

## ОПЕРАТИВНЫЙ МОНИТОРИНГ И КАРТИРОВАНИЕ В ОБЩЕЙ СИСТЕМЕ УПРАВЛЕНИЯ РИСКАМИ СТИХИЙНЫХ БЕДСТВИЙ

Сафаров М.С.<sup>1,2</sup>, Фазылов А.Р.<sup>2</sup>, Гулаёзов М.Ш.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Научно-исследовательский центр экологии и окружающей среды Центральной Азии (Душанбе)

<sup>2</sup>Институт водных проблем, гидроэнергетики и экологии НАНТ

**Аннотация.** В статье приведены анализ и обзор, особенностей оперативного мониторинга и картирования в общей системе управления рисками стихийных бедствий с применением методов дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ). В условиях труднодоступности горных территорий Таджикистана, применение ДЗЗ носит актуальный и востребованный характер. Реализация целей и задач в области картирования и мониторинга районов, пострадавших от стихийных бедствий осуществлялся путем захвата отдельных аэрофотоснимков и видеопотоков в режиме реального времени с использованием малогабаритных беспилотных летательных аппаратов (БПЛА), являющиеся важным инструментом для экстренного расследования последствий чрезвычайных ситуаций (ЧС). Разработанные рекомендации по управлению рисками стихийных бедствий, включают внедрение системы оперативного мониторинга и картирования зон, подверженных воздействию этих явлений. Подтверждено, что они способствуют сокращению времени, уменьшению расходов и рисков, связанных с работой на месте локации ЧС, получить информацию с высоким разрешением, позволяющую принять оперативные решения по устранению последствий.

**Ключевые слова:** стихийные бедствия, мониторинг, картирование, дистанционное зондирование Земли, беспилотные летательные аппараты

В Программе Третьей Всемирной конференции по снижению риска бедствий на 2015-2030 гг. были обозначены четыре приоритета действий, в условиях изменения климата (март, 2015, г. Сендай, Япония): понимание риска бедствий; усиление управления рисками; инвестирование в снижение рисков бедствий; повышение готовности к бедствиям [1].

Освоение горно-предгорных территорий в Таджикистане, сопряжено с опасностями, вызываемыми как природными стихийными явлениями, так и антропогенным воздействием на природные процессы. Возникающие землетрясения, сели, оползни, лавины и другие катастрофические явления, приводящие к человеческим жертвам и приносящие колоссальный материальный ущерб эконо-

мике стран горно-предгорных зон, относятся к таковым [2].

Республика Таджикистан (РТ) находится в Центральной Азии, которая расположена в центре Евразийского континента. 93% его территории занимают горы, принадлежащие к высочайшим горным системам Средней Азии, Памиру и Тянь-Шаню. По характеру поверхности типично горная страна с абсолютными высотами поверхностей от 300 до 7495 метров [3]. Климат Таджикистана - субтропический со значительными суточными и сезонными колебаниями температуры воздуха, малым количеством осадков, сухостью воздуха и малой облачностью. Абсолютный минимум температуры достигает -63°C на Памире (Булункуль). Абсолютный максимум температуры составляет +48°C (Ниж-

ний Пяндж). Крупнейшие озёра: Каракуль, Сарезское озеро, Искандеркуль и др. Рельеф страны разделяет территорию Таджикистан на гидрографические области, формирующие крупные реки Сырдарья, Амударья и расположенную между ними реку Зеравшан.

Целью исследований является анализ и обзор стихийных бедствий в Таджикистане; целесообразность и пути применения дистанционных методов зондирования при оперативном мониторинге и картировании в общей системе управления рисками стихийных бедствий.

В РТ ежегодно происходят сотни опасных природных явлений, приводящих к серьезным ущербам, которые, к сожалению, нередко сопровождаются человеческими жертвами. Страна наиболее подвержена опасным гидрологическим явлениям, в летний период – засухам, а в весенний период оползням, селям и наводнениям, вызванными проливными или долговременными дождями [4].

