

2. Бахриев С.Х. и др. Патент Евразийского патентного ведомства № 038034. – Транспортное средство для перевозки, как жидких, так и твердых грузов. – М.: 2021. – 4с.
3. Водные ресурсы Таджикистана (Буклет Министерства энергетики и водных ресурсов РТ, 2016).
4. Холджураев Х. Ирригационная цивилизация Таджикистана XX века. – Худжанд: ООО «Умед», 2003, - 514с.
5. Миронюк С.К. Использование транспорта в сельском хозяйстве. – М.: Колос, 1982.
6. Озеро Сарез (История исследований, физико-географическая характеристика, геологическое строение и сейсмичность). – Душанбе: «Дониш», 2018. – 70 с.
7. Рахими Ф., Оймухаммадзода И. С., Ищук А.Р. и др. – Сарезское озеро. – Душанбе: 2007. – 234с.
8. Шпилько Г.А. Землетрясение 1911 года на Памире и его последствия. – «Изв. Туркестанского отд. рус. геогр. об-ва», т.10, вып. 1, 1914.

ЗАХИРАҶОИ ЭНЕРГИЯИ МОЕЪ БА ИВАЗИ ОБИ ТОЗАИ НҶШОКИИ САРЕЗ, БО РИОЯИ ЭКОЛОГИЯ

***Аннотатсия:** мақолаи мазкур ба масъалаи мубрам, ки бо баланд бардоштани самаранокии кашонидани чи борӣ моеъ ва чи сахт бо роҳӣ аз байн бурдани гашти холии воситаи нақлиёт аз ҳисоби танзими кузови гофрӣ ба миён омадааст ва дар натиҷа коэффитсиенти бобардорири автомобили универсалиро то 0,90 – 0,95 зиёд мекунад.*

***Калидвожаҳо:** кӯли Сарез, автомобили боркаш, коэффитсиенти боркунӣ, қобилияти борбардорӣ, зунҷоиии энергия, маҳсулноқӣ.*

LIQUID ENERGY RESOURCES IN EXCHANGE OF THE CLEANEST DRINKING WATER OF SAREZ, OBSERVING THE ECOLOGY

***Annotation:** the article is devoted to an urgent task related to increasing the efficiency of transportation of both liquid and solid cargo by eliminating empty driving of a vehicle through the use of an adjustable corrugated body, which allows increasing the utilization factor of the actual load capacity of a universal car to 0.90 – 0.95.*

***Keywords:** lake Sarez, truck, load factor, load capacity, energy intensity, productivity.*

ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ НА ТЕРРИТОРИИ КАСКАДА ГЭС НА РЕКИ ВАХШ И ИХ АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ

Маджиди М., Ищук Н.Р., Ашуров А.И., Исломов М.Ш.

*Научно-исследовательский центр Государственного комитета по
земельному управлению и геодезии Республики Таджикистан*

***Аннотация:** В данной статье отражены результаты геодезической исследовании территорию каскада ГЭС на реки Вахи, полученные в ходе полевых и экспедиционных работ. Результаты, полученные в ходе полевых работ и экспедиционных наблюдений, сравнительно анализированы с результатами дистанционного мониторинга. В ходе исследования было выявлено, что для повышения точности измерений движений геодезических реперов на территории каскада ГЭС на р.Вахи необходимо собрать*

методики, которые используются различными исследователями, рассмотреть их применительно к геологическим условиям изучаемой территории. Также необходимо приобрести современное программное обеспечение для обработки данных спутниковых GPS-измерений.

Ключевые слова: *геодезия, тектоника, репер, GPS, каскад, ГЭС, Нурек, Рогун, Вахи.*

При проведении комплексных исследований с целью изучения тектонических движений, разработки методов поиска прогностических признаков подготовки крупных землетрясений, микросейсмрайонирования, прогнозирования техногенных процессов и их последствий до свершения непредсказуемых техногенных явлений и катастроф, наряду с другими методами приобретают важнейшее значение высокоточные геодезические работы. Они позволяют с высокой точностью и частотой опроса проводить повторные наблюдения за местоположением пунктов плановых и высотных сетей, количественную обработку и анализ накопленных данных.

