и «Пиёздара» находятся на левом берегу водохранилища, пункт «Чашма» - на правом. Пункты расположены в основном на выходах неогеновых, палеогеновых и меловых пород хребтов Ионахш, Сарсаряк и Санглак.

Анализ данных показывают, что за период наблюдений произошел подъем и смещение отдельных марок и реперов. Пункты попеременно смещаются как на запад, так и на восток (табл. 3.3.2.5-3.3.2.6). При этом опускаются и поднимаются с различными скоростями от 7-8 до 20-22мм/год. Наиболее высокие смещения пунктов приходятся на 2017 г. Так пункт «Чашма» по отношению к исходному к 2016 г. сместился по оси «Х» на запад на 79 мм, пункт «Сафбора» за этот же период времени на 58 мм. Величины подъема и опускания наблюдаемых пунктов показывает, что они носят колебательный характер.

Намного сложнее стоит вопрос с пунктом «Чашма». Пункт «Чашма» как мы уже отметили выше, расположен на правом берегу водохранилища в нижнемеловых отложениях. Анализ данных по пункту «Чашма» показывают, что за отчетный период с 2013 по 2017 гг. произошли значительные геодинамические изменения на этом геодезическом пункте. Значения ризниц координат первых циклов 2013-2017 гг. по всем измеряемым параметрам (Х, Y и Н) говорят о геодинамической активности пункта «Чашма». Особенно это

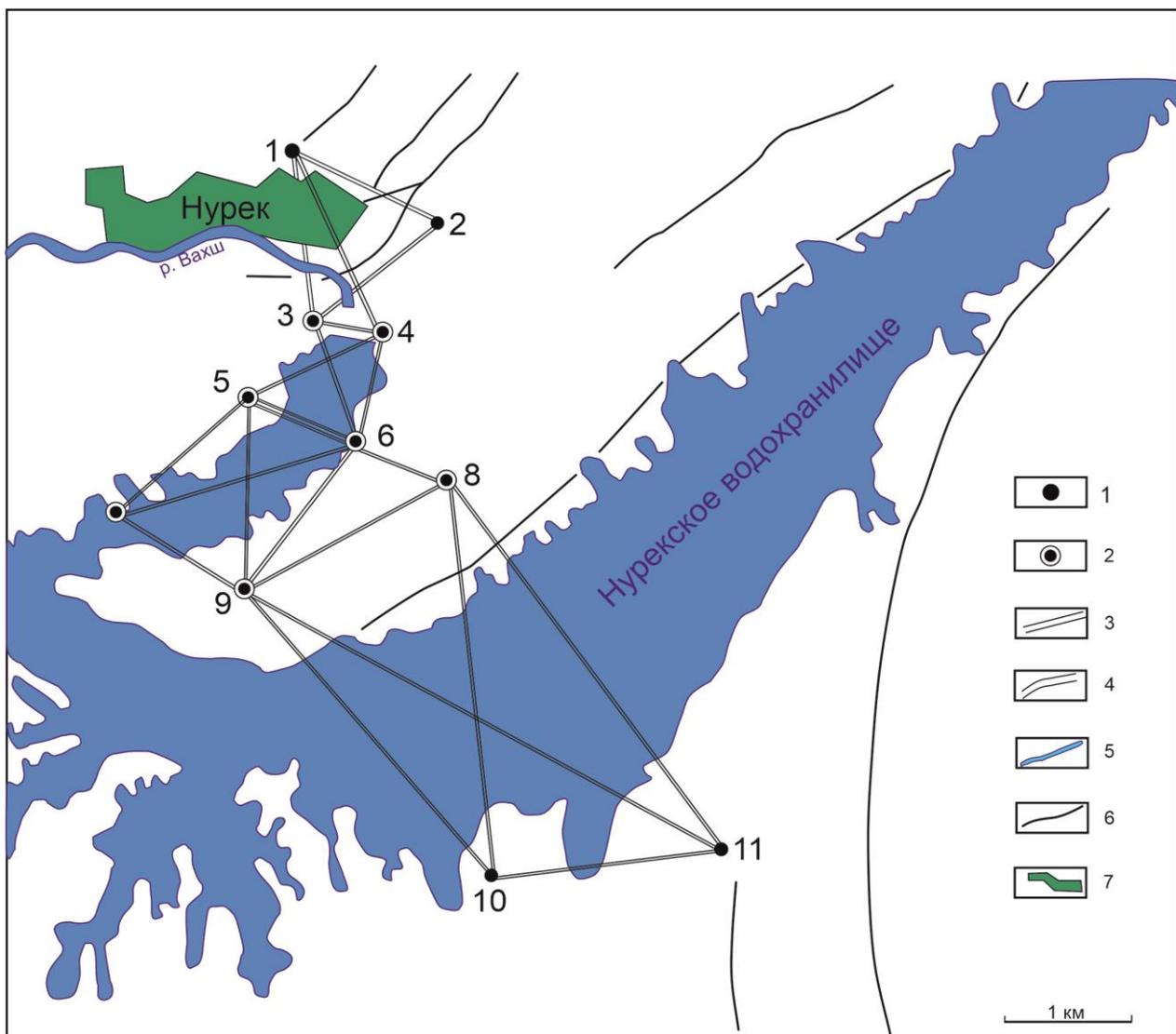
хорошо наблюдалась в разности координат 2014-2015 гг., где «Н» был равен 97мм; 2015-2016, где  $X=22\text{мм}$ ,  $Y=23\text{мм}$  и  $H=97\text{мм}$ ; 2016-2017, где  $X=79\text{мм}$ ,  $Y=24\text{мм}$  и  $H=36\text{мм}$ .

3. Пункты плотины ГЭС. К ним относятся пункты «Центральная» на западном окончании плотины (на левом берегу водохранилища) и пункт «Мост» на восточном окончании плотины (на правом берегу водохранилища). Рассчитанные по изменениям длин линий компоненты тензоров деформации за расчетный период, свидетельствуют о преобладании деформаций удлинения практически на всей исследуемой территории, наибольшие значения укорочения направлены перпендикулярно оси плотины. По результатам исследований 2013-2017гг. установлено, что смещения пунктов на участке плотина ненамного превышают возможную ошибку их определения.

Анализ данных показывает, что за отчетный период произошел подъем и смещение отдельных марок и реперов. Пункты попеременно смещаются как на запад, так и на восток (табл. 3.3.2.5-3.3.2.6). При этом опускаются и поднимаются с различными скоростями. Наиболее высокие значения смещения пунктов наблюдались в разности координат 2016-2017 гг., где  $X=58\text{мм}$ ,  $Y=32\text{мм}$  (пункт «Мост»); пункт «Центральная»  $X=62\text{мм}$ . Здесь следует отметить, что 2017 г., является «висококосным годом» для всего ГДП Нурекской ГЭС. Дополнительная информация по анализу инструментальных данных приведена в разделе 3.4. «Результаты натурных наблюдений за деформациями основных инженерных сооружений Нурекской ГЭС» данной работы.

4. Пункты нижнего бьефа плотины. К ним относятся: «МИТ-1», «МИТ-2», «МИТ-3», «Джурудж», «Развалина» и «Пост». Здесь следует отметить активность всех пунктов без исключения (табл. 3.3.2.1-3.3.2.4). Причина этому инженерно-геологические условия (просадки, оползни и т.д.) территории. Пункты «МИТ-1», «МИТ-2» и «МИТ-3» были установлены в целях слежения за деформацией оползневых и гравитационно-структурных участков. Эти пункты так же попеременно, то опускаются и поднимаются в зависимости от изменения тектонических напряжений в земле и изменения уровня воды в водохранилище.

Векторы горизонтальных смещений так же изменчивы, с восточного на западное и обратно, с западного на восточное направление (табл. 3.3.2.5-3.3.2.6).



**Условные обозначения**

1. Пункты линейно-угловой сети; 2. Совмещенные пункты; 3. Стороны линейно-угловой сети; 4. Река Вахш; 5. Нурекское водохранилище; 6. Разрывные нарушения; 7. Город Нурек

Рисунок 3.3.2.1. Схема обследования пунктов трилатерации и триангуляции ГДП Нурекской ГЭС (Саидов М.С., Кодиров Э.)

Таблица 3.3.2.1 - Ведомость разности координат и высот пунктов наблюдений за динамикой движения земной коры на ГДП Нурекской ГЭС 2013-2014 гг. (Саидов М.С., Алиев Дж., Кодиров Э.)

№№ п.п.	2013г. 1 цикл			2014г. 1 цикл			Разность 2013 –2014 гг. первые циклы			
	Название пунктов	X	Y	H	X	Y	H	X	Y	H
1	PULS	46884,380	32000,640	1508,800	46884,380	32000,640	1508,800	0,000	0,000	0,000
2	QIZO	45087,620	28899,790	1435,000	45087,620	28899,790	1435,000	0,000	0,000	0,000
3	JURU	50712,239	31752,303	858,541	50712,227	31752,372	858,583	-0,012	0,069	0,042
4	SOFB	48039,361	28894,467	1262,979	48039,361	28894,464	1262,972	0,000	-0,003	-0,007
5	SENT	49173,875	29836,386	1177,635	49173,912	29836,349	1177,636	0,037	-0,037	0,001
6	MIT-1	51196,977	31717,213	924,070	51196,974	31717,202	924,079	-0,003	-0,011	0,009
7	MIT-2	51485,975	32169,416	1277,751	51485,951	32169,390	1277,787	-0,024	-0,026	0,036
8	MIT-3	49754,171	31292,861	939,338	49754,179	31292,853	939,316	0,008	-0,008	-0,022
9	CHAS	47375,669	30641,557	1096,079	47375,676	30641,557	1096,109	0,007	0,000	0,030
10	MOST	49011,235	30965,502	1014,071	49011,226	30965,506	1014,036	-0,009	0,004	-0,035
11	RAZV	51646,513	29445,133	789,447	51646,509	29445,131	789,477	-0,004	-0,002	0,030
12	KULI	40992,386	32944,133	1209,109	40992,411	32944,128	1209,111	0,025	-0,005	0,002
13	ZARD	41565,070	36241,093	1448,167	41565,092	36241,081	1448,167	0,022	-0,012	0,000

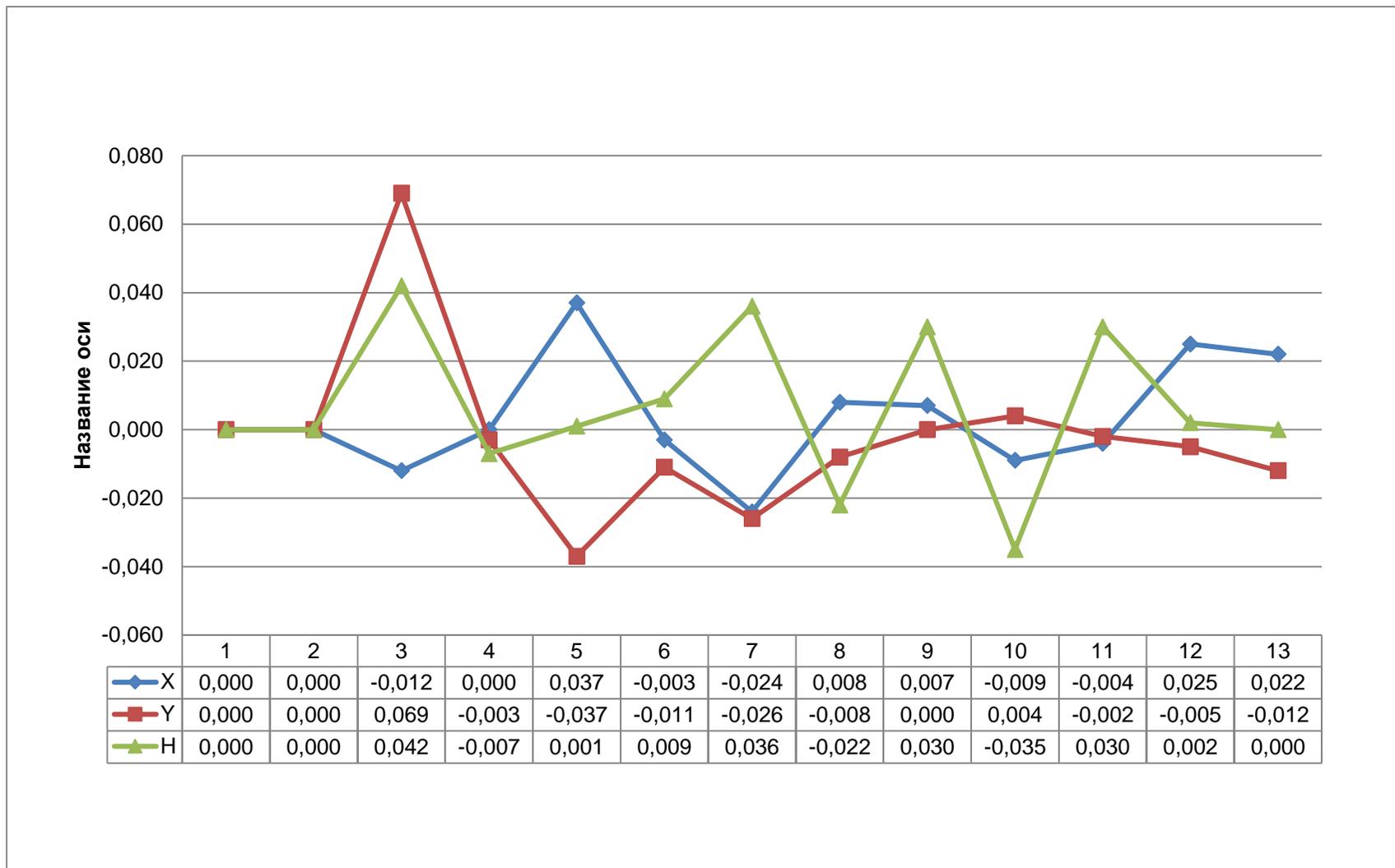


Рисунок 3.3.2.2. Диаграмма разности координат и высот пунктов наблюдений за динамикой движения земной коры на ГДП Нурекской ГЭС 2013-2014 гг. (Саидов М.С., Алиев Дж., Кодиров Э.)

Таблица 3.3.2.2 - Ведомость разности координат и высот пунктов наблюдений за динамикой движения земной коры на ГДП Нурекской ГЭС 2014-2015 гг. (Саидов М.С., Алиев Дж., Кодиров Э.)