Ледники, в основном продукт атмосферного происхождения, обладающие способностью двигаться и что немаловажно, являющиеся источником и запасом воды, значимые для различных секторов экономики (сельское хозяйство, гидроэнергетика, промышленность и т.д.), и жизнедеятельности населения, а также для экосистем, формирующихся вокруг ледников. Образующиеся приледниковые (прорывоопасные) озёра также являются источниками возникновения рисков стихийных бедствий, связанные с образованием гляциальных селей.

Предупреждение зарождения и развития озер, прорыв которых, может привести к формированию селей, опорожнение селеопасных озер на моренно-ледниковых комплексах, мелиорация стартовых зон селей дождевого генезиса, фитомелиорация в средне- и низкогорной зонах, террасирование склонов в низкогорной зоне, создание емкостей для задержания селей и паводков, активное воздействие на интенсивность, продолжительность и фазовый состав выпа-

дающих осадков и т. д., относятся к превентивным организационно - хозяйственным и защитным мероприятиям. Они способствуют ослаблению селевой опасности и снижению возможного ущерба и предусматривают: ограничение хозяйственной деятельности в селеопасной зоне, сохранение растительного покрова на водосборах, рекультивация ландшафтов, безопасное размещение объектов рекреационного назначения и организация оповещения о селевой опасности, пропаганда поведения населения в селеопасной зоне.

Применяемые меры защиты от селей направлены на регулирование (управление) селевым процессом, непосредственными объектами которого являются факторы селеформирования, т.е. селевой поток, селевой бассейн, и, наконец, деятельность человека в селеопасных районах. К ним относятся: организационно-хозяйственная; агролесомелиоративная; гидротехническая; руслоломелиоративные мероприятия на склонах.

Относительно гляциальных озёр следует отметить, что в них широко применяются превентивные меры по снижению риска возникновения селей, в частности опорожнение морен сифонным способом, позволяющий предотвратить прорыв озера [5].

Основным фактором, возникновения селей, является сумма осадков. Тогда как, их интенсивность (даже морозящие дожди) не столь важны. В отличие от предгорных зон в среднегорной зоне крупность наносов и их насыщенность, транспортируемых селевым потоком, увеличивается, а повторяемость составляет один раз за период от 3 до 5 лет (апрель-июнь). Но причиной формирования селя, также, как и в предгорной зоне являются ливневые дожди и селевой поток проходит по постоянному водотоку (суходольные русла). Кратковременные, в то же время интенсивные ливневые дожди, продолжительные дожди, снеготаяние, значительные уклоны русла и склонов бассейнов горных рек и скопления в них смываемого рыхлооб-

молочного материала также играют важную роль в формировании селей.

По данным КЧС и ГО ПРТ в 2020 г. зарегистрированы 213 чрезвычайных случаев природного характера, в том числе 95 случаев схода лавин, 36 случаев селей, 30 случаев землетрясений, 21 случаев сильных ветров, 9 случаев проливных дождей, 9 случаев камнепадов, 6 случаев оползней, 4 случая подъема уровня воды в водохранилищах и 2

случая гроз. В 2021 году на территории республики зарегистрировано 359 стихийных бедствий, в том числе: 153 схода лавин, 53 селя, 42 камнепада, 40 сильных ветров, 33 землетрясения, 19 подъемов уровня воды в водохранилищах, 8 проливных дождей, 7 оползней. 1 эрозия почвы с обрушением, 1 сильный холод и 2 грома и молний. Количество опасных природных явлений за период 2017-2021 гг. представлено в таблице 1.