Важную роль при этом играют спутниковые методы позиционирования. Их достоинствами являются: измерения с применением GPS-оборудования можно производить в любое время суток, при любой погоде и при отсутствии прямой оптической видимости между реперами; мониторинг смещений и деформаций можно производить без непосредственного присутствия оператора, так как в данном случае используются полностью цифровые технологии, и приборы работают в автоматическом режиме; в результате мониторинга в заранее заданный момент времени одновременно определяются все три координаты. Повышенный интерес к изучению геодинамических явлений проявляется, как правило, в зонах строительства и эксплуатации крупных инженерных сооружений, а также на территориях крупных городов.

По скорости и масштабам распространения современные движения земной поверхности (СДЗП) делятся на следующие виды:

– медленные или вековые (наблюдаются практически повсеместно со скоростью первых миллиметров в год). Эти фоновые суммирующие (результатирующие) движения наиболее полно отражают общую тенденцию современной геодинамики. Современные медленные движения земной поверхности имеют вертикальные и горизонтальные составляющие, скорости которых различны и зависят, главным образом, от тектонического типа региона, строения и местоположения участка земной коры;

– средние или предвестниковые (наблюдаются в сейсмоактивных районах со скоростью порядка 10 мм/год и более);

– быстрые или сейсмические, т. е. движения, сопровождающие землетрясения и извержения вулканов; величины этих движений достигают метра и более в зависимости от силы землетрясения или извержения.

Наиболее распространённым методом изучения движений земной коры, дающим количественные характеристики её смещений, являются геодезические методы. Геодезические методы изучения современные

движения земной поверхности (СДЗП) дают наиболее полную и объективную информацию, позволяющую не только фиксировать происходящие процессы, но и прогнозировать их. Геодезические методы применяются для выявления горизонтальных и вертикальных смещений отдельных участков земной поверхности. Для изучения современных движений земной коры применяют повторные триангуляции и измерения линий базисов. Основным методом определения современных горизонтальных движений земной поверхности (СГДЗП) является построение линейно-угловой сети и траверсов полигонометрии. Измерения в линейно-угловых сетях выполняют с точностью триангуляции, трилатерации и полигонометрии 1 и 2 классов. Наиболее точным методом изучения вертикальных движений является метод повторного высокоточного нивелирования. Повторные высокоточные нивелирные геодезические измерения дают возможность установить скорость современных вертикальных движений. Геодезические измерения помогают определить степень активности отдельных тектонических разломов, что является первостепенным значением для сейсморайонирования регионов. Проводимые повторно в одних и тех же местах, они позволяют оценивать в абсолютных величинах смещения за известный период времени.

Под термином «Геодинамический полигон» понимается целесообразно выбранная территория, на которой выполняются геодезические, астрономические, гравиметрические и геофизические наблюдения, данные, которых используют для определения движения пунктов земной поверхности. Геодинамические полигоны иногда называют «модельными областями». Геодинамические полигоны ГЭС создаются в районах строительства и эксплуатации крупных гидроэнергетических комплексов, расположенных в зонах повышенной сейсмичности. Основная их цель – изучение характера деформации ложа водохранилищ под действием нагрузки водных масс и поиск возможных предвестников «плотинных землетрясений». Результаты измерений и их анализ показали, что на ряде объектов зафиксированы подъёмы береговой линии при наполнении водохранилища (10-15 мм) до 2/3 объёма. Граница поднятия до 5 км от берегов. На крупных гидроузлах вертикальные подвижки могут прослеживаться на удалении от водохранилища до 10-15 км. Наполнение водохранилища изменяет расстояние между берегами, и этот процесс носит сложный характер.