№№ п.п.	2014 г. – 1 цикл			2015 г. – 1 цикл			Разность 2014 – 2015 гг. первые циклы			
	Название пунктов	X	Y	H	X	Y	H	X	Y	H
1	QIZO	45087,620	28899,790	1435,000	45087,620	28899,790	1435,000	0,000	0,000	0,000
2	PULS	46884,380	32000,640	1508,800	46884,380	32000,640	1508,800	0,000	0,000	0,000
3	CHAM	47375,676	30641,557	1096,109	47375,666	30641,561	1096,028	-0,010	0,004	-0,081
4	JURU	50712,227	31752,372	858,583	50712,220	31752,361	858,599	-0,007	-0,011	0,016
5	KULI	40992,411	32944,128	1209,111	40992,389	32944,126	1209,128	-0,022	-0,002	0,017
6	MIT1	51196,974	31717,202	924,079	51196,956	31717,191	924,035	-0,018	-0,011	-0,044
7	MIT2	51485,951	32169,390	1277,787	51485,953	32169,407	1277,779	0,002	0,017	-0,008
8	MIT3	49754,179	31292,853	939,316	49754,163	31292,851	939,352	-0,016	-0,002	0,036
9	MOST	49011,226	30965,506	1014,036	49011,217	30965,494	1014,053	-0,009	-0,012	0,017
10	PIEZ	46201,757	26874,195	1077,964	46201,747	26874,197	1077,973	-0,010	0,002	0,009
11	POST	50268,652	30619,681	788,724	50268,628	30619,660	788,723	-0,024	-0,021	-0,001
12	PUSH	31686,089	37167,599	1515,541	31686,075	37167,593	1515,620	-0,014	-0,006	0,079
13	RAZV	51646,509	29445,131	789,477	51646,495	29445,135	789,468	-0,014	0,004	-0,009
14	SENT	49173,912	29836,349	1177,636	49173,901	29836,352	1177,637	-0,011	0,003	0,001
15	SOFB	48039,361	28894,464	1262,972	48039,353	28894,449	1262,961	-0,008	-0,015	-0,011
16	ZARD	41565,092	36241,081	1448,167	41565,072	36241,074	1448,173	-0,020	-0,007	0,006

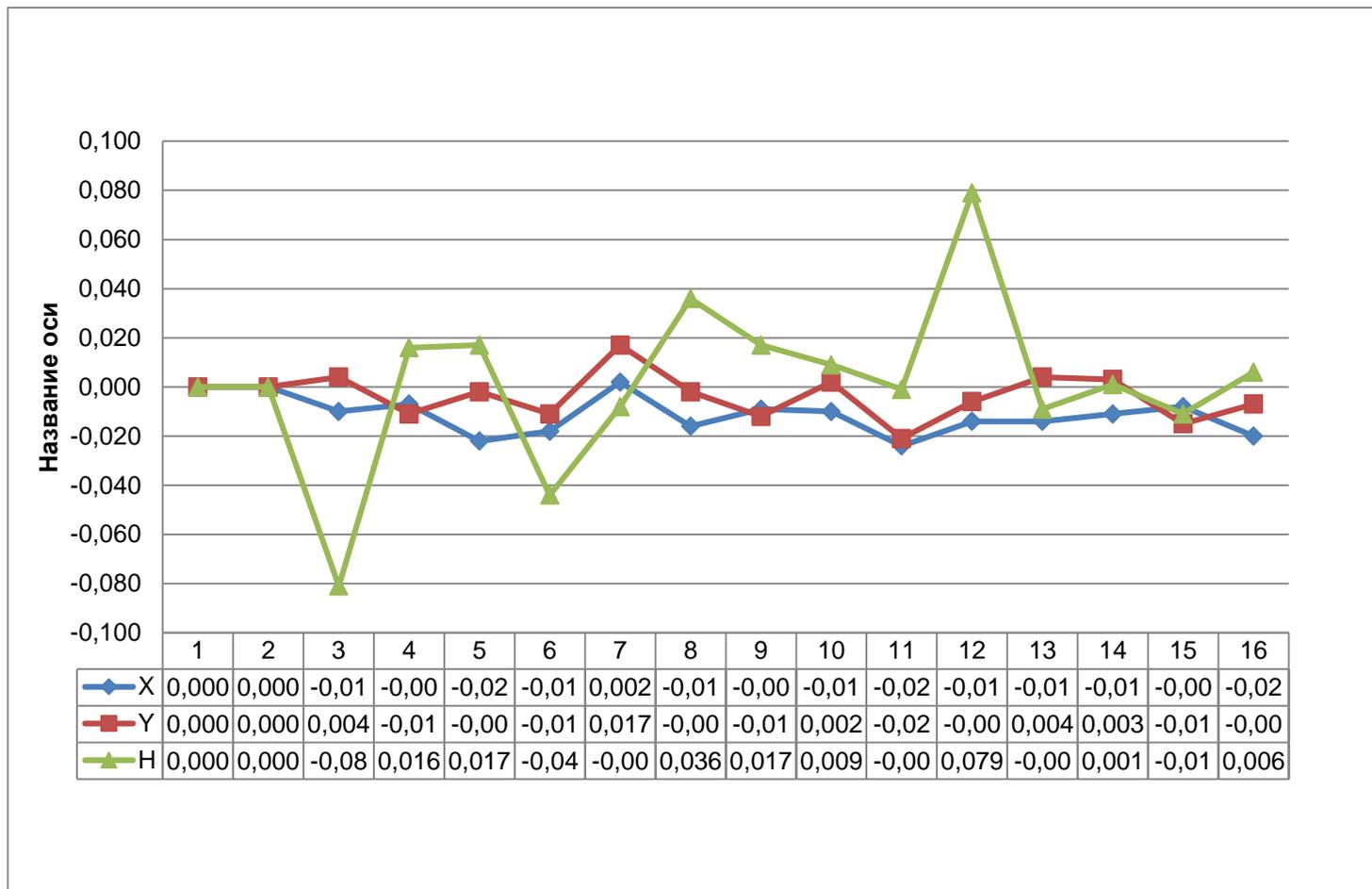


Рисунок 3.3.2.3. Диаграмма разности координат и высот пунктов наблюдений за динамикой движения земной коры на ГДП Нурекской ГЭС 2014-2015 гг.  
(Саидов М.С., Алиев Дж., Кодиров Э.)

Таблица 3.3.2.3 - Ведомость разности координат и высот пунктов наблюдений за динамикой движения земной коры на ГДП Нурекской ГЭС 2015-2016 гг. (Саидов М.С., Алиев Дж., Кодиров Э.)

№№ п.п.	2015 г. – 1 цикл			2016 г. – 1 цикл			Разность 2015 – 2016 гг. первые циклы			
	Название пунктов	X	Y	H	X	Y	H	X	Y	H
1	QIZO	45087,620	28899,790	1435,000	45087,620	28899,790	1435,000	0,000	0,000	0,000
2	PULS	46884,352	32000,573	1509,013	46884,352	32000,567	1508,994	0,000	-0,006	-0,019
3	CHAS	47375,656	30641,523	1096,357	47375,634	30641,500	1096,454	-0,022	-0,023	0,097
4	JURU	50712,173	31752,290	859,329	50712,168	31752,262	859,303	-0,005	-0,028	-0,026
5	KULI	40992,496	32944,070	1208,404	40992,496	32944,063	1208,421	0,000	-0,007	0,017
6	MIT1	51196,897	31717,120	924,833	51196,876	31717,075	924,827	-0,021	-0,045	-0,006
7	MIT2	51485,858	32169,320	1278,583	51485,846	32169,303	1278,560	-0,012	-0,017	-0,023
8	MIT3	49754,125	31292,796	940,000	49754,087	31292,724	939,977	-0,038	-0,072	-0,023
9	MOST	49011,188	30965,445	1014,595	49011,178	30965,426	1014,621	-0,010	-0,019	0,026
10	PIEZ	46201,745	26874,235	1078,188	46201,748	26874,219	1078,170	0,003	-0,016	-0,018
11	POST	50268,592	30619,615	789,440	50268,577	30619,573	789,468	-0,015	-0,042	0,028
12	PUSH	31686,338	37167,498	1513,360	31686,330	37167,479	1513,359	-0,008	-0,019	-0,001
13	RAZV	51646,426	29445,106	790,386	51646,404	29445,089	790,399	-0,022	-0,017	0,013
14	SENT	49173,848	29836,320	1178,224	49173,838	29836,307	1178,229	-0,010	-0,013	0,005
15	SOFB	48039,312	28894,439	1263,414	48039,304	28894,440	1263,398	-0,008	0,001	-0,016
16	ZARD	41565,164	36240,954	1447,459	41565,169	36240,945	1447,455	0,005	-0,009	-0,004

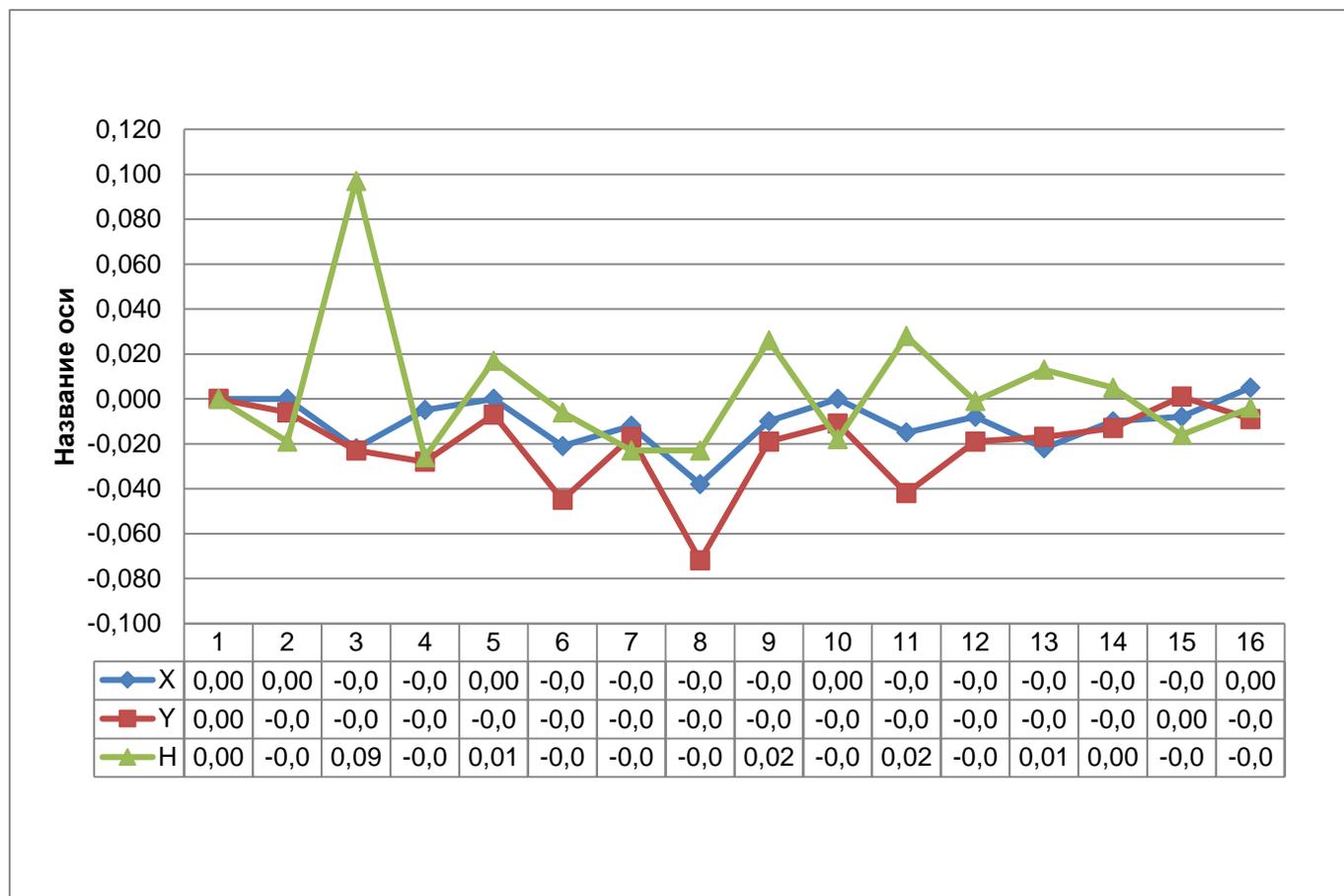


Рисунок 3.3.2.4. Диаграмма разности координат и высот пунктов наблюдений за динамикой движения земной коры на ГДП Нурекской ГЭС 2015-2016 гг.  
(Саидов М.С., Алиев Дж., Кодиров Э.)

Таблица 3.3.2.4 - Ведомость разности координат и высот пунктов наблюдений за динамикой движения земной коры на ГДП Нурекской ГЭС 2016-2017 гг. (Саидов М.С., Алиев Дж., Кодиров Э.)

№№ п.п.	2016 г. – 1 цикл			2017 г. – 1 цикл			Разность 2016 – 2017 гг. первые циклы			
	Название пунктов	X	Y	H	X	Y	H	X	Y	H
1	CHAS	47375,713	30641,476	1096,419	47375,634	30641,500	1096,455	0,079	-0,024	-0,036
2	JURU	50712,219	31752,268	859,322	50712,168	31752,252	859,300	0,051	0,016	0,022
3	KULS	40992,538	32944,065	1208,398	40992,496	32944,063	1208,421	0,042	0,002	-0,023
4	MIT1	51196,902	31717,081	924,812	51196,876	31717,060	924,823	0,026	0,021	-0,011
5	MIT2	51485,896	32169,289	1278,575	51485,847	32169,289	1278,555	0,049	0,000	0,020
6	MIT3	49754,156	31292,797	940,002	49754,088	31292,710	939,972	0,068	0,087	0,030
7	MOST	49011,235	30965,456	1014,616	49011,177	30965,424	1014,620	0,058	0,032	-0,004
8	PIEZ	46201,771	26874,241	1078,194	46201,748	26874,219	1078,170	0,023	0,022	0,024
9	POST	50268,619	30619,557	789,467	50268,576	30619,571	789,468	0,043	-0,014	-0,001
10	PULS	46884,382	32000,581	1509,003	46884,352	32000,566	1508,994	0,030	0,015	0,009
11	PUSH	31686,395	37167,477	1513,325	31686,331	37167,480	1513,358	0,064	-0,003	-0,033
12	QIZO	45087,620	28899,790	1435,000	45087,620	28899,790	1435,000	0,000	0,000	0,000
13	RAZV	51646,425	29445,096	790,404	51646,405	29445,074	790,394	0,020	0,022	0,010
14	SENT	49173,899	29836,320	1178,213	49173,837	29836,306	1178,229	0,062	0,014	-0,016
15	SOFB	48039,362	28894,466	1263,391	48039,304	28894,441	1263,398	0,058	0,025	-0,007
16	ZARD	41565,201	36240,970	1447,453	41565,169	36240,945	1447,454	0,032	0,025	-0,001

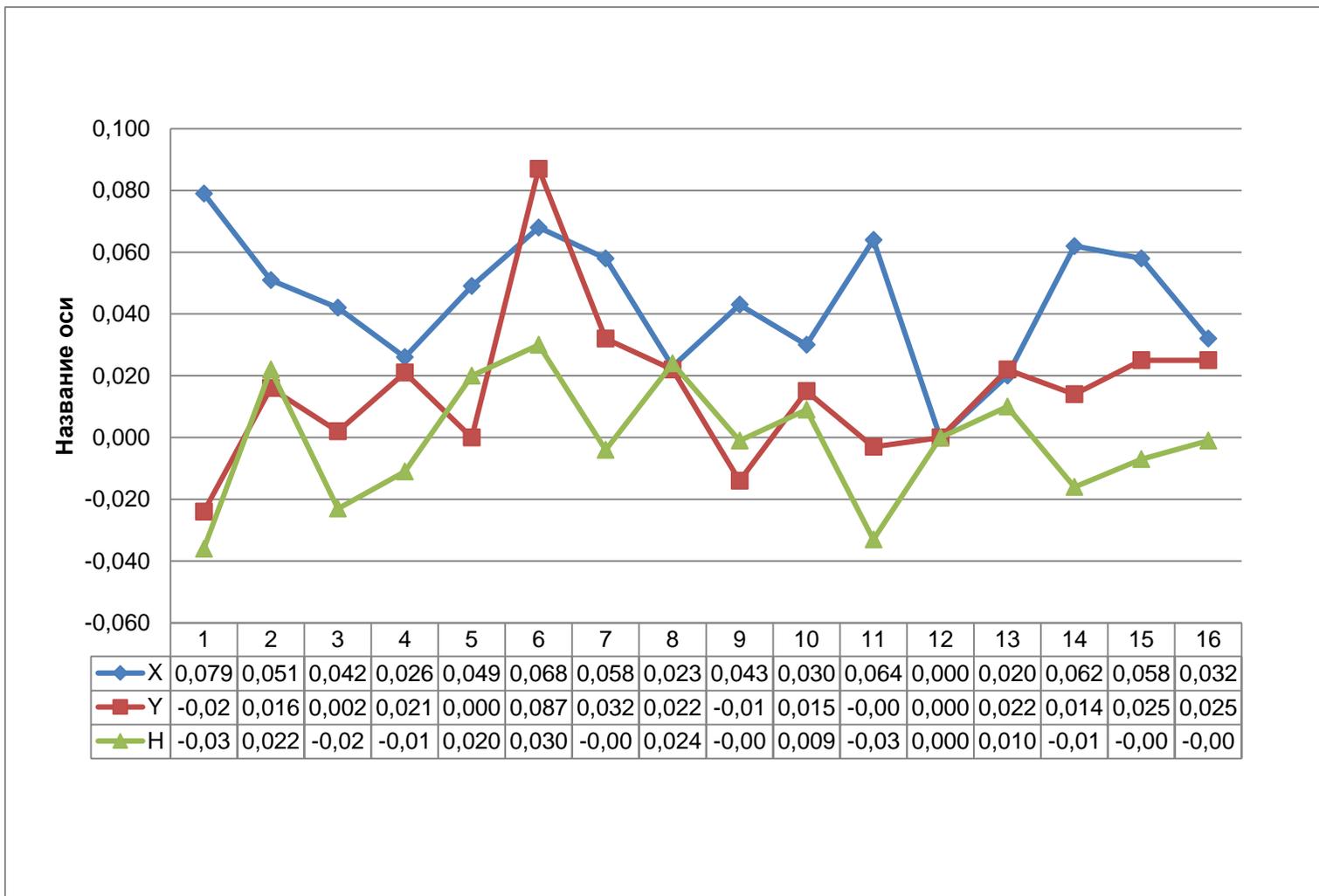


Рисунок 3.3.2.5. Диаграмма разности координат и высот пунктов наблюдений за динамикой движения земной коры на ГДП Нурекской ГЭС 2016-2017 гг. (Саидов М.С., Алиев Дж., Кодиров Э.)