Таблица 1

## Опасные природные явления за 2017-2021 г.

Виды стихийных бедствий	Годы				
	2017	2018	2019	2020	2021
Землетрясения	33	30	25	30	33
Лавины	720	8	445	95	153
Сели	41	48	80	36	53
Камнепады	21	44	37	9	42
Сильный ветер	13	7	18	21	40
Повышение уровня воды	32	11	32	4	19
Гром и молния	-	3	1	2	2
Оползни	23	8	13	6	7

*Источник: Обзоры о чрезвычайных ситуациях в Республике Таджикистан за 2017-2021, <https://khf.tj>*

В 2020 году в результате стихийных бедствий погибли 8 человек из которых 4 в результате схода селевого потока. Сумма ущерба по стихийным бедствиям и катастрофам за 2020 г. составила 58 911 400 сомони из которых 20 289 300 сомони от последствий схода селей. В 2021 году в результате стихийных бедствий погибли 42 человека. Сумма ущерба по стихийным бедствиям за 2021 г. составила около 142 млн. сомони из которых 104 млн. сомони от последствий схода селевых потоков (около 73%) [6].

#### Материалы и методы исследования

Создание системы прогнозирования возможных проявлений стихийных бедствий позволяет в какой-то мере минимизировать вероятный ущерб. Назревает острая необходимость мониторинга и разработки мер по предотвращению возможных проявлений рисков, а также мер по обеспечению защи-

ты уязвимых регионов. Для оценки риска стихийных бедствий и выполнения задач по предотвращению и управлению стихийными бедствиями необходимо использовать современные геоинформационные технологии. В частности, использование фотogramметрии и дистанционного зондирования является эффективным, в общем, при управлении рисками стихийных бедствий, а также, в частности, при мониторинге и картировании [7].

Оперативный мониторинг – это система регулярных наблюдений, экспертных оценок и прогноза изменений земной поверхности в режиме 24/7, проводимых на основе материалов космической съемки Земли.

Основные задачи ЧС, решаемые с помощью космических снимков: создание наиболее точной, актуальной и наглядной электронной геопространственной основы

в районе чрезвычайной ситуации (ЧС); использование космической информации как составной части в комплексных прогнозах возникновения ЧС; оперативный мониторинг развития ЧС на всех стадиях; выявление локальных ЧС (оползни, осыпи, обвалы, просадки, эрозия); краткосрочные прогнозы и моделирование в рамках случившейся, длительно развивающейся ЧС; создание ряда разномасштабных ситуационных схем (от региона в целом: населенные пункты, дороги, орография, гидрография - до конкретного города: улицы, крупные здания, реки, рельеф) в виде векторных электронных карт для наложения на снимки в целях планирования операций, анализа ситуации и загрузки в мобильные терминалы; точное картографирование последствий ЧС с получением векторных электронных слоев разрушенных жилых и общественных зданий, промышленных сооружений, коммуникаций; построение трехмерных моделей потенциально опасных объектов, объектов жизнеобеспечения населения по космической стереосъемке [8].

Оперативное картографирование, подразумевает создание и использование карт в реальном или близком к реальному масштабу времени с целью своевременного информирования пользователей для возможного воздействия на ход процесса. При этом реальный масштаб времени понимается как характеристика скорости создания и использования карт, т. е. темпа, обеспечивающего немедленную обработку поступающей информации, ее картографическую визуализацию для оценки, мониторинга, управления, контроля каких-либо процессов и явлений, изменяющихся в том же темпе [9-10].

Этапы создания оперативной карты практически совпадают с алгоритмом составления географических карт, за исключением этапа составления, на котором создается общая картооснова с разной тематической нагрузкой, и этапа издания карт, поскольку оперативные карты не издаются, а публику-

ются в сети Интернет или на электронных носителях [11].

Таким образом, для эффективной координации необходима надежная и актуальная информация, основанная на реальной оценке ситуации, пострадавших от стихийных бедствий территорий, Комитетом по чрезвычайным ситуациям используются дополнительные технологии. Карты бесплатного доступа (Google Maps, OpenStreetMap и др.) позволят идентифицировать объекты и населенные пункты и дают обзор до стихийного бедствия. Использование последних спутниковых данных зависит от наличия соответствующих услуг спутниковых изображений, текущих погодных условий и доступной инфраструктуры для доступа к этим картам на месте. В основных сценариях обычно используются вертолетные системы, хотя их эксплуатация является дорогостоящей и зависит от существующей инфраструктуры [12].