В изучении деформаций земной коры первостепенное значение имеет качество измерений и точность их результатов. В связи с этим к геодинамическим полигонам предъявляются высокие требования:

- надёжная закладка пунктов сети;
- высокоточные измерения на полигоне с применением современных методик наблюдений;
- надёжная обработка полученных измерений;
- достоверность полученных результатов наблюдений.

Геодезические построения на ГДП соединяются с государственной геодезической сетью (ГГС) для получения пунктов в единой системе координат.

Исследование деформаций земной поверхности в мониторинговом режиме, подразумевает многократное, от цикла к циклу, выполнение точных геодезических измерений на одних и тех же пунктах сети, по одной программе работ с дальнейшим анализом изменений геометрических взаимосвязей между пунктами.

Для успешного применения комплексов спутниковой геодезии при изучении процесса деформирования большое значение имеет организация и планирование полевых работ. Процедура наблюдений на пунктах выбирается в зависимости от числа имеющихся приёмников, пунктов наблюдений, типа сети, необходимости привязки вновь создаваемой сети к существующей. В результате планирования определяются промежутки времени благоприятные и неблагоприятные для производства наблюдений

GPS – технологии стали основным средством наблюдений при построении глобальных, региональных и локальных геодинамических сетей. Однако, GPS-наблюдения в настоящее время не дают точность в определении высот равную точности нивелирования I и II классов, и поэтому последние остаются основными методами определения вертикальных движений земной поверхности. Спутниковые методы позволяют получать геодезические высоты, относящиеся к поверхности выбранного эллипсоида, которые существенно отличаются от нивелирных высот. Как свидетельствуют экспериментальные данные, такие расхождения даже на участках сравнительно небольших размеров могут достигать 40 см и более. Для решения отмеченной проблемы в создаваемые сети включают пункты с известными из нивелирования высотными отметками.

Технология выполнения работ по производству съёмок подробно рассмотрена в «Инструкции по развитию съёмочного обоснования и съёмке ситуации и рельефа с применением глобальных навигационных спутниковых систем ГЛОНАСС и GPS», ГКИНП (ОНТА)-02-262 – 02, – М.: ЦНИИГАиК, 2002. – 124 с.

Построенная на основании данных глобальной GPS-сети карта векторов движения основных блоков Евро-Азиатского континента (рис.1) показывает, что генеральным направлением движения Европейской части континента является северо-восточное. По мере продвижения станций на восток северная составляющая движения уменьшается, и приблизительно на долготе Новосибирска направление движения меняется на южное. Движение крайних точек континента имеет явно выраженное юго-западное направление, т. е. наблюдается вращение Евро-Азиатского континента вокруг точки, расположенной в пределах горного массива Гималаи-Тибет [1].