Таблица 3.3.2.5 – Направленность векторов смещения пунктов триангуляции (Саидов М.С., Алив Дж)

Наименование пунктов	2010-2015 годы															
	1 цикл 2010 1 цикл 2011		1 цикл 2011 1 цикл 2012		1 цикл 2012 1 цикл 2013		1 цикл 2013 1 цикл 2014		1-2 циклы 2014		1 цикл 2014 1 цикл 2015		2 цикл 2014 2 цикл 2015		1 цикл 2015 2 цикл 2015	
	S	H	S	H	S	H	S	H	S	H	S	H	S	H	S	H
<b>НИЖНИЙ БЬЕФ</b>																
Развалина	В	+	З	-	З	+	З	-	З	-	В	-	З	+	З	+
МИТ-1	З	+	В	-	З	+	З	-	З	-	З	-	В	+	З	-
МИТ-2	В	+	З	+	З	+	З	-	З	-	В	+	В	+	З	-
МИТ-3	З	+	В	-	З	+	З	+	З	-	З	-	В	+	В	+
Джурудж	З	+	В	-	З	+	В	-	З	-	З	-	В	+	В	-
Пост									З	-	З	-	В	+	В	-
<b>ПЛОТИНА</b>																
Центральная	В	-	З	+	З	+	З	+	З	-	В	-	В	+	В	-
Мост	З	+	В	-	З	+	В	-	В	-	З	-	З	+	З	-
<b>ВЕРХНИЙ БЬЕФ</b>																
Сафбора	В	-	З	+	З	+	З	+	З	-	З	-	В	+	З	+
Пиёздара	З	+	В	-	З	+	В	+	В	-	В	-	З	+	З	+
Чашма	З	+	В	-	З	+	В	+	В	+	В	-	З	+	В	+
<b>ЮЖНЫЙ БЕРЕГ ВОДОХРАНИЛИЩА</b>																
Зардолу					З	+	З	+	З	+	З	-	В	-	В	-
Кулисуфиен					В	+	З	+	З	+	З	-	В	-	В	-
Пушинг															В	-

S – Смещение по горизонтали: В-восток; З-запад.

H – Смещение по вертикали: + поднятие; - опускание

Продолжение таблицы 3.3.2.5

	2016-2017 годы																	
	1 цикл 2015		1 цикл 2016		2 цикл 2015 2 цикл 2016		1-2 циклы 2016		1 цикл 2016 1 цикл 2017		2 цикл 2016 2 цикл 2017		1-2 циклы 2017		1 цикл 2017 1 цикл 2018		2 цикл 2017 2 цикл 2018	
	S	H	S	H	S	H	S	H	S	H	S	H	S	H	S	H	S	H
	<b>НИЖНИЙ БЬЕФ</b>																	
Развалина	3	-	3	-	В	+	В	+	В	-	В	-						
МИТ-1	3	-	3	-	В	+	В	+	3	-	В	-						
МИТ-2	3	-	3	+	В	+	В	+	В	-	В	-						
МИТ-3	3	-	В	+	В	+	В	+	3	-	3	-						
Джурудж	3	-	3	+	В	+	В	+	3	+	В	-						
Пост	3	-	3	+	В	+	3	+	3	-	3	-						
	<b>ПЛОТИНА</b>																	
Центральная	3	-	В	-	В	+	В	+	В	-	В	-						
Мост	3	-	3	+	В	+	В	+	В	-	3	-						
	<b>ВЕРХНИЙ БЬЕФ</b>																	
Сафбора	В	-	3	-	В	+	В	+	В	-	3	-						
Пиёздара	3	+	3	-	В	-	В	+	В	+	3	-						
Чашма	3	-	3	-	В	+	3	+	3	+	3	-						
Пулисангин	3	0	3	-	В	+	В	+	В	-	3	-						
	<b>ЮЖНЫЙ БЕРЕГ ВОДОХРАНИЛИЩА</b>																	
Зардолу	3	+	В	-	В	+	В	+	В	-	3	-						
Кулисуфиен	3	0	3	+	В	+	В	+	В	+	В	-						
Пушинг	3	-	3	+	В	+	3	+	В	-	В	-						

### **3.4. Результаты натурных наблюдений за деформациями основных инженерных сооружений Нурекской ГЭС**

**3.4.1. Плотина – Сейсмопояс.** Результаты натурных наблюдений за сейсмическим поясом [113] приведены в таблице 3.4.1.1. Данные таблицы показывают, что подвижки на всех наблюдаемых марках сейсмопояса увеличиваются и их величины характеризуется следующими показателями: I цикл – при отметке уровня воды 861,27м подвижки наблюдаемых марок колеблются от –5,0 мм до -19,0мм; II цикл - при отметке уровня воды 883,15м подвижки наблюдаемых марок колеблются от +1,0мм до +3,0мм; III цикл - при отметке уровня воды 906,13м подвижки наблюдаемых марок колеблются от +1,0мм до +8,0мм; IV цикл - при отметке уровня воды 900,48 м подвижки наблюдаемых марок колеблются от – 00 мм до -5,0 мм. Максимальная величина деформации с начала наблюдений со стороны верхнего бьефа достигла в центральной части объекта М 6а – 918мм и М 7а -919мм, со стороны нижнего бьефа М 16а – 749мм и М 17а – 761мм.

Сейсмопояс и галереи расположены в верхней части плотины, по результатам наблюдений марки находящиеся на этих участках имеют идентичные подвижки. Наиболее подвижным участком является средняя часть указанных объектов. Величина подвижек на этом участке составляет в пределах от 0,0 мм до –5,0 мм. На правобережном и левобережном участках наблюдаемые марки имеют меньшую подвижку. Результаты выполненных наблюдений за истекший год показывает, что деформации наблюдаемых марок не стабилизировались. Во время набора воды в водохранилище наблюдаемые марки поднимаются, т.е. величина подвижек имеют положительный знак, на примере подвижек за III цикл, а в период использования воды и уменьшения отметки уровня воды, в водохранилище наблюдаемые марки постепенно оседают. Величины подъема наблюдаемых марок в период полного набора воды составляют от +8,0 мм до +10,0 мм, а при уменьшении уровня воды величины осадки наблюдаемых марок в течении года составляют от –8,0мм до –10,0 мм.

Таблица 3.4.1.1 - Величина осадок наблюдаемых марок сейсмопояса (М.С. Саидов, Ю.Н. Пильгуй)

№№ марок	Отметка исходного цикла	Осадки, мм							
		I цикл - февраль 2019 115-исходный	II цикл - июнь 2019 116-исходный	III цикл - сентябрь 2019 117-исходный	IV цикл - ноябрь 2019 118-исходный	I цикл - март 2020 119-исходный	II цикл - июль 2020 120-исходный	III цикл - август 2020 121-исходный	IV цикл - декабрь 2020 122-исходный
1a	615,670	-487	-489	-480	-481	-494	-492	-487	-489
2a	915,474	-601	-604	-594	-595	-610	-609	-603	-605
3a	915,405	-725	-729	-717	-721	-736	-734	-727	-730
4a	915,378	-778	-783	-771	-775	-791	-789	-782	-785
5a	915,352	-833	-838	-826	-830	-847	-845	-837	-841
6a	915,334	-910	-914	-902	-906	-924	-922	-914	-918
7a	915,271	-911	-915	-903	-906	-925	-923	-915	-919
8a	915,247	-885	-889	-878	-881	-900	-897	-889	-894
9a	915,375	-860	-864	-852	-855	-871	-870	-863	-866
10a	915,354	-780	-783	-771	-775	-791	-789	-783	-786
11a	915,496	-634	-636	-626	-629	-644	-641	-635	-639
12б	915,502	-469	-470	-466	-468	-474	-474	-472	-472
13б	915,369	-639	-642	-637	-638	-647	-647	-644	-644
15a	915,536	-700	-704	-699	-701	-711	-711	-706	-708
16a	915,547	-740	-745	-740	-742	-752	-751	-747	-749
17a	915,777	-752	-756	-752	-753	-764	-763	-759	-761
18a	915,467	-730	-736	-732	-733	-744	-743	-739	-741
19a	915,393	-687	-690	-685	-687	-698	-697	-693	-695
20a	915,575	-626	-629	-625	-626	-636	-635	-631	-633
21a	915,612	-546	-549	-546	-547	-555	-554	-552	-552
22б	915,752	-464	-467	-464	-466	-472	-471	-470	-470
22в	915,737	-369	-372	-371	-371	-376	-375	-374	-374

Примечание: дата исходного цикла февраль 1983 г.

### 3.4.2. Наблюдения на створах плотины - высотные наблюдения.

Высоты пунктов створов плотины определялись нивелированием III класса по 32 наблюдаемым маркам [114]. Исходными для наблюдения служили репера высотной опорной сети. Средняя погрешность наиболее слабо определяемой высоты исходного репера за один промежуток измерения (за один цикл) равна  $\pm 0,32$  мм. Величины подвижек наблюдаемых пунктов и марок створов I-V приведены в таблицах 3.4.2.1 - 3.4.2.5. В сравнение между последним циклом наблюдения и исходной величины подвижки наблюдаемых марок и пунктов створов плотины в первом цикле при уровне воды в водохранилище 864,94 м колеблется в следующих пределах: Створ I от - 318 мм (I-9) до - 810 мм (I-5), Створ II от -139 мм (II-0) до - 521 мм (II-5), Створ III от -184 мм (III-7) до - 273 мм (III-5), Створ IV от -65 мм (IV-3) до -174 мм (IV-5), Створ V от - 90 мм (V-4) до -141 мм (V-5).

За наблюдаемый период произошли следующие изменения наблюдаемых марок на створах плотины:

- I цикл – при отметке уровня воды равной 864,94 м величины деформации наблюдаемых марок колеблется: I створ от - 4,0 мм до – 13,0 мм; II створ от 0 мм до +1,0 мм; III створ от 0 мм до -1,0 мм; IV створ от 0 мм до - 2,0 мм; V створ от 0 мм до 0 мм.
- II цикл – при отметке уровня воды равной 883,15 м величины деформации наблюдаемых марок колеблется: I створ от 0 мм до +1,0 мм; II створ от -1,0 мм до -4,0 мм; III створ от -1,0 мм до +1,0 мм; IV створ от +1,0 мм до +3,0 мм; V створ от 0 мм до -1,0 мм.
- III цикл – при отметке уровня воды равной 905,73 м величины деформации наблюдаемых марок колеблется: I створ от 0 мм до +5,0 мм; II створ от -1,0 мм до +1,0 мм; III створ от -1,0 мм до +1,0 мм; IV створ от -1,0 мм до +1,0 мм; V створ от 0 мм до -1,0 мм.
- IV цикл – при отметке уровня воды равной 901,62 м величины деформации наблюдаемых марок колеблется: I створ от 0,0 мм до - 2,0

мм; II створ от 0,0 мм до - 2,0 мм; III створ от -1,0 мм до -2,0 мм; IV створ от -1,0 мм до + 1,0 мм; V створ от 0,0 мм до - 2,0мм;

Деформация наблюдаемых марок в четвертом цикле при отметке уровня воды равной 901,62 м по створам характеризуется следующими данными: I створ от 0 мм (M3,M7 и M9) до - 2,0 мм (M2 и M4); II створ от 0 мм (II-0,M2) до -2 ,0 мм (M7); III створ от -1,0 мм (M7) до -2,0 мм (III-3); IV створ от 0 мм (M7) до - 2,0 мм (M4 и M5); V створ от 0 мм (M 6) до - 2,0мм (V-4 и M 5).

Таблица 3.4.2.1 - Величина деформации наблюдаемых марок плотины, I створ сейсмопояса (дата исходныйодного цикла февраль 1983 г.) (М.С. Саидов, Ю.Н. Пильгуй, Кодиров Э.)

№№ марок	Отметка исходного цикла	Осадки, мм							
		I цикл - февраль 2019 113-исходный	II цикл - июнь 2019 114-исходный	III цикл - сентябрь 2019 115-исходный	IV цикл - ноябрь 2019 116-исходный	I цикл - март 2020 117-исходный	II цикл - июль 2020 118-исходный	III цикл - август 2020 119-исходный	IV цикл - ноябрь 2020 120-исходный
I-0	921,703	-359	-360	-355	-357	-363	-362	-360	-361
1	922,430	-515	-517	-510	-512	-522	-521	-517	-518
2	922,800	-638	-640	-632	-634	-646	-645	-640	-642
3	922,860	-736	-740	-731	-734	-746	-746	-741	-741
4	922,869	-787	-792	-782	-786	-798	-797	-793	-795
5	922,863	-803	-808	-799	-801	-814	-814	-809	-810
6	922,846	-759	-764	-754	-757	-769	-769	-765	-766
7	922,328	-657	-662	-653	-655	-666	-666	-662	-662
8	921,601	-499	-502	-494	-497	-506	-505	-502	-503
9	920,786	-315	-317	-313	-315	-319	-318	-318	-318
ЛБ-1	936,763	-	-	-35	-	-	-	-	-
ПБ-1	929,179	-	-	-25	-	-	-	-	-

Примечание: дата исходныйодного цикла марок I-0; 1-9 - февраль 1983 г, ЛБ-1 - декабрь 1984; ПБ-1 - январь 1984.

Таблица 3.4.2.2 - Величина осадок контрольных марок плотины II створ (М.С. Саидов, Ю.Н. Пильгуй, Кодиров Э.)

№№ марок	Отметка исходного цикла	Осадки, мм							
		I цикл - февраль 2019	II цикл - июнь 2019 114-исходный	III цикл - сентябрь 2019 115-исходный	IV цикл - ноябрь 2019	I цикл - март 2020 117-исходный	II цикл - июль 2020 118-исходный	III цикл - август 2020	IV цикл - ноябрь 2020
II-0	864,543	-137	-138	-138	-139	-138	-139	-139	-139
1	864,365	-245	-246	-246	-247	-246	-249	-249	-249
2	864,920	-344	-345	-345	-347	-346	-349	-349	-350
3	864,828	-444	-445	-446	-447	-446	-450	-450	-451
4	864,816	-494	-495	-496	-498	-497	-500	-500	-501
5	864,286	-513	-514	-515	-517	-516	-519	-520	-521
6	864,296	-456	-458	-459	-460	-459	-463	-462	-464
7	864,702	-358	-358	-	-362	-	-	-	-
8	864,150	-227	-228	-228	-229	-229	-230	-230	-231
ЛБ-II	889,236	-	-	-22	-	-	-	-	-
ПБ-II	870,844	-	-	новая	-	-	-	-	-

Примечание: дата исходныйодного цикла марок II-0; 1-8 - июнь 1983 г, ЛБ- I - декабрь 1984; ПБ- II - январь 1984.

