

НАУКА О ЗЕМЛЕ

УДК 627.141.1+528

ОПАСНЫЕ ПРИРОДНЫЕ ПРОЦЕССЫ ЭКЗОГЕННОГО ХАРАКТЕРА БАССЕЙНА РЕКИ ЗЕРАВШАН (ПЕНДЖИКЕНТ, ТАДЖИКИСТАН)

САФАРОВ МУСТАФО СУЛАЙМОНОВИЧ

PhD, инженер по БПЛА Научно- исследовательского центра экологии и окружающей среды Центральной Азии (Душанбе), научный сотрудник Института водных проблем, гидроэнергетики и экологии Национальной академии наук Таджикистана, Душанбе, Таджикистан

ФАЗЫЛОВ АЛИ РАХМАТДЖАНОВИЧ

доктор технических наук, доцент, заведующий лабораторией «Гидротехнические сооружения» Института водных проблем, гидроэнергетики и экологии Национальной академии наук Таджикистана, Душанбе, Таджикистан

ГУЛАЁЗОВ МАДЖИД ШОНАЗАРОВИЧ

исполнительный директор Научно- исследовательского центра экологии и окружающей среды Центральной Азии (Душанбе), Душанбе, Таджикистан

НАВРУЗШОЕВ ХОФИЗ ДОВУТШОЕВИЧ

Старший научный сотрудник Государственного научного учреждения “Центр изучения ледников Национальной академии наук Таджикистана”, Душанбе, Таджикистан.

***Аннотация:** В данной статье представлены результаты полевых работ за 2021 г, анализа и оценка характера и условия формирования селевых потоков бассейна реки Зеравшан (зоны схода селевых потоков на территории города Пенджикент, Согдийской области Таджикистана). Исследования осуществлены с помощью беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) и спутниковых систем. Полученные данные позволили подготовить карты высокого разрешения для данных районов, а также выявлены изменения зоны схода селевого отложения, до и после схода селевых потоков*

***Ключевые слова:** бассейн, река, Зеравшан, селевые потоки, селепроявления, изменения, беспилотные летательные аппараты (БПЛА), аэрофотосъемка.*

Территория Таджикистана наиболее сильно подвержена воздействию опасных гидрологических явлений, а сели или бурные потоки, насыщенные твердым материалом, наблюдаются во многих районах страны. Около 85% территории Таджикистана подвержены риску возникновения селей, а 32% находятся в зоне высокого риска возникновения селей. Сели обычно обусловлены орографическими, тектоно-геоморфологическими, геолого-литологическими, почвенно-растительными, антропогенными и особенно гидрометеорологическими условиями, т.к. последние прямо влияют на селепроявления [1].

Формирование селей происходит из-за: кратковременных, в тоже время интенсивных ливневых дождей; продолжительных дождей; снеготаяния, прорыва горных и ледниковых озер; значительных уклонов русла и склонов бассейнов горных рек и скопления в них смываемого рыхло-обмолочного материала.

Значительное влияние оказывает также изменение климата. В частности специалистами в соответствии со сценарием изменения климата прогнозируется, повышение температуры до 2050 года в республике ожидается в среднем от 1,8 до 2,9 °C [2].

В связи с глобальным потеплением климата ведущего к увеличению частоты и мощности стихийных явлений погоды, мониторинг, оповещение и защита от стихийных явлений погоды должны являться составной частью программ развития экономики и безопасности населения [3].

Таяние снега не вызывает значительных селей. Но в районах большого скопления многолетнего снега, возможно образование небольших снежниковых селей. В Таджикистане сели, как правило, происходят весной в предгорьях и долинах. В горах и высокогорьях селевые потоки обычно возникают летом, когда начинается снеготаяние [4]. Установлено, что в засушливых районах осадки свыше 15-20 мм в день вызывают могут спровоцировать сход селей [5].