В настоящее время для картирования и мониторинга районов, пострадавших от стихийных бедствий, все чаще используются небольшие системы беспилотных летательных аппаратов (далее БПЛА). Мониторинг осуществляется путем захвата отдельных аэрофотоснимков или видеопотоков и передачи изображения в режиме реального времени непосредственно на землю.

Опыт зарубежных стран показывает, что использование БПЛА для экстренного расследования локации ЧС значительно сокращает время, расходы и риски, связанные с работой на месте локации ЧС, и обеспечивает ценную, высокоточную информацию с высоким разрешением, которая приводит к эффективному решению возникших проблем [13].

В текущих оценочных операциях обычно используются небольшие квадрокоптеры БПЛА из-за их возможностей вертикального взлета и посадки. С другой стороны, такие БПЛА имеют довольно ограниченное время работы и крейсерскую скорость. В результа-

те эти системы не способны охватить большие площади за короткое время. БПЛА с неподвижным крылом нуждаются в ровном пространстве для приземления, которое может быть ограничено, например, при полете. разрушенные городские или горные районы. Но, в отличие от квадрокоптеров, они позволяют картографировать и контролировать более обширную местность.

В настоящее время растет спрос на БПЛА вертикального взлета и посадки (VTOL) который может управлять вертикальным взлетом и посадкой. Данный аппарат разработан в виде сочетания преимуществ как мультикоптера, так и самолета с неподвижным крылом [14].

Возможности применения БПЛА для целей мониторинга многогранны и могут быть применены при исследовании окружающей среды и водных ресурсов, последствий и прогнозирования ЧС, связанных со стихийными бедствиями, в том числе с геологическими и гидрологическими опасными явлениями, мониторинге природных ресурсов, в сельскохозяйственном производстве (наблюдение за посевами, пастбищами, и т. д.), а также при воздушном мониторинге крупных гидротехнических сооружений и др.

Программные продукты Agisoft Photoscan, Pix4D, Drone Deploy и др. позволяют создавать карты или даже 3D-облака точек из (более или менее произвольных) аэрофотоснимков.

Изображения, полученные нами с помощью БПЛА обрабатывались с помощью Pix4Dmapper (Pix4D) в трехэтапном рабочем процессе:

1. Первичная обработка: изображения и дополнительные исходные данные используются для определения особенностей на изображениях в виде связующих точек, поиска изображений, имеющих одинаковые связующие точки, и их идентификации, оптимизации и так далее.

2. Облако точек и поверхность: на основе автоматических связующих точек создаются

дополнительные связующие точки, в результате получается плотное облако точек.

3. Цифровая модель поверхности, ортомозаика: создается цифровая модель поверхности (ЦМП), ортомозаика и т.д.

Обработка снимков в данном программном продукте дает бесшовную быструю мозаику захваченной области с географической привязкой в формате GeoTIFF. Мозаика может быть использована как дополнительный слой используемый при картировании местности, детализации и дешифровки районов исследования в ГИС, для координации действий по оказанию помощи.

Полученная цифровая модель поверхности (DSM) и цифровая модель местности (DTM), несущие информацию о рельефе местности, позволяют использовать их для проведения гидрологических анализов, а при мониторинге речных бассейнов могут быть использованы также космические данные SRTM и другие цифровые модели рельефа, применяемые при моделировании речных бассейнов в Таджикистане.

Создание карт и детализация районов осуществляются на основе полученных цифровых данных. Выходной системой координат, полученных данных является WGS84/UTM zone 42N.