Таблица 3.4.2.3 - Величина осадок контрольных марок плотины - III створ (М.С. Саидов, Ю.Н. Пильгуй, Кодиров Э.)

№№ марок	Отметка исходного цикла	Осадки, мм							
		I цикл - февраль 2019	II цикл - июнь 2019	III цикл - сент. 2019	IV цикл - ноябрь 2019	I цикл - март 2020 117-исходный	II цикл - июль 2020	III цикл - август 2020	IV цикл - ноябрь 2020
III-3	813,697	-220	-220	-222	-223	-223	-222	-223	-225
5	813,052	-268	-269	-270	-270	-271	-271	-272	-273
7	813,454	-181	-182	-181	-183	-183	-184	-183	-184
ЛБ-III	892,298	-	-	-29	-	-	-	-	-
ПБ-III	829,079	-	-	новая	-	-	-	-	-

Примечание: дата исходныйодного цикла марок III-3; 5, 7 - июнь 1983, ЛБ - III - апрель 1984; ПБ - III - май 1984.

Таблица 3.4.2.4 - Величина осадок контрольных марок плотины - IV створ (М.С. Саидов, Ю.Н. Пильгуй, Кодиров Э.)

№№ марок	Отметка исходного цикла	Осадки, мм							
		I цикл - февраль 2019	II цикл - июнь 2019 114-исходный	III цикл - сентябрь 2019	IV цикл - ноябрь 2019	I цикл - февраль 2020	II цикл - июль 2020 118-исходный	III цикл - август 2020	IV цикл - ноябрь 2020
IV-3	767,568	-63	-64	-64	-64	-66	-63	-64	-65
4	767,371	-134	-135	-135	-135	-137	-135	-135	-137
5	767,554	-170	-170	-170	-171	-173	-172	-172	-174
6	767,670	-151	-152	-151	-154	-154	-153	-152	-154
7	767,704	-103	-103	-103	-105	-105	-104	-104	-104
ЛБ-IV	778,647	-	-	-15	-	-	-	-	-
ПБ-IV	768,918	-	-	-26	-	-	-	-	-

Примечание: дата исходныйодного цикла марок IV-3; 4-7- июнь1983, ЛБ - IV - апрель 1984; ПБ - IV - апрель 1984.

Таблица 3.4.2.5 - Величина осадок контрольных марок плотины V створ (М.С. Саидов, Ю.Н. Пильгуй, Кодиров Э.)

№№ марок	Отметка исходного цикла	Осадки, мм							
		I цикл - февраль 2019	II цикл - июнь 2019	III цикл - сентябрь 2019	IV цикл - ноябрь 2019	I цикл - февраль 2020	II цикл - июль 2020	III цикл - август 2020	IV цикл - ноябрь 2020
V-4	720,133	-87	-88	-87	-88	-88	-88	-89	-90
5	719,854	-137	-137	-138	-138	-138	-139	-140	-141
6	720,034	-95	-95	-95	-95	-95	-96	-96	-96
ЛБ-V	747,476	-	-	-27	-	-	-	-	-
ПБ-V	753,097	-	-	-19	-	-	-	-	-

Примечание: дата исходныйодного цикла марок IV-3; 4-7- июнь1983, ЛБ - V - апрель 1984; ПБ - V - апрель 1984.

**3.4.3. Плотина – плановые наблюдения.** Горизонтальные смещения контрольных пунктов плотины определялись методом створов по 30 створным знакам, путем измерения малых углов [49]. Углы на опорных пунктах створов измерялись теодолитом Т-2 четырьмя приёмами. Длины линии измерялись светодальномером «Блеск». Предельная погрешность определения смещения равна  $\pm 2,4$  мм. За отчетный период выполнено 4 цикла плановых наблюдений по створам I, II, III, IV и V. Результаты измерений на створах приведены в таблицах 3.4.3.1 - 3.4.3.5.

Анализируя данные таблицы 3.4.3.1 - 3.4.3.5 (створные наблюдения), следует отмечать, что смещения пунктов в целом незначительные. Максимальная величина смещения пунктов створа I в сторону верхнего бьефа составляет -75 мм (I-8). Смещения пункта I-0 в сторону нижнего бьефа достигла +5 мм. Необходимо отметить, что в связи с разрушением пункта ПБ-II в 2013 году исходные данные смещение наблюдаемых марок этого створа изменены, поэтому величины смещения указанного створа отличается от величин наблюдения предыдущих лет. Идентично надо указать на то, что в связи с разрушением пункта ПБ III в 2014 году исходные данные смещение наблюдаемых марок этого створа изменены, поэтому величины смещения указанного створа отличается от величин наблюдения предыдущих лет. За отчетный период произошли следующие изменения в наблюдаемых участках:

I цикл - при отметке уровня воды равной 870, 52 м величина смещения наблюдаемых марок колеблется: I створ от -13, 0 мм до +6, 0 мм; II створ от -17, 0 мм до +1, 0 мм; III створ от 0 мм до -10, 0 мм; IV створ от 0 мм до -6, 0 мм; V створ от 0 мм до 2, 0 мм.

II цикл - при отметке уровня воды равной 879, 13 м величина смещения наблюдаемых марок колеблется: I створ от -23, 0 мм до +3, 0 мм; II створ от -3, 0 мм до +7, 0 мм; III створ от 0 мм до +1, 0 мм; IV створ от -4, 0 мм до -9, 0 мм; V створ от +3, 0 мм до +4, 0 мм.

III цикл - при отметке уровня воды равной 910, 74 м величина смещения наблюдаемых марок колеблется: I створ от +12, 0 мм до +34, 0 мм; II створ от

+3, 0 мм до +13, 0 мм; III створ от -19, 0 мм до +11, 0 мм; IV створ от +5, 0 мм до +9, 0 мм; V створ от -2, 0 мм до +2, 0 мм.

IV цикл - при отметке уровня воды равной 904, 11 м величина смещения наблюдаемых марок колеблется: I створ от 0, 0 мм до -11, 0 мм; II створ от -6, 0 мм до +3, 0 мм; III створ от -5, 0 мм до +26, 0 мм; IV створ от +1, 0 мм до +3, 0 мм; V створ от 0, 0 мм до +4, 0 мм.

Максимальные значения смещения пунктов створов I, II, III, IV и V происходит в сторону нижнего бьефа, результат сравнения последнего цикла по отношению к исходному циклу (1984 г.) наблюдения выглядят следующим образом: створ I +19 мм (I-0); створ II +79 мм (II-0); створ III +18 мм (III-3); створ IV +16 мм (IV-3); створ V +42 мм (V-4).

Таблица 3.4.3.1 - Величины смещений контрольных марок плотины - I створ «+» - в сторону нижнего бьефа, «-» - в сторону верхнего бьефа.

№№ марок	Отметка исходного цикла	Смещение, мм							
		I цикл - февраль 2019 110-исходный	II цикл - июнь 2019 111-исходный	III цикл - сентябрь 2019 112-исходный	IV цикл - ноябрь 2019 113-исходный	I цикл - февраль 2020 114-исходный	II цикл - июль 2020 115-исходный	III цикл - сентябрь 2020 116-исходный	IV цикл - ноябрь 2020 117-исходный
I-0	+14,193	+16	+4	-5	-2	+4	+7	+20	+19
1	+11,322	-15	-16	-20	-10	-11	-14	+11	+5
2	+9,186	-34	-45	-56	-22	-34	-48	-16	-22
3	+7,936	-27	-33	-39	-20	-32	-47	-15	-20
4	+7,130	-50	-57	-56	-24	-35	-56	-22	-33
5	+7,093	-43	-41	-27	-11	-18	-41	-8	-13
6	+7,783	-43	-52	-59	-35	-46	-64	-32	-35
7	+9,066	-65	-78	-94	-53	-66	-81	-54	-54
8	+10,894	-91	-94	-92	-70	-82	-94	-72	-75
9	+13,542	-4	-13	-22	-14	-8	-14	-2	-5

Примечание: дата исходныйодного цикла марок I-0; 1-9 - апрель 1984.

Таблица 3.4.3.2 - Величины смещений контрольных марок плотины II створ «+» - в сторону нижнего бьефа, «-» - в сторону верхнего бьефа (М.С. Саидов, Ю.Н. Пильгуй, Кодиров Э.)

№№ марок	Отметка исходного цикла	Смещение, мм							
		I цикл - февраль 2019 110-исходный	II цикл - июнь 2019 111-исходный	III цикл - сентябрь 2019 112-исходный	IV цикл - ноябрь 2019 113-исходный	I цикл - февраль 2020 114-исходный	II цикл - июль 2020 115-исходный	III цикл - август 2020 116-исходный	IV цикл - ноябрь 2020 117-исходный
II-0	+2,765	+64	+54	+59	+58	+59	+56	+59	+62
1	+0,980	+63	+55	+65	+65	+59	+59	+67	+67
2	-0,682	+53	+48	+60	+56	+51	+54	+59	+56
3	-1,592	+56	+52	+61	+61	+54	+54	+63	+63
4	-1,609	+36	+35	+46	+50	+33	+39	+50	+45
5	-0,760	+32	+35	+33	+41	+27	+31	+44	+38
6	+0,019	+34	+38	+45	+45	+29	+36	+47	+41
7	-0,148	+55	+57	+59	+63	+55	+55	+68	+62
8	+4,220	+73	+80	+75	+75	+72	+79	+82	+79

Примечание: дата исходного цикла марок II-0; 1-8 - апрель 1984.

Таблица 3.4.3.3 - Величины смещений контрольных марок плотины III створ «+» - в сторону нижнего бьефа, «-» - в сторону верхнего бьефа (М.С. Саидов, Ю.Н. Пильгуй, Кодиров Э.)

№№ марок	Отметка исходного цикла	Смещение, мм							
		I цикл - февраль 2019 110-исходный	II цикл - июнь 2019 111-исходный	III цикл - сентябрь 2019 112-исходный	IV цикл - ноябрь 2019 113-исходный	I цикл - февраль 2020 114-исходный	II цикл - июль 2020 115-исходный	III цикл - август 2020 116-исходный	IV цикл - ноябрь 2020 117-исходный
III-3	+0,280	+17	+15	+27	+20	+10	+11	-8	+18
5	-0,176	+23	+8	+3	+7	+6	+7	+18	+21
7	+0,399	+6	+1	+6	+4	+4	+4	-5	-10

Примечание: дата исходного цикла марок III-3; 5-7 - сентябрь 1985.

Таблица 3.4.3.4 - Величины смещений контрольных марок плотины IV створ «+» - в сторону нижнего бьефа, «-» - в сторону верхнего бьефа (М.С. Саидов, Ю.Н. Пильгуй, Кодиров Э.)

№№ марок	Отметка исходного цикла	Смещение, мм							
		I цикл - февраль 2019 110-исходный	II цикл - июнь 2019 111-исходный	III цикл - сентябрь 2019 112-исходный	IV цикл - ноябрь 2019 113-исходный	I цикл - февраль 2020 114-исходный	II цикл - июль 2020 115-исходный	III цикл - август 2020 116-исходный	IV цикл - ноябрь 2020 117-исходный
IV-3	+1,099	+16	+16	+15	+17	+11	+7	+14	+16
4	+0,018	+58	+58	+59	+56	+56	+52	+57	+60
5	-0,980	+60	+59	+58	+64	+58	+52	+58	+61
6	-0,975	+49	+47	+46	+52	+47	+38	+47	+49
7	+1,399	+34	+31	+31	+33	+31	+26	+33	+34

Примечание: дата исходныйодного цикла марок IV-3; 4-7 - декабрь 1984.

Таблица 3.4.3.5 - Величины смещений контрольных марок плотины V створ (створные наблюдения) «+» - в сторону нижнего бьефа, «-» - в сторону верхнего бьефа (М.С. Саидов, Ю.Н. Пильгуй, Кодиров Э.)

№№ марок	Отметка исходного цикла	Смещение, мм							
		I цикл - февраль 2019 110-исходный	II цикл - июнь 2019 111-исходный	III цикл - сентябрь 2019 112-исходный	IV цикл - ноябрь 2019 113-исходный	I цикл - февраль 2020 114-исходный	II цикл - июль 2020 115-исходный	III цикл - август 2020 116-исходный	IV цикл - ноябрь 2020 117-исходный
V-4	-0,303	+43	+39	+41	+37	+37	+40	+38	+42
5	-0,882	+45	+39	+43	+38	+38	+42	+44	+45
6	+0,177	+37	+31	+34	+31	+31	+34	+35	+35

Примечание: дата исходныйодного цикла марок V-4; 5-6 - декабрь 1984.

### **3.4.4. Тектонический разлом на отметке 920, 0 м.**

**3.4.4.1. Высотные наблюдения (нивелирование).** Высотные наблюдения за склоном на отметке 920, 0 м велось гидротехническим нивелированием I класса по шести осадочным маркам [114]. Исходным высотным основанием для выполнения полевых работ служил репер 324, высота, которой определен нивелированием I класса высотной опорной сети. Средняя погрешность высоты исходного репера за один промежуток времени измерения (за один цикл) равна  $\pm 0,20$  мм. Средняя погрешность осадки пунктов за один промежуток времени измерения (за один цикл) равна  $\pm 0,50$  мм [114].

Результаты наблюдений за подвижками наблюдаемых марок приведены в таблице 3.4.4.1.1. Из анализа данных таблицы следует, что за период, апрель-май 1974 и 1980 гг. по сравнению к исходный одному циклу (2019-2020 гг.) зафиксировано увеличение деформации тектонического поперечника на отметке 920,0 м, и это значение составляет величину -195,8 мм (м 360а) и -267,1 мм (м 358а), а остальные пункты, находящиеся на территории указанного объекта претерпели незначительные изменения, величина их подвижек составляет от -17,4 мм (м 361б) до -21,2 мм (м 362). Среднегодовая величина деформации наблюдаемых марок колеблется от -1,1 мм (м 362) до +5,9 мм (м 360а).

За наблюдаемый период на участке тектонического разлома на отметке 920,0 произошли следующие изменения: I цикл – при отметки уровня воды равной 873,51м величина подвижки наблюдаемых марок колеблется в пределах от -0,6 мм до -3,7 мм; II цикл – при отметки уровня воды равной 880,20м величина подвижки наблюдаемых марок колеблется в пределах от -0,1 мм до -7,7 мм; III цикл – при отметки уровня воды равной 909,80м величина подвижки наблюдаемых марок колеблется в пределах от +1,7 мм до 1,9 мм; IV цикл – при отметки уровня воды равной 898,13м величина подвижки наблюдаемых марок колеблется в пределах от -1,1 мм до +5,9 мм;

Ниже приведены геометрическая схема расположения наблюдаемых марок горного склона и график деформации этих марок (рис. 3.4.4.1.1).

Таблица 3.4.4.1.1 - Величина осадок контрольных марок горного склона на отметке 920, 0 м (измерение высот) (М.С. Саидов, Кодиров Э.)