Как было отмечено выше для образования селей необходимо также наличие интенсивного ливня или продолжительного обложного дождя. В первом случае рыхлый грунт сбрасывается, поверхностным стоком, со склонов в русло саев или основной реки. Во втором случае рыхлый материал переувлажняется, приобретает свойство текучести и в виде отдельных грязевых оплывин, оползней-потоков попадает в русла. Перекрывая русла рек, они образуют завалы, которые разжижаясь, превращаются в селевые потоки часто достигающих катастрофических размеров. Наибольшее количество селей приходится месяцы с наибольшим количеством жидких осадков - май и июнь. Подобным селям характерны максимальные расходы - от 7 до 1160 м³/сек [6].

Сели, как известно, относятся к явлениям, создающие и разрушающие природные формы рельефа, включающие три основные геоморфологические зоны: селеобразования (очаг), транзита и разгрузки [7]. Внезапность и частота проявлений, тесная парагенетическая связь с другими негативными природными процессами, слабая возможность прогноза - всё это делает сели серьёзным препятствием для безопасной эксплуатации и дальнейшего освоения горных территорий [8]. Одной из территории, подверженной сильной деятельности селевых явлений является бассейн р. Зеравшан.

Бассейн р. Зеравшан (рисунок 1), расположенный между Туркестанским и Гиссарским хребтами и западными отрогами Туркестанского и Зеравшанского хребтов, разделяет два крупнейших речных бассейна Средней Азии - Аму-Дарьи и Сыр-Дарьи. Туркестанский, Зеравшанский и Гиссарский хребты, в особенности на востоке, а Зеравшанский хребет между поперечными долинами Фандарьи и Кштута достигают весьма значительных высот. Отдельные вершины первых двух хребтов превышают отметки 5000 м, а Гиссарского почти достигают 5000 м [9]. С геологической точки зрения, бассейн р. Зеравшан является одним из наиболее селеопасных территорий.