Научно - исследовательским центром экологии и окружающей среды Центральной Азии (Душанбе) в 2021 году в 9 районах Таджикистана, расположенных на разных высотах, проведены мониторинг окружающей среды и стихийных бедствий. В том числе в мае 2021 года была осуществлена аэрофотосъемка участков пострадавших от стихийных бедствий в районах А. Джамии и Вахш Хатлонской области. По результатам обработки полученных аэрофотосъемок были подготовлены подробные карты участков, пострадавших от стихийных бедствий. В районе А. Джамии общая площадь аэрофотосъемки составила 9,5 км<sup>2</sup> при разрешении изображения 5,32 см, а в районе Вахш - 6,0 км<sup>2</sup> при разрешении изображения 4,69 см (рис.1).

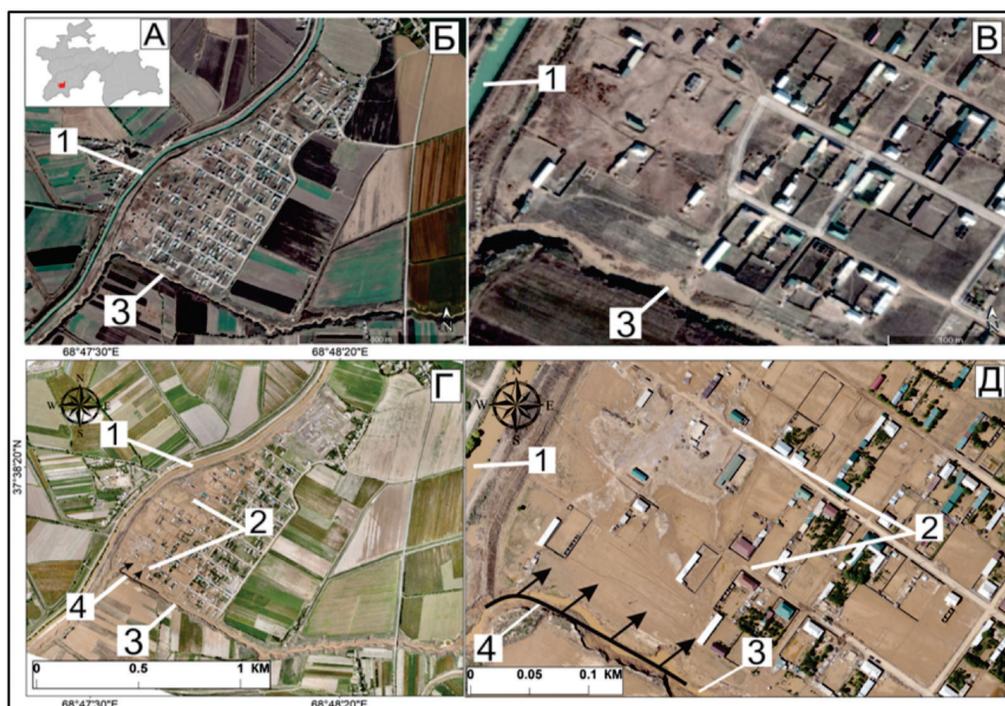


Рис. 1. Исследуемый участок в Вахиском районе: А-Вахиский район на карте Таджикистана, Б,В- снимки участка до схода селевого потока, с сервиса Google Earth, Г,Д- аэрофотосъёмка исследуемой местности после схода селевого потока с использованием БПЛА. 1- ирригационный канал, 2- разрушенные жилые дома, 3 селевой канал, 4- направление движение селевого потока.

Составленные карты пострадавших территорий были переданы в пользование Департаменту охраны территорий и населения Комитета по чрезвычайным ситуациям и гражданской обороне при Правительстве Республики Таджикистан.

### Выводы

Таким образом, представленные результаты исследований, включают в себя анализ и оценку опасных природных явлений в Таджикистане, а также разработанные рекомендации по управлению рисками стихийных бедствий, включая внедрение системы оперативного мониторинга и картирования зон, подверженных воздействию этих явлений.

Полученные по результатам работы данные и снимки высокого разрешения позволили детально обследовать каждую территорию, подвергшуюся воздействию стихийных бедствий.

На основе полученных данных по обследуемому объекту разработаны карты, переданные специалистам Комитета ЧС и ГО при Правительстве Республики Таджикистан.