№№ марок	Отметка исходного цикла	Осадки, мм						
		I цикл - июль 2019 121-исходный	II цикл - сентябрь 2019 122-исходный	III цикл - ноябрь 2019 123-исходный	I цикл - февраль 2020 124-исходный	II цикл - июль 2020 125-исходный	III цикл - сентябрь 2020 126-исходный	IV цикл - ноябрь 2020 127-исходный
362	921,833	-22,9	-19,5	-19,6	-21,2	-21,8	-20,1	-21,2
361б	921,761	-19,3	-15,3	-16,2	-17,2	-18,5	-16,6	-17,4
359б	921,632	-24,2	-20,7	-20,3	-23,1	-23,2	-21,3	-
357	921,315	-20,4	-16,9	-17,9	-18,5	-19,2	-17,4	-
358а	921,337	-258,8	-255,5	-256,4	-260,1	-267,8	-266,0	-267,1
360а	921,679	-198,7	-195,5	-195,9	-199,6	-203,5	-201,7	-195,8

Примечание: дата исходного цикла марок 362, 359б – апрель 1984; 361б, 357, 358а, 360а – май 1974.

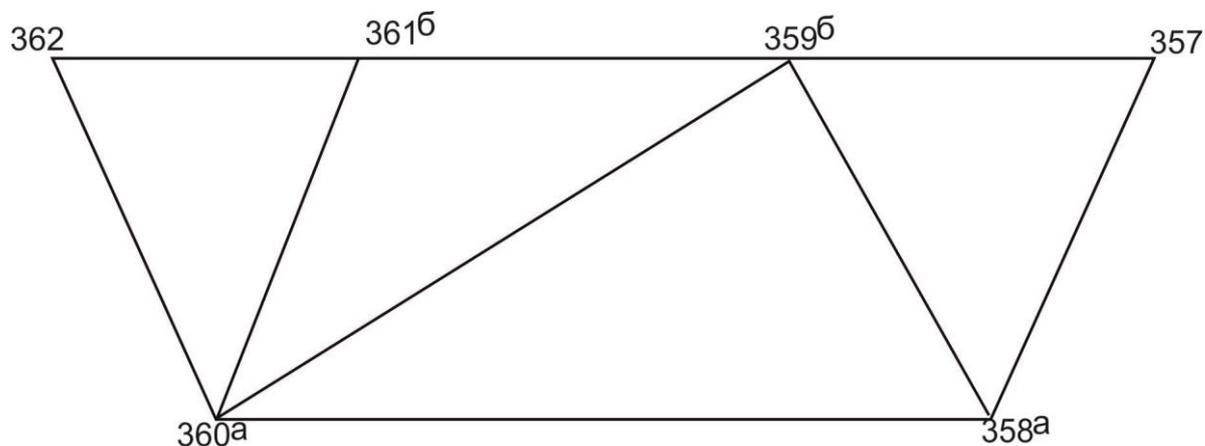


Рисунок 3.4.4.1.1. Схема расположения пунктов в горном склоне на отметке 920,0 м (М.С. Саидов, Ю.Н. Пильгуй, Кодиров Э.)

### **Выводы по главе:**

1. Геологическое строение исследуемой территории достаточно проста, но в то же время трудно предсказуемая из-за слабых физических параметров горных пород.

2. Деформация земной коры в пределах исследуемой территории определяется четырьмя типами деформаций. Первый тип деформаций происходит за более короткий промежуток времени. В этот период происходит поднятие реперов. Второй тип деформаций связан со смещением земной коры с последующим опусканием, это может быть связано как с землетрясением, так и с гравитационными смещениями на горных склонах. Третий тип деформаций происходит в результате активизации тектонических разломов и наконец, четвертый тип деформаций связан техногенной нагрузкой, например заполнение и резкий спуск воды из водохранилища.

## ГЛАВА 4

### НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО РЕКОНСТРУКЦИИ И ДАЛЕЙШЕМУ РАЗВИТИЮ СОВРЕМЕННОЙ ГЕОДЕЗИЧЕСКОЙ СЕТИ ВАХШСКОГО КАСКАДА

*В главе рассматривается концепция (план) реконструкции и развития современной государственной геодезической сети Вахшского каскада ГЭС на реке Вахш, по итогам двух циклов измерений.*

#### **4.1. Методика разработки плана реконструкции и развития современной геодезической сети каскада ГЭС на реке Вахш**

Геолого-геодезический мониторинг на основе применения высокоточных инструментальных GPS - измерений и ГИС - технологий при разработке инженерно-геологических рекомендаций и направлений по защите объектов гидротехнического назначения, является важнейшим компонентом программы «Структура и порядок функционирования Единой государственной системы Республики Таджикистан по предупреждению и ликвидации чрезвычайных ситуаций», утвержденной постановлением Правительства Республики Таджикистан от 31.12. 2014 г. № 833.

В последние годы в Таджикистане было модернизировано (ГЭС Нурек) и построено множество крупных современных промышленных сооружений страны, таких как ГЭС Сангтуда - 1, Сангтуда – 2, Рогун. Совершенно очевидно, что создание искусственных плотин и водохранилищ приводит к нарушению природного равновесия.

На реке Вахш еще в 30-е годы было намечено создание целого каскада гидротехнических сооружений. Часть из них действует. Эти сооружения располагаются в одной из самых сейсмически активных зон Таджикистана. Поэтому при их проектировании особое внимание уделялось вопросам обеспечения сейсмостойкости гидротехнических сооружений. Однако, практически никогда не оценивалась роль вторичных последствий землетрясений, которые происходят при относительно слабых землетрясениях

и могут повлиять на безопасность и нормальное функционирование гидроузлов.

Результаты инструментальных наблюдений о распределении колебательных движений земной коры, характере сейсмичности и геологическом строении этой территории были опубликованы в работах Буланже Ю.Д. [59, 60, 87], Гусевой Т.В. [108, 25, 41], Певнева А.К. [33, 82], С.Ф. Скоболева [81], Лукка А.А и др. [83], С.А. Буланова Е.А., Финько [10], В.П. Лозиева, Ю.Н. Пильгуй [57] и др. [40; 51; 56, 74, 75, 76].

Более подробные сведения, касающиеся результатов позднего периода, приведены в отчетах и статьях по соответствующим объектам [110, 77, 78, 79, 103, 104, 105, 106, 107, 115, 116, 117, 118, 119].

Опыт эксплуатации существующих гидротехнических и других инженерных сооружений в Таджикистане показал, что в результате сложного взаимодействия инженерных сооружений с окружающей природной средой возникают качественно новые процессы и явления, роль которых не была ранее оценена в должной мере. Эти процессы приводят к тому, что большие объемы горных пород становятся гравитационно неустойчивыми, и это может происходить не только во время сильных, но и при слабых сейсмических колебаниях.

Ярким примером такой крайне тяжелой, катастрофической ситуации была активизация Байпазинского оползня, расположенного в нижнем бьефе Байпазинской ГЭС, в 4,5 км вниз по течению от машинного зала электростанции [1]. Байпазинская ГЭС — это вторая по мощности ГЭС в Таджикистане, расположенная на р. Вахш, в 30 км ниже по течению от Нурекской ГЭС. Имеет каменно-набросную плотину высотой 75м, производит 600 тыс. кВт/ч. электроэнергии. При проектировании этой ГЭС, а также нижерасположенной Сангтудинская ГЭС – 1, в зоне влияния водохранилища которой располагается древние Байпазинский оползень, были проведены изыскания [1].

Как показала практика эксплуатации Байпазинской ГЭС, эти изыскания были недостаточными, а потенциальная его опасность была явно недооценена проектировщиками. В мае 1992г. и в марте 2002г. оползень активизировался и частично блокировал русло р. Вахш. В эти периоды активизации создавалась угроза подтопления Байпазинской ГЭС, нарушалась нормальная работа Нурекской ГЭС и всего каскада Вахшских ГЭС. Создавалась тяжелая, критическая ситуация для экономики и экологии не только Юга Таджикистана, но и расположенных ниже по течению регионов [1]. Другим примером недостаточности проведения инженерных изысканий является, деформации компрессорной станции, поверхности территории площадки, фундаментов опор порталов и оборудования ОРУ-500кВ Нурекской ГЭС, чуть не приведших к непредсказуемым последствиям.

Интенсивная активность освоения исследуемой территории бассейна р. Вахш заставляет по-новому рассматривать вопросы оценок сейсмической опасности и сейсмического риска, соляного тектогенеза и техногенной нарушенности природной среды, деформации и разрушения инженерных сооружений и т.д. В связи с этим особую актуальность приобретают природоохранные мероприятия, направленные на прогнозирование и моделирование опасных геологических процессов, как возможных источников острых катастрофических ситуаций, деформации отдельных агрегатов инженерных сооружений гидротехнических сооружений.

Вышесказанное еще раз свидетельствует о целесообразности дальнейшего развития различных направлений геодинамики, среди которых повышенного внимания заслуживает проблема движения земной коры в районах строительства крупных гидротехнических объектах.

Процесс мониторинга за деформациями земной коры, обвальными оползневыми смещениями в районах размещения технических объектов ГЭС, является сложной и проблемной задачей, требующей использование высоких дорогостоящих технологий и больших материальных затрат на проведение исследований. Основным методом исследования современных вертикальных

движений земной коры является нивелирование местности и линейно-угловые измерения. Важной характеристикой нивелирования при геодинимических исследованиях является его качество.

Однако в настоящее время в Таджикистане отсутствует единая система координат между геодинимическими полигонами в пределах, в которых расположены основные гидротехнические сооружения Таджикистана. После 1990 г., когда работы на действующих полигонах были прекращены, было приостановлено выполнение программы «Безопасность населения народно-хозяйственных объектов с учетом риска возникновения техногенных и негативных природных явлений и катастроф», которая в независимости от того включена или нет в перечень приоритетных направлений научных исследований в Республике Таджикистан, всегда будет отвечать интересам национальной, а значит энергетической безопасности Таджикистана.

В связи с ее несовершенством возникла проблема реконструкции и развития современной государственной геодезической сети, которая позволила бы следить за основными тенденциями современных движений земной коры, обвальными-оползновыми и другими видами гравитационных смещений на всей территории Вахшского каскада гидроэлектростанций и в районах размещения их водохранилищ [71, 72].

Важным техническим решением должно стать обследование и восстановление геодезических пунктов Вахшского каскада, закладка новых геодезических сетей, что позволит устранить разрывы в геодезических сетях и стать носителем единой системы координат на территории страны. Это в свою очередь позволит провести региональный мониторинг всего Вахшского каскада за все время существования геодезической службы.

Техническим решением предлагаемого плана реконструкции и развития современной государственной геодезической сети Вахшского каскада, может стать применение новых программных обеспечений: ГИС, переносных навигационных приборов GPS, стационарных высокоточных навигационных приборов GPS и беспилотных летательных аппаратов; получение высокоточных

и достоверных данных; автоматическая обработка данных; определения координатных точек измеряемых объектов (по осям X, Y, Z) спутниковыми системами; исключение человеческого фактора; одновременный охват больших территорий; сокращении времени на проведение полевых работ и количество исполнителей; высокая экономическая эффективность [71, 73].

Основная идея прогноза базируется на геодинамических концепциях тектогенеза и связях параметров геодинамической активности отдельных геологических структур с современным геодинамическим состоянием земной коры в целях выяснение пространственно-временных закономерностей, направленности и скоростей современных деформаций, приповерхностных частей земной коры по результатам многолетних инструментальных измерений и соотношению этих деформаций с геодинамической активностью для обеспечения безопасного функционирования различных отраслей народного хозяйства [71].

В качестве основных объектов исследований в работе выступают гидротехнические сооружения ГЭС: плотины, водохранилища, подстанции и прилегающие к ним массивы горных склонов.

Как показывает практика применения этого подхода на геодинамическом полигоне Нурекская ГЭС, представляется принципиально возможным оценить направленности и скорости современных деформаций земной коры на устойчивость гидротехнических объектов в районе размещения ГЭС в осадочном чехле и фундаменте по комплексу геолого-геодезических и других геолого-геодезических данных.

Для достижения обозначенной цели необходимо решить следующие задачи:

- Разработать концепцию (план) реконструкции и развития современной государственной геодезической сети Вахшского каскада ГЭС на реке Вахш (рис. 4.1.1);



- Подготовить схему планировочной организации создания единой сети геодезических наблюдений на территории Вахшского каскада гидроэлектростанций на р. Вахш (см. рис. 4.1.1);
- Подготовить схему планировочной организации инженерно-геодезических и геологических наблюдений (Сангтудинская ГЭС-2, Сангтудинская ГЭС-1, Байпазинская ГЭС, Нурекская ГЭС, Рогунская ГЭС).
- Провести плановые морфологические и литологические обследования триангуляционных пунктов (Сангтудинская ГЭС-2, Сангтудинская ГЭС-1, Байпазинская ГЭС, Нурекская ГЭС, Рогунская ГЭС).
- Провести анализ вертикальных и плановых деформаций по полученным результатам линейно-угловых измерений и инженерно-геологических исследований и внести их в базу данных.
- Определить характер распределения параметров полей деформаций (гравитационных, вибрационных) в пределах разновозрастных геологических структур и технических объектов.
- Создать картосхемы вертикальных и горизонтальных движений приповерхностных частей земной коры в районах размещения ГЭС и водохранилищ на реке Вахш; карты оценки риска и прогноза природных и техногенных процессов

#### **4.2. Первичная обработка и расчет поля деформаций на объекте «Геодинамика Вахшского Каскада»**

Выше уже говорилось, что наиболее не решенной проблемой остается отсутствие единой сети наблюдений ГДП, что практически делает невозможным охарактеризовать общую картину современных движений в пределах всего Вахшского каскада ГЭС.

Для решения данной проблемы (Саидовым М.С., 2019) была разработана и предложена программа реконструкции геодезических сетей Таджикистана, где основной задачей стояло разработка концепция реконструкции и развития

современной государственной геодезической сети Вахшского каскада ГЭС на реке Вахш (см. рис. 4.1.1). Отток базовых специалистов из Центра в 2020 г., приостановил выполнение проекта в том объеме, в котором он был запланирован. На данный момент выполнено два этапа из пяти запланированных.

В рамках этих двух этапов предусматривалось: подготовить схему планировочной организации инженерно-геодезических и инженерно-геологических наблюдений (Байпазинская ГЭС, Нурекская ГЭС, Рогунская ГЭС, Кайраккумская ГЭС); провести рекогносцировку местности, которая заключалась в проведение планово-морфологических и литологических обследований триангуляционных пунктов (Байпазинская ГЭС, Нурекская ГЭС, Рогунская ГЭС, Кайраккумская ГЭС). Эти задачи были решены в течение 2019-2020 гг. согласно утвержденного плана научных работ.

Такие важные этапы темы как:

- Анализ вертикальных и плановых деформаций по полученным результатам линейно-угловых измерений и инженерно-геологических исследований
- Определение параметров полей деформаций (гравитационных, вибрационных) в пределах разновозрастных геологических структур и технических объектов.
- Изучение основных закономерностей и распространения экзодинамических процессов: обвально-оползневых и других видов гравитационных смещений на горных склонах.
- Создание картосхем вертикальных и горизонтальных движений приповерхностных частей земной коры в районах размещения ГЭС и водохранилищ на реках Вахш и Сырдарья; карт оценки риска и прогноза природных и техногенных процессов
- Подготовка рекомендаций по первоочередным объектам, нуждающихся в проведении дополнительных исследований с целью предупреждения

возникновения катастрофических природных и природно-техногенных ситуаций,

так и не нашли своего решения.

В результате проведения первых двух этапов исследований в рамках озвученной темы были получены для первичной обработки следующие материалы: схема единой геодезической сети Вахшского каскада ГЭС на реке Вахш и ведомости координат нулевого (исходного) и первого циклов измерений. Дальнейший анализ будет построен нами исходя из имеющихся этих двух информаций. Сразу отметим, что имеющийся материал для первичной обработки позволяет составить лишь общее представление о направленности и скорости современных деформаций земной коры на устойчивость гидротехнических объектов в районе размещения ГЭС в пределах Вахшского каскада.