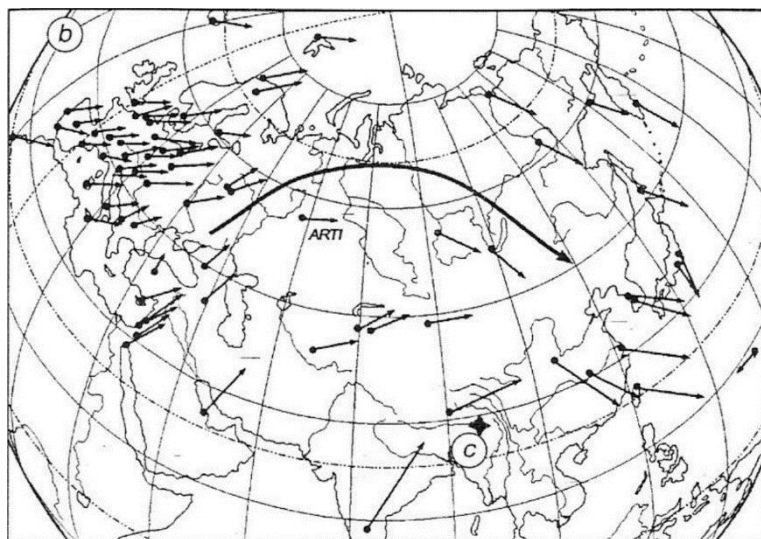


Рис.1. Векторы движений основных блоков Евро-Азиатского континента

Данные же других исследователей [3, 4] показывают другую картину движения векторов (рис.2, 3). Здесь движения направлены с ОВ на СЗ, что вполне согласуется с геологической структурой района: все надвижки имеют падение на ЮВ и направление движения их на СЗ.

Данные инструментальных наблюдения на реперах Нурекской и Рогунской ГЭС отличаются от данных движений, измеренных с помощью GPS.

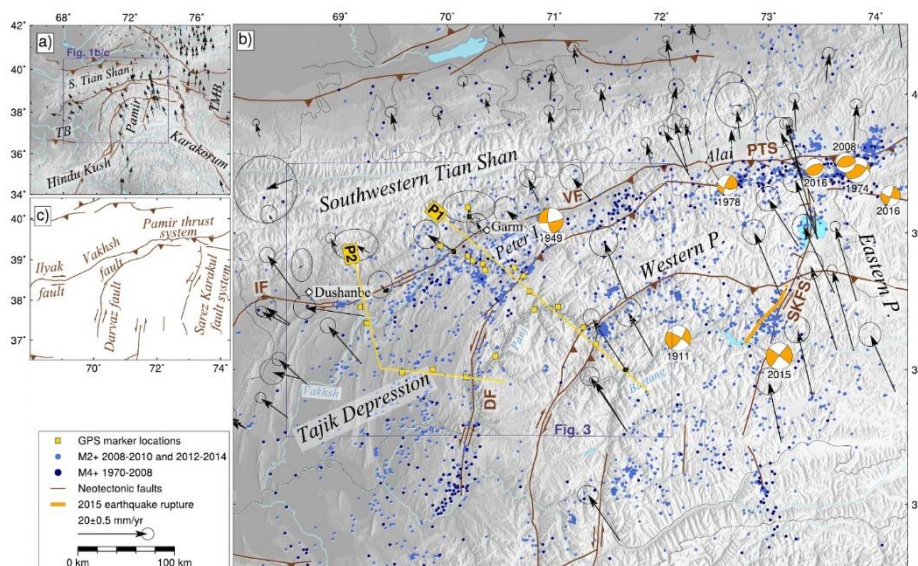


Рис.1. (а) Тектоническая обстановка и основные тектонические структуры Памира (в коричневом, Шурр и др., 2014) и опубликованные данные GNSS (Евразия-фиксированные стрелки, Ищук и др., 2013; Мохаджер и др., 2010; Зубович) и др., 2010). ТБ – Таджикский бассейн; ТМВ – бассейн Тарима. (б) Крупный план (а), с выделением основных активных разломов и их смысла скольжения. (с) Крупный план (а), на котором отмечены (повторно) измеренные точки ГНСС, установленные в 2013 г. (жёлтые квадраты) или ранее (черные) по профилям Р1 и Р2, сейсмичность, наблюдаемая

региональной сетью (2008-2010 и 2012-2014 гг., ярко-синий, Куфнер и др., 2018 г.) и по телесеismicке (1970-2008, тёмно-синий, Энгдаль и др., 1998) механизмы очагов инструментально зарегистрированных землетрясений М_б-7 (Девонский и др., 1981; Экстрем и др., 2012; Куликова и др., 2015; Сиппл. и др., 2014 г., и протяжённость разрыва Сарезского землетрясения с магнитудой M_w7,2 (оранжевая линия, Мецгер и др., 2017 г.). ДР – Дарвазский разлом, ВР – Вахшский разлом, ПНС – Памирская надвиговая система, СКРС – Сарез-Каракульский система разломов [4].