### Литература

1. Сендайская рамочная программа по снижению риска бедствий на 2015–2030 гг. -С.14. <https://unecse.org/ru/sendayskaya-ramochnaya-programma>
2. Сафаров, М.С., Фазылов А.Р. Применение современных технологий дистанционного зондирования для мониторинга селеопасных районов горных территорий // ГеоРиск. –2020. –Т.14. –№ 2. –С. 32-41. – DOI 10.25296/1997-8669-2020-14-2-32-41. – EDN NRKTTN.
3. Национальная Программа Действий по борьбе с опустыниванием в Таджикистане. Душанбе: 2000.- 244с.
4. Сафаров, М.С., Фазылов А.Р. Опасные гидрологические явления в условиях изменения климата в Таджикистане // Наука и инновация. Серия геологических и технических наук. -2019. -№3. -С. 86–93.
5. Управление рисками селевых потоков / К.Ж. Раимбеков, А.Б. Кусаинов // Пожарная безопасность: проблемы и пер-

- спективы. -2015. -№1(6). -С. 331-334.
6. Официальный сайт КЧС и ГО ПРТ. URL: <https://khf.tj>
  7. Сафаров, М.С., Фазылов А.Р. Риски стихийных бедствий, связанные с водой и дистанционные методы их мониторинга // Известия Академии наук Республики Таджикистан. Отделение физико-математических, химических, геологических и технических наук. -2018. -№4(173), -С. 160–166.
  8. Мониторинг ЧС. Совзонд. (источник: онлайн ресурс URL: <https://sovzond.ru/industry-solutions/emergencies/>)
  9. Тарасов, А.В. Современные методы оперативного картографирования нарушений лесного покрова / А. В. Тарасов // Вестник СГУГиТ (Сибирского государственного университета геосистем и технологий). – 2020. – Т. 25, № 3. – С. 201-213. – DOI 10.33764/2411-1759-2020-25-3-201-213. – EDN ICKVMG.
  10. Берлянт, А.М. Теория геоизображений / А.М. Берлянт ; А.М. Берлянт ; Московский гос. ун-т им. М.В. Ломоносова, Географический фак.. - Москва : ГЕОС, 2006. – ISBN 5-89118-356-8. – EDN QKFYRJ.
  11. Нигматуллин А.Ф., Салихова З.М. и Якимов М.С. «Возможности оперативного картографирования для обработки данных избирательных процессов» Инновационная наука, -№мониторинг 9 (21), 2016, с. 377-379.
  12. Hein, D., Bayer, S., Berger, R., Kraft, T., and Lesmeister, D.: An Integrated Rapid Mapping System For Disaster Management // Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci. -2017. XLII-1/W1, 499–504, <https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLII-1-W1-499-2017>, 2017.
  13. Мусаева М. Х., Калел М. Х., Ергалиев Д. С. Интеграция систем ДЗЗ и БПЛА для предотвращения и мониторинга чрезвычайных ситуаций в Республике Казахстан // Труды Международного симпозиума Надежность и качество. -2018. -Т.2. -С. 27–29.
  14. Correnti, V. & Capri, S.. (2005). VTOL aircraft in disaster planning and management: A model for the definition of a HEMS network. 31st European Rotorcraft Forum. 2005. 123.1-123.13.