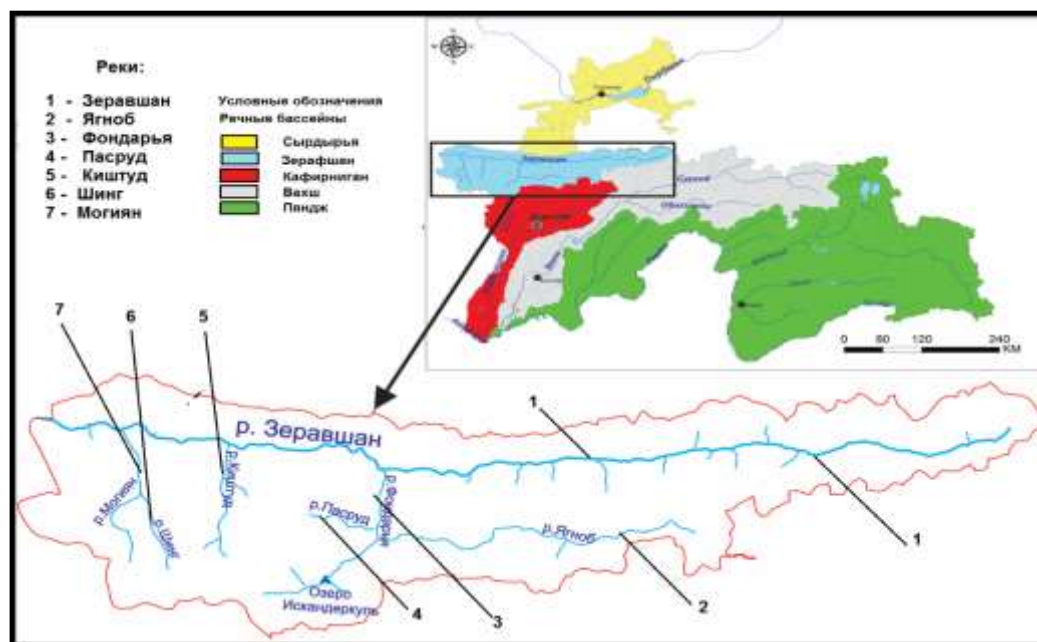


Рисунок 1 – Бассейна р. Зеравшан на карте Центральной Азии и Таджикистана

В климатическом отношении, бассейн р. Зеравшан отличается сравнительной засушливостью, что связано с орографическими особенностями. Среднее годовое количество осадков колеблется в пределах 159мм. (Мадрушкент, Н=2254) и 351мм. (Шахристанский перевал, Н=3142) мм. Подавляющее количество осадков выпадает в зимне-весенний период в виде снега и дождей. Нередко дожди имеют ливневый характер. В бассейне р. Зеравшан формируются, главным образом, грязно-каменные селевые потоки. Селевые потоки чаще всего угрожают шоссе Айни-Пенджикент и сельского-хозяйственным посевам, расположенных на низких террасах рек [10].

Для бассейна р. Зеравшан характерны склоновые типы территории, располагающиеся на склонах крутизной 30-40°, в эрозионных врезах или на плоских склонах с делювиальным чехлом, занимающие зрелые речные долины, имеют длину зон в пределах 1 км, с объемом единовременных выносов 2-5 тыс. м³. Параметры малых селевых бассейнов составляют площадь 2-4 км², длина временного водотока 2-4 км, средний уклон водотока 300-400%, а крупные, площадь которых составляет от 40 до 60 км², со средним уклон водотока 100-200 %, имеют длину водотока 10-15 км. Основным механизмом зарождения селей, характерным для всех типов селевых бассейнов, служит эрозионный - размыв накоплений обломочных масс в русле водными паводками [4].

Бассейн р. Зеравшан подвержен периодическим проявлением опасных природных явлений приводящие к разрушениям, экономическому ущербу и создающие угрозу безопасности жизнедеятельности, в том числе населения г. Пенджикент.

В июле 2021 года, 12 человек погибли в результате схода селей в Согдийской области Таджикистана. В частности, под селевой поток на летнем пастбище села Киштудак, расположенного выше сельского джамоата Дашти Кози (г. Пенджикент) на расстоянии 30 км, попали 10 человек, пасущих скот. Спасателям удалось извлечь из-под грязевых масс тела 8 жителей данного села. Частично пострадали 15 жилых домов, приусадебные участки, 3 км межпоселковой дороги, пали 35 голов крупнорогатого и мелкого скота. Ущерб от селевого был нанесен селам Вешист, Рузиобнок г. Пенджикент и других районов Согдийской области (рисунок 2) [11].



Рисунок 2 – Результат схода селевого потока произошедшего в городе Пенджикент в июле 2021 г.

Анализ селевых явлений показывает, что в районе исследований сели в основном начинаются в марте-апреле, и также фиксируются в мае-июле. Стоит отметить, что, начиная с 2017 г. по 2021 г. селевые потоки в г. Пенджикент были зафиксированы в основном в апреле-мае и июне-июле.

Одним из основных причин возникновения селей на территории г. Пенджикент являются атмосферные осадки. На рисунках 3А и 3Б представлены среднегодовое количество осадков и среднегодовое значения температуры воздуха, по метеорологической станции Пенджикент. Как видно (рисунок 3А) годовое количество осадков в Пенджикенте увеличивается в течение периода 1961-2017 гг. с коэффициентом тренда 0,43 [12].