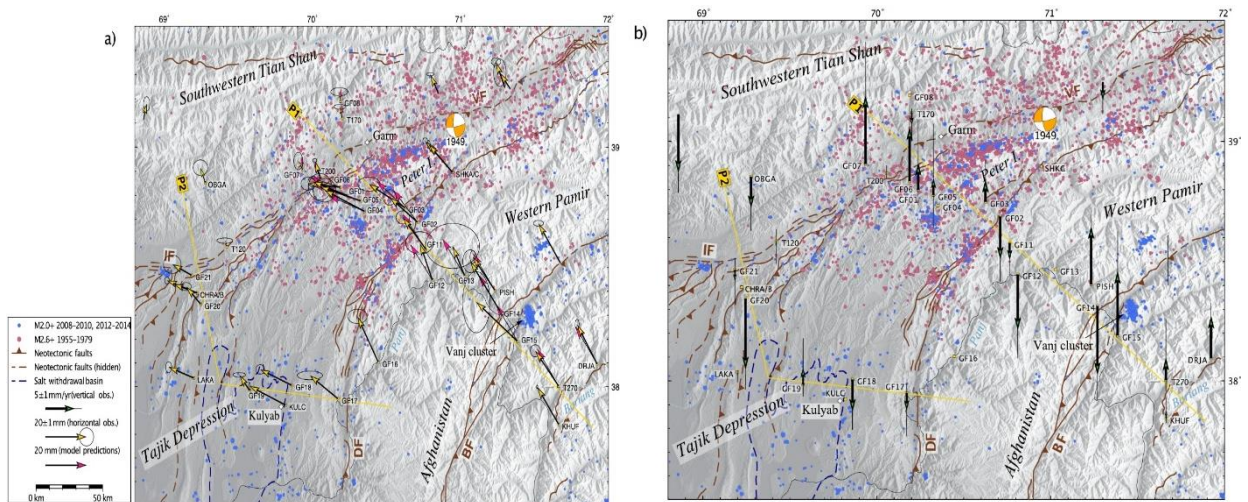


Рис.2. Горизонтальная и (б) вертикальная скорости GNSS, измеренные в период с 2013 по 2015 год с 20 неопределённостями в Евразийской системе отсчёта (Аль-Тамими и др., 2017). Розовые стрелки (а) — смоделированные показатели. Обратите внимание на разные шкалы ставок в (а) и (б). Жёлтыми линиями отмечены профили P1 и P2, коровая сейсмичность Гамбургер и др. (1992) красным цветом, а Куфнер и др. (2018) синим цветом [4].