## НАЗОРАТИ ФАВРӢ ВА ХАРИТАСОЗӢ ДАР СИСТЕМАИ УМУМИИ ИДОРАИ ХАВФИ ОФАТӢО

***Аннотатсия:** дар мақола таҳлил ва баррасии хусусиятҳои мониторинги оперативӣ ва харитасозӣ дар системаи умумии идоракунии хатари офатҳои табиӣ бо истифода аз усулҳои зондукунии фосилавии Замин (ЗФЗ) оварда шудааст. Дар шароити дастнорасии манотиқи кӯҳистонии Тоҷикистон истифодаи ЗФЗ хусусияти мубрамият ва серталабро дар бар мегирад. Таъбиқи ҳадафу вазифаҳо дар соҳаи харитасозӣ ва мониторинги минтақаҳои аз офатҳои табиӣ зарардида таваассути гирифтани аксҳои ҳавоии инфиродӣ ва чараёнҳои видеоӣ дар вақти воқеӣ бо истифода аз ҳавопаймоҳои хурди бесарнишин, ки воситаи муҳими таҳқиқи фаврии оқибатҳои ҳолатҳои фавқулодда (ҲФ) мебошанд, амалӣ карда шуд. Тавасияҳои таҳияшуда оид ба идоракунии хатари офатҳои табиӣ чорӣ намудани системаи мониторинги оперативӣ ва харитасозии минтақаҳои аз ин падидаҳо зарардидаро дар бар мегиранд. Тасдиқ шудааст, ки онҳо барои кам кардани вақт, хароҷот ва хатарҳои дар маҳалли ҳодисаи фавқулодда ҳангоми кор барои ба даст*

овардани маълумоти баландсифат сахмгузошта имкон медиҳанд қарорҳои фаврӣ барои бартараф кардани оқибатҳоро қабул карда шаванд.

*Калидвожаҳо:* ҳолатҳои фавқуллода, мониторинг, харитасозӣ, зондкунии фотосилави Замин, ҳавопаймоҳои бесарнишин.

## OPERATIONAL MONITORING AND MAPPING IN THE GENERAL SYSTEM OF DISASTER RISK MANAGEMENT

**Annotation:** *the article provides an analysis and review of the features of operational monitoring and mapping in the general system of disaster risk management using Earth remote sensing (ERS) methods. In the conditions of inaccessibility of the mountainous territories of Tajikistan, the use of remote sensing is relevant and in demand. The implementation of the goals and objectives in the field of mapping and monitoring areas affected by natural disasters was carried out by capturing individual aerial photographs and video streams in real-time using small-unmanned aerial vehicles (UAVs), which are an important tool for urgent investigation of the consequences of emergency situations (ES). The developed recommendations for disaster risk management include introducing a system of operational monitoring and mapping of areas affected by these phenomena. It has been confirmed that they help reduce time, costs and risks associated with working at an emergency location and obtain high-resolution information that allows you to make prompt decisions to eliminate the consequences.*

**Keywords:** *natural disasters, monitoring, mapping, Earth remote sensing, unmanned aerial vehicles.*

**Маълумот дар бораи муаллифон:** Сафаров Мустафо Сулаймонович, PhD, муҳандис оид ба ҳавопаймоҳои бесарнишини Маркази илмӣ-таҳқиқотии экология ва муҳити зисти Осиёи Марказӣ (Душанбе), Ходими калони илмии Институти масъалаҳои об, гидроэнергетика ва экологияи АМИТ, E-mail: mustafo-2010@mail.ru, тел.: 904-10-01-44; Фазылов Али Рахматджанович, доктори илмҳои техникаӣ, дотсент, мудири лабораторияи «Иншоотҳои гидротехникӣ»-и Институти масъалаҳои об, гидроэнергетика ва экологияи АМИТ, E-mail: alifazilov53@gmail.com, тел: +992 918565070; Гулаёзов Мачид Шоназарович –директори иҷроияи Маркази илмӣ-таҳқиқотии экология ва муҳити зисти Осиёи Марказӣ (Душанбе), E-mail: majid1983@mail.ru; тел: (+992) 915901113;

**Сведения об авторах:** Сафаров Мустафо Сулаймонович, PhD, инженер по БПЛА Научно-исследовательского центра экологии и окружающей среды Центральной Азии (Душанбе), Старший научный сотрудник Института водных ресурсов, гидроэнергетики и экологии НАНТ, E-mail: mustafo-2010@mail.ru, тел. : 904-10-01-44; Фазылов Али Рахматджанович, доктор технических наук, доцент, заведующий лабораторией «Гидротехнические сооружения» Института водных проблем, гидроэнергетики и экологии НАНТ, E-mail: alifazilov53@gmail.com, тел: +992 918565070; Гулаёзов Маджид Шоназарович - исполнительный директор Научно-исследовательского центра экологии и окружающей среды Центральной Азии (Душанбе), E-mail: majid1983@mail.ru; телефон: (+992) 915901113;