На территории исследуемого района наибольшей сейсмотектонической, а соответственно и гравитационной активностью по данным двух циклов геодезических измерений характеризуется территория Верхне-Вахшского района, северо-восточнее параллели Чорхона-Чинор-Пуштаи мазор. По результатам геодезических измерений территория нами отнесена к высокому и чрезвычайному уровню опасности. К северо-востоку от параллели Чорхона-Чинор-Пуштаи мазор подъем территории по многим пунктам достигает критических значений. Так, например пункт 9558 – приподнялся на 217 мм за два года; пункт 9168 на 227 мм; пункт 0582WGS на 207 мм; пункт Мучихарф на 222 мм и т.д., что свидетельствует о высокой тектонической активности территории.

Наибольшей опасностью характеризуется «среднегорный» участок на восточном склоне хр. Каратегин. Чрезвычайный уровень опасности приурочен исключительно к зоне Гиссаро-Кокшаальского сейсмогенного разлома, который простирается по правому борту Рогунского водохранилища с северо-востока на юго-запад.

Таблица 4.2.1 - Анализ изменения координат и высот пунктов объединенных геодинимических полигонов Вахшского каскада в единую систему (Саидов М.С. и Кодиров Э.Х.)

Пункты	Результаты наблюдений 2019 года			Результаты наблюдений 2017 года			Разница 2019-2017 годов			Движения векторов	
	X	Y	H	X	Y	H	dX	dY	dH	DH	DS
0091-WGS	4307675,753	599324,209	1786,684	4307675,741	599324,077	1786,638	-0,012	-0,132	-0,046	0,140	0,133
0582-WGS	4321789,379	618668,968	1513,094	4321789,359	618668,830	1513,247	-0,020	-0,138	0,153	0,207	0,139
0702-WGS	4294375,146	565939,641	1690,632	4294375,162	565939,578	1690,601	0,016	-0,063	-0,031	0,072	0,065
0712-WGS	4282370,438	566247,030	1368,579	4282370,352	566246,924	1368,506	-0,086	-0,106	-0,073	0,155	0,136
0714	4270003,013	548263,367	2655,570	4270003,022	548263,266	2655,469	0,009	-0,101	-0,101	0,143	0,101
0862-WGS	4261694,812	570533,386	1236,872	4261694,781	570533,266	1236,853	-0,031	-0,120	-0,019	0,125	0,124
0922-WGS	4248509,666	530535,174	789,611	4248509,666	530535,174	789,611	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
0928	4288781,193	574362,891	1383,023	4288781,182	574362,769	1382,990	-0,011	-0,122	-0,033	0,127	0,122
1012-WGS	4233430,238	526099,695	1086,835	4233430,213	526099,648	1086,918	-0,025	-0,047	0,083	0,099	0,053
1649	4284681,588	570516,911	1402,681	4284681,570	570516,793	1402,821	-0,018	-0,118	0,140	0,184	0,119
3668	4279488,913	567918,877	1396,592	4279488,895	567918,768	1396,711	-0,018	-0,109	0,119	0,162	0,110
4074	4301962,194	572762,764	1988,405	4301962,193	572762,608	1988,512	-0,001	-0,156	0,107	0,189	0,156
9168	4314761,441	597113,649	1467,588	4314761,405	597113,467	1467,719	-0,036	-0,182	0,131	0,227	0,186
9209	4302039,500	584853,415	1525,049	4302039,490	584853,262	1525,163	-0,010	-0,153	0,114	0,191	0,153
9226	4320134,214	601332,422	1426,527	4320134,223	601332,307	1426,478	0,009	-0,115	-0,049	0,125	0,115
9491	4297458,767	581849,406	1689,852	4297458,771	581849,288	1689,720	0,004	-0,118	-0,132	0,177	0,118
9558	4293922,397	571034,280	1988,423	4293922,400	571034,118	1988,567	0,003	-0,162	0,144	0,217	0,162

## Продолжение таблицы 4.2.1.

9709	4311730,616	603033,156	1821,459	4311730,589	603033,022	1821,554	-0,027	-0,134	0,095	0,166	0,137
9773	4229456,396	510234,614	649,882	4229456,383	510234,557	649,822	-0,013	-0,057	-0,060	0,084	0,058
КР-5	4278484,296	565785,047	1103,793	4278484,292	565784,936	1103,935	-0,004	-0,111	0,142	0,180	0,111
Арчакутал	4290563,728	565509,391	2246,005	4290563,724	565509,251	2246,091	-0,004	-0,140	0,086	0,164	0,140
Базарак	4285667,809	557128,232	1977,474	4285667,801	557128,083	1977,389	-0,008	-0,149	-0,085	0,172	0,149
Байрақ	4245109,328	523391,699	1718,051	4245109,309	523391,647	1717,983	-0,019	-0,052	-0,068	0,088	0,055
Бойғози	4234429,745	511463,753	1190,515	4234429,717	511463,707	1190,575	-0,028	-0,046	0,060	0,081	0,054
Ғашيون	4272227,922	557408,295	2327,878	4272227,919	557408,154	2327,799	-0,003	-0,141	-0,079	0,162	0,141
Гирдоб	4237860,593	514112,681	1666,180	4237860,565	514112,630	1666,110	-0,028	-0,051	-0,070	0,091	0,058
Зағерти	4195259,766	495891,063	570,326	4195259,750	495891,011	570,312	-0,016	-0,052	-0,014	0,056	0,054
Зардолу	4239806,633	536164,366	1448,389	4239806,597	536164,294	1448,509	-0,036	-0,072	0,120	0,144	0,080
Заркамар	4283027,990	560191,538	1872,811	4283027,999	560191,422	1872,728	0,009	-0,116	-0,083	0,143	0,116
Зеритут	4276602,382	555342,570	2922,278	4276602,373	555342,462	2922,371	-0,009	-0,108	0,093	0,143	0,108
Кабутиён	4306959,743	590002,910	1981,280	4306959,719	590002,730	1981,139	-0,024	-0,180	-0,141	0,230	0,182
Каратау	4216590,738	501347,324	1716,559	4216590,717	501347,273	1716,642	-0,021	-0,051	0,083	0,100	0,055
Қизон	4243327,802	528826,077	1435,752	4243327,774	528826,032	1435,692	-0,028	-0,045	-0,060	0,080	0,053
Қисайгон	4201033,017	502002,608	1163,749	4201032,976	502002,581	1163,767	-0,041	-0,027	0,018	0,052	0,049
Кулисуфиён	4239234,252	532868,737	1209,140	4239234,230	532868,679	1209,081	-0,022	-0,058	-0,059	0,086	0,062
Левобережный	4203068,665	506403,630	737,758	4203068,665	506403,610	737,786	0,000	-0,020	0,028	0,034	0,020

Продолжение таблицы 4.2.1.

Мирзои	4248570,154	514033,128	1752,855	4248570,148	514033,069	1752,735	-0,006	-0,059	-0,120	0,134	0,059
Муълихарф	4302331,515	578254,475	1926,785	4302331,505	578254,318	1926,941	-0,010	-0,157	0,156	0,222	0,157
Паркамчи	4226275,305	530718,567	1229,706	4226275,284	530718,503	1229,719	-0,021	-0,064	0,013	0,069	0,067
Пули санги	4245123,771	531925,706	1509,773	4245123,768	531925,640	1509,700	-0,003	-0,066	-0,073	0,098	0,066
Пушинг	4229931,596	537090,353	1514,184	4229931,570	537090,323	1514,045	-0,026	-0,030	-0,139	0,145	0,040
Пуштамазор	4244870,588	548886,892	2164,321	4244870,575	548886,794	2164,472	-0,013	-0,098	0,151	0,180	0,099
Сайёд	4201238,964	489945,134	526,541	4201238,939	489945,086	526,671	-0,025	-0,048	0,130	0,141	0,054
Санги Муғул	4227905,069	506335,315	1602,566	4227905,074	506335,240	1602,417	0,005	-0,075	-0,149	0,167	0,075
Сангтуда	4207851,347	510253,772	904,491	4207851,295	510253,796	904,360	-0,052	0,024	-0,131	0,143	0,057
Сарсарак	4224388,817	512877,761	1980,061	4224388,802	512877,695	1980,145	-0,015	-0,066	0,084	0,108	0,068
Сурма	4240005,990	519668,826	2127,469	4240006,009	519668,771	2127,475	0,019	-0,055	0,006	0,058	0,058
Табақчи	4192533,703	498452,894	1294,006	4192533,614	498452,855	1294,062	-0,089	-0,039	0,056	0,112	0,097
Тангинамозгоъ	4284927,431	566355,128	1512,986	4284927,407	566354,990	1513,113	-0,024	-0,138	0,127	0,189	0,140
Умарказок	4196440,469	504065,282	810,928	4196440,457	504065,186	810,935	-0,012	-0,096	0,007	0,097	0,097
Часанбулок	4240674,041	509318,770	1573,247	4240674,028	509318,723	1573,303	-0,013	-0,047	0,056	0,074	0,049
Хочаи Нур	4245115,863	541889,569	2179,261	4245115,860	541889,499	2179,305	-0,003	-0,070	0,044	0,083	0,070
Хоъламастон	4203782,741	496937,524	1961,080	4203782,721	496937,467	1961,064	-0,020	-0,057	-0,016	0,062	0,060
Хурусак	4267566,068	543654,711	2670,429	4267566,065	543654,625	2670,339	-0,003	-0,086	-0,090	0,125	0,086
Чашмаи Неъмат	4251972,007	559839,411	1689,573	4251972,039	559839,288	1689,680	0,032	-0,123	0,107	0,166	0,127
Чинор	4253661,800	537080,111	2188,226	4253661,793	537080,032	2188,088	-0,007	-0,079	-0,138	0,159	0,079
Чорхона	4257144,448	524146,309	1632,076	4257144,431	524146,237	1632,155	-0,017	-0,072	0,079	0,108	0,074
Шехр	4303701,408	594870,319	1704,206	4303701,428	594870,178	1704,204	0,020	-0,141	-0,002	0,142	0,142
Шингихо	4242885,321	537552,305	1357,181	4242885,311	537552,254	1357,258	-0,010	-0,051	0,077	0,093	0,052
Юст	4300201,876	590475,760	1607,360	4300201,861	590475,612	1607,267	-0,015	-0,148	-0,093	0,175	0,149

Высокий уровень опасности приурочен к зоне Иляко-Вахшского сейсмогенного разлома (надвига), простирающегося по подножью Вахшского хребта и хребта Петра I (левый борт Рогунского водохранилища).

Относительно высокая геодинамическая активность сохраняется и южнее параллели Чорхона-Чинор-Пуштаи мазор. Здесь геодинамическая активность несколько снижается, но в основном в депрессионных участках. В приводораздельных участках, в зоне разрывных нарушений геодинамическая активность остается еще активной. Помимо сейсмической опасности, здесь наблюдаются оползни и обвалы умеренно опасного уровня, активная овражная и речная эрозии (см. табл. 4.2.1).

#### **Выводы по главе.**

Новая концепция (план) реконструкции и развития современной государственной геодезической сети Вахшского каскада ГЭС на реке Вахш позволит:

- Провести научно обоснованный комплексный анализ и обобщение характеристик существующих геолого-геодезических параметров с сейсмическим режимом ГДП Вахшского каскада гидроэлектростанций, а также изменения этих условий в результате инженерно-хозяйственного воздействия (заполнение водохранилищ, строительства дорог, поселков и городов, промышленных и инженерно-гидротехнических объектов и т.д.).
- На примере геодинамических полигонов доказать возможность структурного районирования по энергии и скоростям деформационных процессов, а между сейсмическими проявлениями и целым рядом тектонических процессов впервые обоснованы корреляционные зависимости.
- На примере геодинамических полигонов определить корреляционную связь взаимного влияния техногенных нагрузок и современных движений приповерхностных частей земной коры, получить данные о влиянии

изменения уровня воды водохранилища на современные движения приповерхностных частей земной коры.

## **ВЫВОДЫ**

1. Наиболее перспективными для изучения напряженного состояния инженерных сооружений и горных пород, образующих склоны, являются численные методы, которые существенно расширяют возможности математического моделирования. Анализ различных численных методов показывает, что каждый из них наиболее эффективно применяется для решения определенного круга задач и имеет свои характеристики точности. [1-А], [2-А], [12-А].

2. Плановые морфологические обследования мест расположения триангуляционных пунктов выявили, что при проведении геодезических работ на начальном этапе не принимались во внимание данные тектоники, сейсмологии и других научных областей. Эти сведения могли бы быть полезны для анализа современных движений земной коры, несмотря на то, что большинство программ уже адаптированы к этим дисциплинам [1-А], [8-А], [10-А].

3. Напряженное состояние массивов горных пород, на поверхности или в недрах которых располагаются ключевые инженерные сооружения гидротехнических объектов Байпазинской и Нурекской ГЭС, определяется сложным взаимодействием множества факторов. Среди них наибольшее значение имеют гравитационное поле Земли и рельеф местности. Основные аспекты формирования напряженного поля включают в себя свойства и условия залегания горных пород, тектонические процессы, сейсмическую активность, гравитационные явления, динамику подземных вод, а также техногенные воздействия, проявляющиеся в таких действиях, как подрезка или планировка склона, проходка подземных горных выработок и других формах изменения природного ландшафта. [2-А], [9-А], [12-А].

4. Изучая результаты произведенных наблюдений за многолетний период, можно утверждать о стабильности инженерных сооружений Байпазинской и Нурекской ГЭС, но полной стабилизации деформаций еще не наступило, поэтому необходимость продолжения наблюдения остается актуальной. [10-А], [8-А], [11-А].

5. Физическую суть полученных некоторых высоких значений современных движений пока трудно объяснить из-за небольшого временного интервала измерений. Для правильной интерпретации наблюдаемых на поверхности современных движений и соответствующих им деформационных процессов необходимо, как минимум провести 10 циклов измерений, по два цикла в год. Высокие показатели некоторых пунктов, превышающие фоновые в несколько раз, трудно вписываются в общее представление о геодинамической активности территории. Необходимо перепроверить полученные данные. Вызывает сомнение также направленность векторов смещений. [3-А], [14-А].

#### **Рекомендации по практическому использованию результатов**

1. Рассмотреть варианты создания единой сети наблюдений за деформациями земной поверхности на базе уже существующих геодезических сетей геодинамических полигонов Вахшского каскада ГЭС в автоматическом режиме.

2. Важным техническим решением концепции должно стать обследование и восстановление геодезических пунктов Вахшского каскада, закладка новых геодезических сетей, что позволит устранить разрывы в геодезических сетях и стать носителем единой системы координат на территории Таджикистана. Это в свою очередь позволит провести региональный мониторинг всего Вахшского каскада за все время существования геодезической службы.

## Литература

1. Арифов Х. О. Монография. Вопросы технико-экономического обеспечения безопасности каскада ГЭС на реке Вахш. Изд. “Дониш”. 2022. – 384 с.
2. Арифов Х.О. Повышение энергоэффективности и безопасности использования водно-энергетических ресурсов Таджикистана. //Научный журнал Наука и инновации. ТНУ.№1.Серия естественные науки.Душанбе «Сино» 2017г. – С.133-140.
3. Арифов Х.О. Комплексные исследования на ОРУ-500 и 220кВ Нурекской ГЭС на этапе эксплуатации для повышения уровня её эксплуатации. Научный журнал. Наука и инновации. ТНУ.№3.Серия геологических и технических наук. Маркази таъбу нашр, баргардон ва тарчума.2018,-С.23-31
4. Арифов Х.О. Проявление тиксотропии при активизации Байпазинского оползня в 2002 году. Материалы научно-практической конференции «Проблемы инженерной геологии, геотектоники Таджикистана и сопредельных территорий», посвящённой 70 летию со дня рождения доктора геолого-минералогических наук, профессора Таджибекова Мадатбека. Душанбе,2019.- С. 202-211
5. Арифов Х.О. Применение результатов натурных испытаний танкерных фундаментов для выбора вантовых подвесок ЛЭП. / Х.О. Арифов, Т.Б. Болтаев // Наука и инновация. Таджикский национальный университет. Серия геологических и технических наук №.2 Душанбе - 2020. - С. 74-82.
6. Бабаев А.М., Ишук А.Р., Негматуллаев С.Х. Сейсмические условия территории Таджикистана. Издание ТГУ. Душанбе. 2005. – 92 с.
7. Белоусов В.В. Основы геотектоники. - М.: Недра, 1975. – 334 с.
8. Буланже Ю.Д. Гусева Т.В., Демьнова Т.Е. Морфология и происхождение Вахшского надвига в Таджикистане по геодезическим и гравиметрическим данным // Изв. АН СССР. Физика Земли. -1979.- №4. - С. 16-24.
9. Буланже Ю.Д., Певнев А.К. Геодезия и прогноз землетрясений //

Современные движения и деформация земной коры на геодинамических полигонах. - М., 1983. - С. 7-10.