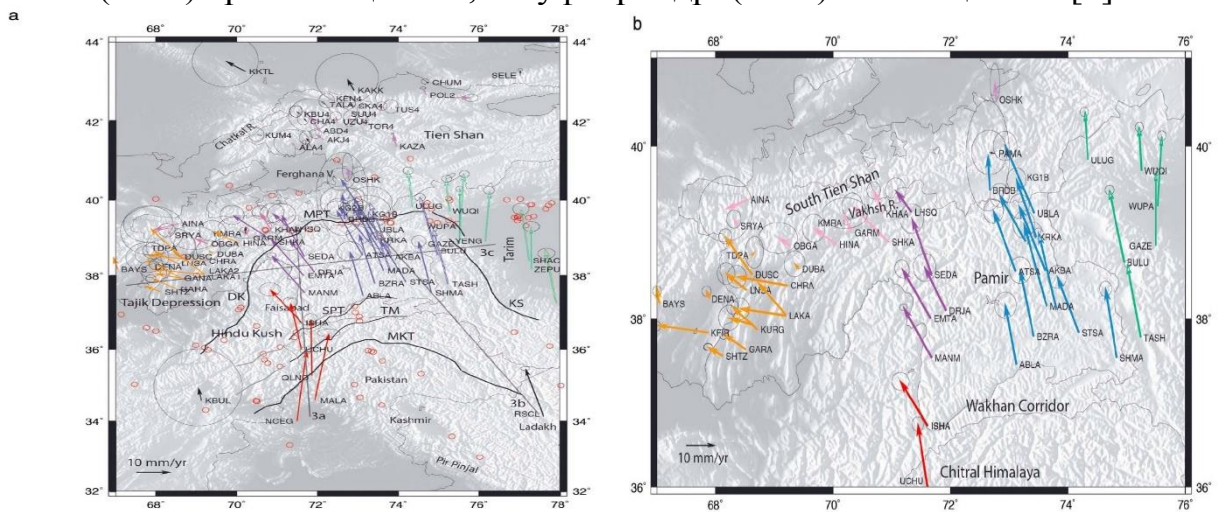


Рис.3. (а) Региональные скорости относительно Евразии. Эллипсы ошибок показывают 95% доверительный интервал. Векторы имеют цветовую кодировку по географическому региону; незаштрихованные стрелки взяты из Zubovich-a и другие (2010). Красные кружки — эпицентры землетрясений из Энгдаль и Вильясеньор (2002). Разломы, обсуждаемые в тексте, показаны черным цветом и помечены следующим образом: ГКН – Главный

Каракорумский Надвиг; ТМ – разлом Тирич-Мир; ЮПН – Южно-Памирский Надвиг; ДК – Дарваз-Каракульский разлом; ГПН – Главный Памирский Надвиг. (б) Как и на рисунке 1а, для Памирской и Таджикской впадин [3]

Так, в районе Нурекской ГЭС вертикальные смещения составляют от 4 до 18 мм, а фоновые вертикальные движения составляют 2.5см/год. Смещение реперов наиболее активно происходит в период наполнения водохранилища, причём векторы смещения в этот период направлены навстречу друг другу и смещение достигает значений 9-20см. В период спуска воды в водохранилище эти значения снижаются до фоновых. По высоте смещения меняются от 9 мм до 81 мм.

По данным GPS-измерений вертикальные смещения изменяются от 58 мм до 159 мм, а горизонтальные – от 52 мм до 79 мм. Получается, что спутниковые GPS-измерения значительно превышают значения инструментальных наблюдений.

В пределах створа плотины Рогунской ГЭС проводились геодезические измерения как по реперам, расположенных на поверхности, так и по реперам, установленным в штольнях. Смещения по Вахшскому надвику составляют от 0.5 до 15.0 мм/год. Представительная же величина скорости колеблется в пределах 0.5-8.0 мм/год и получена за 50-летний период наблюдений. По Ионахшскому и Гулизиңданскому разломам средняя скорость горизонтальных смещений за весь период наблюдений близка 1-2 мм/год. Направленность современных смещений по разломам полностью совпадает с направлениями движений, установленными геологическими методами.

По данным спутниковых GPS-измерений векторы смещения направлены с ЮЗ на В-СВ. Вертикальные смещения реперов колеблются от 140 мм до 184 мм, а горизонтальные – от 108 мм до 140 мм. Эти значения значительно превышают значения, полученные геодезическими измерениями, а векторы смещения также кардинально отличаются.

Это может быть связано как с методикой измерения и обработкой результатов измерений, так и с особенностью спутниковых GPS-измерений.

Данные о направлении смещений, полученные при помощи GPS-измерений на данной территории, с одной стороны, совпадают с данными, приведёнными в работе [1]. В то же время не совпадают с данными, приведёнными в работах [3, 4]. Скорее всего эти расхождения связаны с различными методиками измерений и обработки данных измерений.