**Information about the authors:** Safarov Mustafa Sulaymonovich, PhD, UAV engineer of the Research Center for Ecology and Environment of Central Asia (Dushanbe), Researcher of Institute of Water Resources, Hydropower and Ecology of the NAST, E-mail: mustafo-2010@mail.ru, tel.: 904-10-01-44; Fazylov Ali Rakhmatdzhonovich, Doctor of Technical Sciences,

Associate Professor, Head of the Laboratory “Hydraulic Structures” of the Institute of Water Problems, Hydropower and Ecology of the National Academy of Sciences, E-mail: alifazilov53@gmail.com, tel: +992 918565070; Gulayozov Majid Shonazarovich - Executive Director of the Research Center for Ecology and Environment of Central Asia (Dushanbe), E-mail: majid1983@mail.ru; phone: (+992) 915901113.

УДК 550.343.4 (575.3)

## МОНИТОРИНГ ОПАСНЫХ ОПОЛЗНЕВЫХ УЧАСТКОВ БЕРЕГОВ РОГУНСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

*Маджиди М., Ицук Н.Р., Якубова Г.Ю.*

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

**Аннотация:** в статье рассмотрены опасные участки проявления оползневых процессов на берегах будущего Рогунского водохранилища. Описывается два наиболее опасных оползневых участка, могущих нарушить безопасную эксплуатацию Рогунского водохранилища. Особенную опасность они представляют в стадии наполнения водохранилища до проектной отметки.

**Ключевые слова:** оползень, береговой склон, водохранилище, Рогун, смещение, перекрытие, русло, безопасность.

**Введение.** Геологическое строение района строительства Рогунской ГЭС изучено довольно детально. Анализ накопившихся на сегодняшний день геолого-геофизических и сейсмологических материалов, даёт основание судить о тектоническом устройстве, глубинном строении, сейсмической активности как отдельных участков, так и территории в целом. Это позволяет оценить степень сейсмической опасности исследуемого района. Однако, некоторые опасные оползневые участки изучены недостаточно и за ними необходимо установить наблюдение. Особенно опасными они будут в период начального заполнения Рогунского водохранилища, которое планируется растянуть на 10-15 лет, чтобы не вызвать негативного сейсмического эффекта. Известно, что землетрясения с интенсивностью землетрясения 6 баллов и более могут вызывать оползневые процессы, особенно в весенне-зимний период, когда грунты склонов насыщаются водой. Недоучёт опасности таких участков в начальный период заполнения водохрани-

лища может привести к негативным последствиям – разрушению инфраструктуры эксплуатации водохранилища.

Основные проектные показатели Рогунского водохранилища следующие: НПУ – 1290 м, ГС – 1200м, полный объём 13,3 км<sup>3</sup>, полезный – 4 млрд. м<sup>3</sup>, длина 62,5 км. Ежегодная сработка уровня воды в водохранилище составит 90м. Водохранилище будет иметь в плане сложную форму. Площадь водохранилища, определённая по топокарте масштаба 1:25000, составляет 152 км<sup>2</sup>, протяжённость берегов – 290 км.

**Физико-географическая характеристика.** Территория Рогунского водохранилища является высокогорной областью с сильно расчленённым рельефом и включает в себя труднодоступные области хребтов Каратегинского, Вахшского, Петра Первого и Сурхку. Хребты вытянуты в СВ направлении, абсолютные высоты их колеблются от 1500 м до 4800 м. Все хребты имеют скалистый облик, труднопроходимый рельеф. Хребет Сурхку имеет ступенчатое строе-