10. Буланов С.А., Финько Е.А., Цветков Д.Г. Механизм экзогенного преобразования северного склона хребта Петра Первого (Памиро-Алай) // Геоморфология. – 1985.- № 4. - С. 52-62.

11. Бунэ В.И., Кулагин В.К., Соболева О.В. Сейсмический режим Вахшского района Таджикской ССР. - Душанбе: Изд-во АН ТаджССР, 1965. - 270 с.

12. Бурачек А.Р. Третичные континентальные отложения Юго-Западного Таджикистана //Тр. АН СССР. ТКЭ (1932). -Л., 1934.-Вып. 4: Геология Центрального и Южного Таджикистана. - С.40-60.

13. Бурачек А.Р. Геоморфология Южно-Таджикской депрессии // Тр. АН СССР. ТКЭ (1932). -Л., 1934.-Вып. 4: Геология Центрального и Южного Таджикистана. - С. 61-100.

14. Бурачек А.Р. Золотоносные конгломераты Дарваза // Тр. АН СССР. ТКЭ (1932). -Л., 1934.-Вып. 4: Геология Центрального и Южного Таджикистана. - С.353-366.

15. Бурачек А.Р. Геоморфология Таджикской депрессии // Тр. АН СССР. ТКЭ (1932). -Л., 1934.-Вып. 4: Геология Центрального и Южного Таджикистана. - С. 33-39.

16. Буртман В.С. Таласо-Ферганский сдвиг и сдвиг Сан-Андреас //Тр. ГИН АН СССР. - 1963.- Вып. 80: Разломы и горизонтальные движения земной коры. - С.128-151.

17. Васильев В.А. Стратиграфия четвертичных отложений Таджикистана // Новейший этап геологического развития Таджикистана. – Душанбе: Полиграфкомбинат, 1962. - С. 1-17.

18. Васютинский И.Ю. Гидростатическое нивелирование М. Недра 1976г

19. Виниченко С.М. Палеосейсмодислокации свидетельства древних сильных землетрясений Верхнего Вахша. [Текст]/ С.М. Виниченко // Д., АН Тадж. ССР. -1977. Том XX, № 7. – С.46-49.

20. Вялов О.С. Стратиграфия палеогена Таджикской депрессии. Тр. НИГРИ, серия А, вып. XXIX, 1939.
21. Вялов О.С. О взаимоотношениях Памира и Алая // Изв. АН СССР. Тадж. фил. – 1943. - №2. - С. 19.
22. Геологическая карта СССР. Масштаб 1:200 000, серия Южно-Таджикская, J42-XVI. - 1 л.
23. Геолого-структурная карта Юго-Западного Таджикистана (юго-восточная часть). Масштаб 1:200 000 (лист J-42-XXIII) / Редактор Г.В. Кошлаков. – М. ГУГК СССР. – 1 лист.
24. Геолого–структурные и геодинамические особенности района строительства Сангтудинской ГЭС-1 / [Ю.Н. Пильгуй, М.С. Саидов, М.Ш. Шамсуллоев и др.]. - Исследование природной среды космическими средствами. - 2005.- Вып. 2. - С. 20-28.
25. Геоморфологическая карта Таджикской ССР [В.А. Васильев, С.Б. Ершова, Н.П. Костенко и др.]. - М.: ГУГК, 1964 г. – 1л.
26. Губин И.Е. Геологическая граница между Памиром и Алаем. - М.: Гос. изд-во геол. лит-ры, 1940. - 46 с.
27. Губин И.Е. Гармское землетрясение 1941г. //Изв. АН СССР. Тадж. фил. - 1943.-№2.- С.1-110.
28. Губин И.Е. Тектоника и распределение эпицентров разрушительных землетрясений в Таджикистане // Сообщ. АН СССР. Тадж. фил. - 1947. - Вып. 1.- С. 24-26.
29. Губин И.Е. Землетрясение в Гармской области // Тр. АН СССР. Геофиз. ин-т. – 1949.- № 8 (135). - 96 с.
30. Губин И.Е. Сеймотектонический метод сейсмического районирования // Тр. АН СССР. Геофиз. ин-т. - 1950.- № 13 (140). - 64 с.
31. Губин И.Е. О некоторых вопросах сейсмического районирования // Тр. АН СССР. Геофиз. ин-т. – 1954. - № 25 (152): Проблемы прогноза землетрясений. - С. 36-73.

32. Губин И.Е. Закономерности сейсмических проявлений на территории Таджикистана // Геология и сейсмичность. - М.: Изд-во. АН СССР, 1960. - 464 с.
33. Гусева Т.В., Певнев А.К., Шевченко В.И. Современные движения, тектоника и сейсмичность западной части хребта Петра Первого в Таджикистане // Комплексные геодинамические полигоны. - М.: Наука, 1984.- С. 94-97.
34. Есиков Н.П. Определение деформаций земной поверхности по непосредственно измеренным элементам геодезических сетей // Современные движения и деформации земной коры на геодезических полигонах: Сб.ст. /Отв. ред. Ю.Д. Буланже и др.- М.: Наука, 1983. – С. 135-138.
35. Есиков Н.П. Тектонофизические аспекты анализа современных движений земной поверхности. - Новосибирск: Наука, 1979. – 182с.
36. Инструкция о построении Государственной геодезической сети СССР. - М.: Недра, 1974. – 160 с.
37. Инструкция по нивелированию I- IV классов. – М.: Недра, 1974. - С. 3-26.
38. Инструкция о построении Государственной геодезической сети СССР. - М.: Недра, 1974. – 160с.
39. Инструкция по нивелированию I, II, III и IV классов. – М.: Недра, 1974. - С. 3-26.
40. Каток А.П. О влиянии Хаитского землетрясения 10 июля 1949 г. на сейсмический режим Душанбино-Гармского района // Докл. АН ТаджССР. - 1965. – Т. 8, № 6. - С.14-19.
41. Комплексные геодинамические исследования в области перехода от Памира к Тянь-Шаню / [Т.В. Гусева, А.А. Лукк, А.К. Певнев, Ю.П. Сквородкин и др]. - Современная тектоническая активность Земли и сейсмичность: [Докл. совещ., янв. 1986г.] /Отв. ред. Ю.М. Пушаровский. - М.: Наука, 1987.- С. 81-96.
42. Костенко Н.П. Местная стратиграфическая схема четвертичных отложений Таджикской депрессии. Тезисы докладов к совещанию по унификации стратиграфических схем Средней Азии. М., 1958б. - С. 74-89.

43. Костенко Н.П. Главнейшие черты неотектоники Гиссаро-Алая, Памира и Таджикской депрессии // Сб. тр. Геол. ф-т МГУ. - 1961. - С. 111-135.
44. Костенко Н.П. Развитие рельефа горных стран (На примере Средней Азии). - М.: Мысль, 1970. - 367 с.
45. Костенко Н.П. Четвертичные отложения горных стран. - М.: Недра, 1975. - 213 с.
46. Костенко Н. П. Геологическое строение четвертичного покрова в пределах листа J-42-XVI. 1959.
47. Кудрявцева Н.А. Геологическое строение южного склона Гиссарского хребта в районе г. Каратаг. Тр. НГРИ, сер. А, вып. 23, 1932. – С. 13-24.
48. Кучай В.К. Современная динамика Земли и орогенез Памиро-Тянь-Шаня. - М.: Наука, 1983. – 208с.
49. Кучай В.К., Певнев А.К., Гусева Т.В. О характере современных тектонических движений в зоне Вахшского надвига // Докл. АН СССР. – 1978. – Т. 24, №3. - С.673-676.
50. Ларионов А. К., Приклонский В.А. Ананьев В.П. Лессовые породы и их строительные свойства. – М.: Госгеолтехиздат, 1999, 293с.
51. Леонов Н.Н. Хаитское землетрясение и геологические условия его возникновения // Изв. АН СССР. Сер. гео-физ.- 1960.- №3.- С.409-424.
52. Лоскутов В.В. Геоморфология Таджикистана. // Новейший этап геологического развития Таджикистана.-Душанбе: Полиграфкомбинат, 1962.- С. 189-214.
53. Лоскутов В.В. Геоморфологическая карта Таджикской ССР // Атлас Таджикской Советской Социалистической Республики.-Душанбе-М.: ГУГК, 1968. - С. 38-41.
54. Лоскутов В.В. Геоморфологическая карта Таджикистана масштаба 1:500000. - М.: Недра, 1975. – 1л.
55. Мавсесян Р.А. Бардхударян А.М. Теоретические основы метода гидродинамического нивелирования. Изв. Вузов, Геодезия и аэрофотосъемка, 1976,

56. Новейшие тектонические движения в долине Вахш / В.М.Рейман, Л.М. Лысков, Е.В. Завалко, П.С. Палатный // Докл. АН Тадж ССР. - 1959.- Т. 11, №2.- 1959. – С. 13-20.
57. Новейший тектогенез и картирование неотектонических движений в Южно-Таджикской депрессии / В.П. Лозиев, Ю.Н. Пильгуй, В.М. Новиков и др. // Тектоника Тянь-Шаня и Памира. - М.: Недра, 1983. - С.156-161.
58. Объяснительная записка к геологической карте СССР, масштаб 1:200 000, серия Южно-Таджикская, лист J-42-XVI. Изд-во «Недра». М., 1966. – 85 с.
59. Открытое акционерное общество «ВНИИГ им. Б.Е. ВЕДЕНЕЕВА» Рекомендации по проведению натуральных наблюдений за осадками грунтовых плотин. Санкт-Петербург, 2001. – С. 5-6.
60. Павлив П.В. Проблемы высокоточного нивелирования. Львов: Виша. школа. Изд-во при Львов. Ун-те. 1990. -124с
61. Пейве А.В. Схема тектоники Западного Тянь-Шаня // Изв. АН СССР, сер. геол., №5-6, 1938. - С. 709-733
62. Петрушевский Б.А. Палеогеография и тектоника Афганистана и Таджикистана // Тр. АН СССР Ин-т геол. наук. - 1940. - Вып.8.: Геологическая серия. - С. 69.
63. Петрушевский Б.А. Строение третичных отложений Тянь-Шаня // Бюл. МОИП. Отд-ние геол. - 1948.- Т. 23, вып. 1. – С. 53-90.
64. Петрушевский Б.А. К истории развития Тянь-Шаня в мезозойское и кайнозойское время//Бюл. МОИП. Отд-ние геол.-1948.- Т. 23, вып. 5. – С. 53-70.
65. Петрушевский Б.А. Урало-Сибирская эпигерцинская платформа и Тянь-Шань. - М.: Изд-во АН СССР, 1955. – 552 с.
66. Рейснер Г.И. Построение карт градиентов скорости вертикальных тектонических движений земной коры на примере Северного Тянь-Шаня // Изв. АН СССР. Сер. геофиз. - 1960.- №9.- С. 1316-1320.
67. Рекомендации по геодезическим работам на геодинамических полигонах /ОНИ ЦНИИГАК. - М.: ГУГК, 1975. – 43с.

68. Саидов М.С. Методические особенности инструментальных изучений современных тектонических движений земной коры на геодинамических полигонах // Перспективы использования водно-энергетических ресурсов Таджикистана в условиях изменения климата: Сб. ст. и докл. респ. конф. (Душанбе, 22 мая 2009). - Душанбе: Дониш, 2007. – С. 92-99.
69. Саидов М.С. Состояние и роль геодезических полигонов Таджикистана //Изв. АН Тадж ССР. Отд-ние физ.-мат. и геол.-хим. наук. – 2007. - №2 (127). - С. 82-87.
70. Саидов М.С. Моделирование современных геологических процессов и факторов риска на территории Верхне-Вахшского района (на основе дешифрирования космических снимков): - Дис. канд. геол.-мин. наук: 25.00. 01. – Бишкек, 2007. – 164с.
71. Саидов М.С. Неотектонические и современные движения геодинамических полигонов Таджикистана и их влияние на сейсмическую активность: - Дис. док. геол.-мин. наук: 25.00. 01. – Бишкек, 2013. – 288с.
72. Саидов М.С., Ниязов Дж.Б., Давлатов Ф.С., Гайратов М.Т., Кодиров Э.Х. Состояние геодезических полигонов Таджикистана: достижения и проблемы. Наука и инновация Душанбе – 2019. - С-284-288.
73. Саидов М.С. Проблемы безопасности рабочих процессов и сложных гидротехнических систем в районе строительства Рогунской ГЭС. Вестник «Таджикистан и современный мир». – Душанбе, 2005. - № 3. - С. 153-155.
74. Саидов М.С. Особенности ярусного строения зоны сочленения Гиссаро-Алая и Южно-Таджикской депрессии Гармского региона // Исследование природной среды космическими средствами. - 2004. - Вып. 1. - С. 36-42.
75. Саидов М.С. Проблемы безопасности рабочих процессов и сложных гидротехнических систем в районе строительства Рогунской ГЭС // Таджикистан и современный мир. – 2005. - № 3. - С. 153-155.
76. Саидов М.С. Результаты мониторинга оползневых процессов и рекомендации по выбору объектов для осуществления над ним детальных наблюдений (на примере Верхне-Вахшского района) // Актуальные проблемы

научных исследований сейсмоактивных территорий и современные проблемы сейсмостойкого строительства и сейсмологии (100 лет со дня Каратагского землетрясения, 21 октября 1907 года): Материалы респуб. научн. конф. (г. Душанбе, 19-20 октября 2007г). - Душанбе, 2007.- С. 196-204.

77. Саидов М.С. Состояние и роль геодезических полигонов Таджикистана //Изв. АН Тадж ССР. Отд-ние физ.-мат. и геол.-хим. наук. – 2007. - №2 (127). - С. 82-87.

78. Саидов М.С., Мухиддинов Ф., Узокова Ш. Состояние геологической среды Нурекского полигона и возможные инициаторы ее активизации // Геология: таърих, рушд ва ояндабини: Тр. респ. науч. конф.: ( г. Душанбе, 22 октября 2008 года). - Душанбе: Деваштич, 2008. – С. 16-21.

79. Саидов М.С., Таджибеков М. Обзор основных результатов по данным многолетних работ на геодинамическом полигоне Нурекской ГЭС // Актуальные проблемы научных исследований сейсмоактивных территорий и современные проблемы сейсмостойкого строительства и сейсмологии (100 лет со дня Каратагского землетрясения, 21 октября 1907 года): Материалы респуб. научн. конф. (г. Душанбе, 19-20 октября 2007г). - Душанбе, 2007.- С.84-88.

80. Симаков С. Н. Меловые отложения Бухаро-Таджикской области. Тр. ВНИГРИ, спец. серия, вып. 2, 1952.

81. Скоболов С.Ф. Горизонтальные сжатие и развитие складок на хребте Петра I // Геотектоника.- 1977.- № 2. - С. 105-119.

82. Современные движения и тектоника хребта Петра Первого в Таджикистане / [А.К.Певнев, С.М.Баранова, В.А.Белокопытов и др.]. - Современные движения и деформации земной коры на геодинамических полигонах. - М.: Наука, 1983.- С. 59-62.