Для повышения точности измерений движений геодезических реперов на территории каскада ГЭС на р.Вахш необходимо собрать методики, которые используются различными исследователями, рассмотреть их применительно к геологическим условиям изучаемой территории. Также необходимо приобрести современное программное обеспечение для обработки данных спутниковых GPS-измерений. Пока причина значительного расхождения данных инструментальных геодезических измерений и спутниковых GPS-измерений не установлена. Как сказано в

коллективной монографии [2, с.372]: «Пока не установлены причины расхождений (от 60% до 400%) данных измерений с помощью GPS и геологическими данными (которые меньше и измеряются при помощи геодезических приборов), вероятно, ещё не пришло время включать скорости смещения, измеренные с помощью GPS в логические деревья вероятностной оценки сейсмической опасности, которые в настоящее время учитывают только средние скорости, определённые по геологическим данным».

Список литературы

1. Антонович К.М., Карпик А.П., Клепиков А.Н. Спутниковый мониторинг земной поверхности // Геодезия и картография. 2004. № 4. с. 4-10.
2. Палеосейсмология//Коллектив авторов; под ред. Джеймса П. МакКалпина: в 2-х томах. М., Научный мир, 2011
3. Ischuk, A., et al. (2013), Kinematics of the Pamir and Hindu Kush regions from GPS geodesy, J. Geophys. Res. Solid Earth, 118, doi:10.1002/jgrb.50185.
4. Metzger, S., Ischuk, A., Deng, Z., Ratschbacher, L., Perry, M., Kufner, S.-K., et al. (2020). Dense GNSS profiles across the northwestern tip of the India-Asia collision zone: Triggered slip and westward flow of the Peter the First Range, Pamir, into the Tajik Depression. Tectonics, 39, e2019TC005797. <https://doi.org/10.1029/2019TC005797>

ТАДҶИҚИ ГЕОДЕЗӢ ДАР ҲУДУДИ СИЛСИЛАНЕРУГОҲҶОИ ДАРӢИ ВАХШ ВА ТАҲЛИЛИ НАТИҶАҶОИ ОНҶО

Аннотатсия: Дар ин мақола натиҷаҳои тадқиқи геодезии ҳудуди силсинеругоҳҳои барқи оби дарёи Вахш, ки дар рафти корҳои саҳроӣ ва экспедиционӣ ба даст оварда шудаанд, инъикос ёфтаанд. Натиҷаҳои дар рафти корҳои саҳроӣ ва мушоҳидаҳои экспедиционӣ ба дастовардашуда бо натиҷаҳои мониторинги фосилавӣ муқоиса ва таҳлил карда шуданд. Дар рафти тадқиқот маълум гардид, ки барои баланд бардоштани дақиқии ченкунии ҳаракати нишонаҳои геодезӣ дар ҳудуди силсилаи НБО-ҳои дарёи Вахш усулҳои гирд овардан лозим аст, ки муҳаққиқони гуногун истифода мебаранд ва онҳоро нисбат ба шароити геологӣ минтақаи тадқиқотӣ ба назар гирифта мешаванд. Инчунин барои коркарди маълумоти ченкунии моҳвораии GPS нармафзори замонавӣ харидан лозим аст.

Калидвожаҳо: геодезия, тектоника, бенчмарк, GPS, каскад, НБО, Норақ, Рогун, Вахш.

GEODETIC INVESTIGATIONS ON THE TERRITORY OF THE CASCADE OF HPPS ON THE VAKHSH RIVER AND THEIR ANALYSIS OF THE RESULTS

Annotation: This article reflects the results of a geodetic study of the territory of the HPP cascade on the Vakhsh River, obtained in the course of field and expeditionary work. The results obtained in the course of field work and expeditionary observations are analyzed comparatively with the results of remote monitoring. In the course of the study, it was revealed that in order to improve the accuracy of measuring the movements of geodetic benchmarks in the territory of the HPP cascade on the Vakhsh rivers, it is necessary to collect the methods used by various researchers and consider them in relation to the geological conditions of the study area. It is also necessary to purchase modern software for processing data from satellite GPS measurements.

Keywords: geodesy, tectonics, benchmark, GPS, cascade, HPP, Nurek, Rogun, Vakhsh.