83. Современные движения западной части хребта Петра Первого по геодезическим и сейсмологическим данным / [А.А. Лукк, И.Л. Нерсесов, А.К. Певнев и др.]. - // Изв. АН СССР. Физика Земли. - 1980. - № 5. - С. 32-41.

84. Субботин И. Е. Осадка фундаментов ГПА под действием нагрузок. – Нефть и газ. Пром-сть, 2003, №2 45-47с.

85. Туаев Н.П. Геологические исследования в Широабдском районе. Тр. НГРИ, сер. Б, вып46, 1934. – С. 67-89.
86. Туаев Н.П., Бухарский нефтеносный район в свете новых данных. Информ. сб. НГРИ, Техпром, НТИТИ, 1933. – С. 23-30.
87. Характер современных горизонтальных движений в зоне перехода от Памира к Тянь-Шаню / Ю.Д. Буланже, Т.В. Гусева, А.К. Певнев, С.А. Улашина // Докл. АН СССР. - 1980. - Т. 254, №. 3.- С. 587-589.
88. Херсаков Н.П. Тектонический очерк юго-западного окончания Гиссарского хребта и некоторых, примыкающих к нему, районов. БюллМОИП. Отд. геол., т. 10, № 3-4, 1932. – С. 56-80.
89. Чедия О.К. Юг Средней Азии в новейшую эпоху горообразования. Фрунзе: Илим, 1971.- Кн.1: Континентальные кайнозойские накопления и геоморфология. - 331 с.
90. Чедия О.К. Юг Средней Азии в новейшую эпоху горообразования.- Фрунзе: Илим, 1972.- Кн.2: Новейшая тектоника и палеогеография.- 225 с.
91. Чедия О.К., Трофимов А.К. Особенности новейшего развития структурных форм Таджикистана // Новейший этап геологического развития территории Таджикистана. - Душанбе: Полиграфкомбинат, 1962. - С. 215-251.
92. Чедия О.К., Трофимов А.К. Карта «Неотектоника» // Атлас Таджикской ССР. - М.: ГУГК, 1966. - С. 22-24.
93. Чедия О.К., А.К. Трофимов. Неотектоническое районирование // Атлас Таджикской ССР. - Душанбе-М., 1968.- С. 21-23.
94. Чихачев П.К. предварительный отчет о работах 1929 г. в Сталинабадском районе (Таджикистан). Изв. ГГРУ. Вып. 35. 1931. – С. 15-35.
95. Чихачев П.К. Тектоника Юго-Западного Таджикистана // Тр. Тадж. комплекс. экспед. АН СССР. - Л., 1934.-Вып.4: Геология Центрального и Южного Таджикистана. - 136 с.
96. Чуенко П.П. К геологии Южного Дарваза / Изв. Геолкома, 1928, т. 47, вып. 9. – 25 с.

97. Чуенко П.П. Геологическая карта Средней Азии (Юго-западные отроги Гиссарского хребта). В кн: Геология Юго-западных отрогов Гиссарского хребта ТПЭ 1934, вып. XVI. Л. 1937. – С. 3-115.
98. Шебшаевич В.С., Дмитриев П.П. Иванцевич Н.В. и др. Сетевые спутниковые радионавигационные системы 2-е издание, переработанное и дополненное М.: Радио и связь, 1993, 408 с.
99. Щерба Ю.Г. Современные движения поверхности земли как отражение коровых и мантийных геодинамических процессов. Территория Казахстана в поле современных горизонтальных и вертикальных движений (на примере Центрально-Азиатского региона). Дата публикации: 13 июля 2007. Источник: sciteclibrary.ru.
100. Leick A. GPS satellite surveying (second edition) Department of Surveying Engineering/ University of Main. Orono, Main A Wiley-Interscience Publication John Wiley & Sons, inc. New York / Chichester / Toronto / Brisbane / Singapore/ 1994, 560 p.
101. Hofmann-Wellenhof B., Lichtenegger H., and Collins J. GPS Theory and practice (fifth, revised edition)/ Springer Wien New York/ 1992, 1993, 1994, and 2001, 383 p.
102. 42. Teunissen P.J.G., Kleusberg A. GPS for Geodesy. Springer. 1998, 650 p.
103. Геолого-структурное и гидрогеологическое обоснование участка строительства Сангтудинской ГЭС-1/ [М.С. Саидов, Ю.Н. Пильгуй, Л.В. Давлятшоева и др.]. - Душанбе, 2004. - Деп. в Агентстве «Точиккоинот». –80 с.
104. Оценка состояния нестабильных природных систем и прогнозирование возможных источников острых катастрофических ситуаций по объекту «Рогунская ГЭС» / [М.С. Саидов, Ю.Н. Пильгуй, И.Г. Ахмедова и др.]. - Душанбе, 2002. - Деп. в ГУГК РТ «Харитасоз». – 36 с.
105. Оценка состояния нестабильных природных систем и прогнозирование возможных источников острых катастрофических ситуаций по объекту «Байпазинская ГЭС» / [М.С. Саидов, Ю.Н. Пильгуй, Л.В. Давлятшоева и др.]. - Душанбе, 2003. - Деп. в Агентстве «Точиккоинот». – 15 с.

106. Оценка состояния нестабильных природных систем и прогнозирование возможных источников острых катастрофических ситуаций по объекту «Сангтудинская ГЭС» / [М.С. Саидов, Ю.Н. Пильгуй, Л.В. Давлятшоева и др.]. - Душанбе, 2004. - Деп. в Агентстве «Точиккоинот». – 21 с.
107. Оценка состояния нестабильных природных систем и прогнозирование возможных источников острых катастрофических ситуаций по объекту «Нурекская ГЭС» / [М.С. Саидов, Ю.Н. Пильгуй, Л.В. Давлятшоева и др.]. - Душанбе, 2005. - Деп. в Агентстве «Точиккоинот». – 31 с.
108. Рекомендации по комплексной оценке динамических тенденций и прогнозирование опасных явлений на основе аэрокосмического мониторинга геологической среды и высокоточных геодезических измерений в пределах Нурекского геодинамического полигона / [В.П. Лозиев, С.Н. Устинов, М.С. Саидов и др.]. - Душанбе, 1988. - Деп. в НПО «Таджикглавгеодезия». - 119 с.
109. Саидов М.С. Неотектонические и современные движения геодинамических полигонов Таджикистана и их влияние на сейсмическую активность: - Дис. док. геол.-мин. наук: 25.00. 01. – Бишкек, 20013. – С. 33-34.
110. Саидов М.С. Отчет о научно-исследовательской работе «Мониторинг геодинамических полигонов: Нурекская ГЭС, Рогунская ГЭС, Сангтудинская ГЭС Республики Таджикистан на основе высокоточных геодезических измерений для безопасности гидротехнических сооружений» (заключительный) / М.С. Саидов, И.Г. Ахмедова, Л.В., Сарабеков Н.Ш., Евдокимова и др. – Душанбе: Деп. в фондах НИЦ ГКЗУГ РТ, 2014. 320с.
111. Технический отчет по натурным наблюдениям за перемещениями и деформациями основных сооружений электростанции выполненных в 2019 году. Министерство энергетики и водных ресурсов Республики Таджикистан. РГУП НИ и ПИ «Нурофар». Рогун, 2019. – С. 23-26.
112. Технический отчет о нивелировании I класса на Рогунской ГЭС / [В.В. Казанкин и др.]. - Душанбе, 1976. - Деп. в ГУГК (Предприятие №12). – 80 с.
113. Технический отчет о производстве линейно-угловых измерений и нивелирования III-класса на объекте «Геодинамика полигона Нурекской ГЭС» /

[М.С. Саидов, Ю.Н. Пильгуй, Л.В. Давлятшоева и др.]. - Душанбе, 2004. - Деп. в Агентстве «Точиккоинот». - 23 с.

114. Технический отчет о выполнении инженерно-геодезических работ по определению деформаций сооружений гидроузла за 2020 год. Нурекская ГЭС на р. Вахш. Министерство энергетики и водных ресурсов Республики Таджикистан. РГУП НИ и ПИ «Нурофар». - Рогун, 2021. - 117 с

115. Технический отчет о производстве линейно-угловых измерений и нивелирования III-класса на объекте «Геодинамика полигона Нурекской ГЭС» по I и II циклу / [М.С. Саидов, Ю.Н. Пильгуй, Л.В. Давлятшоева и др.]. - Душанбе, 2005. - Деп. в Агентстве «Точиккоинот». – 95 с.

116. Технический отчет о производстве линейно-угловых измерений на объекте «Геодинамика полигона Нурекской ГЭС» / [М.С. Саидов, Ю.Н. Пильгуй, Л.В. Давлятшоева и др.]. - Душанбе, 2006. - Деп. в Агентстве «Точиккоинот». – 43 с.

117. Технический отчет о производстве линейно-угловых измерений на объекте «Геодинамика полигона Нурекской ГЭС» / [М.С. Саидов, Ю.Н. Пильгуй, Л.В. Давлятшоева и др.]. - Душанбе, 2008. - Деп. в Агентстве по землеустройству, геодезии и картографии. – 40 с.

118. Технический отчет о нивелировании I класса на Рогунской ГЭС / [В.В. Казанкин и др.]. - Душанбе, 1976. - Деп. в ГУГК (Предприятие №12). – 80 с.

119. Технический отчет о производстве инженерно-геодезических работ на объекте Сангтудинский ГЭС-1 / [Д.Я. Алиев, М.С. Саидов, Ю.Н. Пильгуй и др.]. - Душанбе, 2005. - Деп. в Агентстве «Точиккоинот». – 53 с.

120. Технический отчет о выполненных работах по закладке грунтовых реперов и высотного обоснования на участке «Байпазинский оползень» Хатлонского области Республики Таджикистан на выполнения мониторинга по стабилизационным мероприятиям по оползни ниже Байпазинский ГЭС / С.Н. Иванов С.Н., АС. Хасанов- Душанбе, 2002. - Деп. в НПО «Таджикглавгеодезия». – 34 с.

## СПИСОК НАУЧНЫХ ПУБЛИКАЦИЙ СОИСКАТЕЛЯ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ

*Статьи, опубликованные в научных журналах, рекомендованных ВАК  
при Президенте Республики Таджикистан*

[1-А]. **Кодиров Э.Х.** Результаты натурных наблюдений за деформациями основных инженерных сооружений и горных массивов геодинамического полигона Байпазинская ГЭС / Э.Х. Кодиров С.М. Саидов, Ф.С. Давлатов // Наука и инновация. ТНУ, Серия геологических и технических наук. №2. - Душанбе: Сино, 2022. – С. 9-15.

[2-А]. **Кодиров Э.Х.** Деформационные процессы и их исследование современными геодезическими методами на локальном геодинамическом полигоне Нурекская ГЭС / М.С.Саидов, Э.Х. Кодиров Ф.С. Салихов // Вестник филиала МГУ им. М.В. Ломоносова в г. Душанбе. Серия естественных наук. Том 1. №2 (23). 2022. – С. 112-119.

[3-А]. **Кодиров Э.Х.** Методика обработки повторных измерений на линейно-угловых сетях и обработка результатов измерений современных вертикальных движений / М.С.Саидов, Э.Х. Кодиров // Наука и инновация. ТНУ, Серия геологических и технических наук. №1. Душанбе, 2022. – С.56-60.

[4-А] **Кодиров Э.Х.** Концептуальная модель риска бедствий / М.И. Шарипова, Ш.А. Ёкубов, Э.Х. Кодиров // Наука, новые технологии и инновации Кыргызстана № 7, 2022. – С. 50-56.

[5-А]. **Кодиров Э.Х.** Повторные измерения на линейно-угловых сетях и обработка результатов современных вертикальных движений / Н.М. Хасанов, Э.Х.Кодиров // Политехнический Вестник №3(61). ТТУ, 2023. –С

[6-А]. **Кодиров Э.Х.** Воздействие наличия водохранилища на естественные протоки родников и химический состав грунтовых вод в околосбереговой полосе Нурекского водохранилища / Н.М.Хасанов, Э.Х.Кодиров // Наука и инновация. ТНУ, Серия геологических и технических наук. №4. Душанбе, 2023. – С.48-54.

### *Публикации в материалах научных конференций*

[7-А]. **Кодиров Э.Х.** Пластина переменной толщины под действием нагрузки сложного очертания / Дж.Д. Муниев, Э.Х. Кодиров // МНПК, «Архитектурное образование и архитектура Таджикистана: 50 лет развития и совершенствования», 10-11 мая 2013. – С.195-199

[8-А]. **Кодиров Э.Х.** Применение автоматизированного проектирования при инженерных изысканиях сооружений линейного типа / Т.Ф.Джалилов, Р.А. Раджабов, Э.Х.Кодиров//МНПК, «Архитектурное образование и архитектура Таджикистана:50 лет развития и совершенствования», 10-11 мая 2013г. – С. 47-53

[9-А]. **Кодиров Э.Х.** Методы наблюдений за деформациями оснований инженерных сооружений / Т.Ф. Джалилов, Дж.Д. Муниев, Э.Х. Кодиров // РНПК: Социально-экономические и организационно-технические основы развития строительного комплекса в республике Таджикистан, 2017, Душанбе. – С.184-187

[10-А]. **Кодиров Э.Х.** Влияние водохранилища на естественный выходы родников и химический состав подземных вод в прибрежной полосе нурекского водохранилища. / Р.А Сангинов, Э.Х. Кодиров, Х.Н. Наимов // РНПК: «Таджикская наука-ведущий фактор развития общества» части 2. Душанбе, ТТУ. 2017г. – С.385-387

[11-А]. **Кодиров Э.Х.** Геофизические исследования и их роль в геологическом познании Юго-Западного Таджикистана / Э.Х.Кодиров //МНПК: «Гидроэнергетические ресурсы Центральной Азии: значение, проблемы и перспективы» 2018. – С. 276-279

[12-А]. **Кодиров Э.Х.** Применение многофакторного корреляционного анализа при исследовании деформаций инженерных сооружений / Т.Ф. Джалилов, Дж.Д. Муниев, Э.Х. Кодиров// МНПК, «Вода – важный фактор для устойчивого развития» посвященной международному десятилетию действия «вода для устойчивого развития 2018-2028» 2018. – С. 252-254

[13-А]. **Кодиров Э.Х.** Определение основных генетических групп оползней: распространения и условий их проявления (верхне- Амударьинская

депрессия) / М.С.Саидов, Н.М. Расулов, Э.Х. Кодиров // МНПК, «Проблемы инженерной геологии, геотектоники Таджикистана и сопредельных территорий», посвященной 70-летию со дня рождения доктора геолого-минералогических наук, профессора Таджикибекова Мадатбека. Душанбе 2019. - С. 214-221.

[14-А]. **Кодиров, Э.Х.** Состояние геодезических полигонов Таджикистана: Достижения и проблемы. / С.М. Саидов, Дж. Б. Ниязов, Ф.С. Давлатов, М.Т. Гайратов, Э.Х. Кодиров // Наука и инновация (научный журнал). Серия естественных наук. - Душанбе: Сино, 2019. – С.284-288

[15-А]. **Кодиров Э.Х.** Концептуальная модель риска бедствий / М.И. Шарипова, Ш.А. Ёкубов, Э.Х. Кодиров // МНПК, «Наука, новые технологии и инновации Кыргызстана № 7, 2022. – С.50-56.

[16-А]. **Кодиров Э.Х.** Воздействие наличия водохранилища на естественные протоки родников грунтовых вод в околоречевой полосе Нурекского водохранилища /Н.М. Хасанов, Э.Х. Кодиров //РНПК. “Двадцатилетием изучения и развития естественных, точных и математических наук в сфере науки и образования”. ТТУ, 28.11. 2023. –С.400-405

## **ПРИЛОЖЕНИЕ**