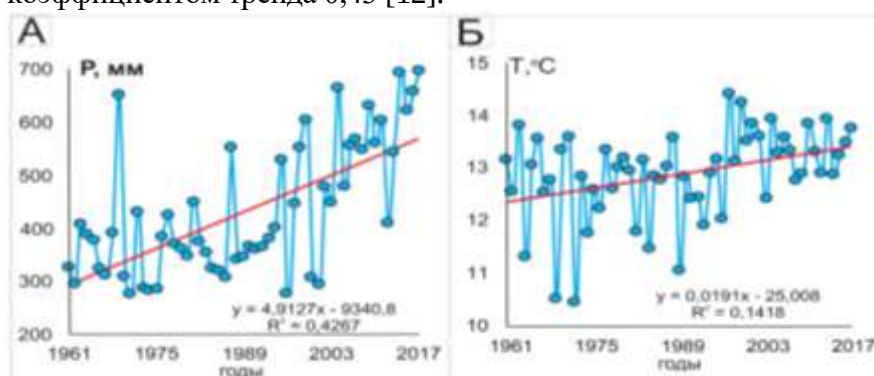


Рисунок 3 – Среднегодовое значение атмосферных осадков (А) и среднегодовое значение температуры (Б) по метеорологическим станциям Пенджикент с 1961 по 2017 гг. [12]

С целью мониторинга и картирования зон схода селей, авторами были выполнены работы в селах Зидды, Вешист, Киштудак и их близлежащих территориях (рисунок 4).

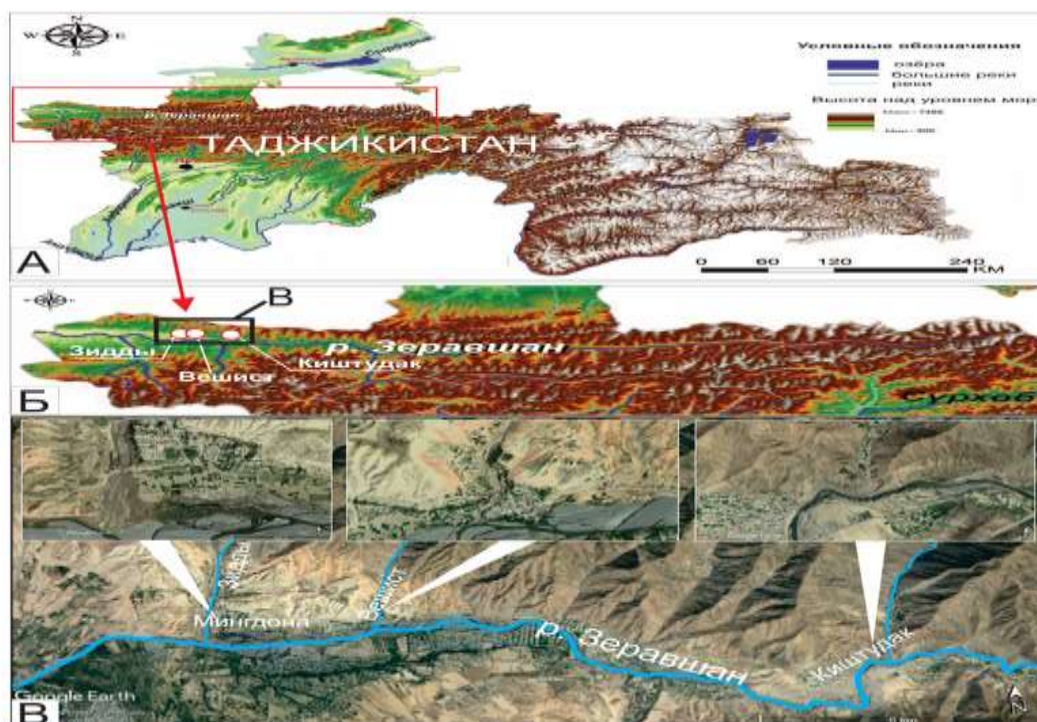


Рисунок 4 – Зона исследования: А и Б – район исследования на географической карте Таджикистана, В – участки исследования на спутниковом снимке.

Для оценки риска стихийных бедствий и выполнения задач по предотвращению и управлению стихийными бедствиями необходимо использовать современные геоинформационные технологии [13]. Учет соответствующих мер по прогнозированию, предотвращению, своевременному оповещению населения о приближении момента их возникновения, своевременному принятию мер защиты и губительных последствий позволить их избежать или свести к минимуму [14].

Важное значение, в силу своих уникальных особенностей (широкий территориальный охват, оперативность, контроль за отдаленными районами, всепогодность при использовании радарной съемки и т. д.), приобретают технологии дистанционного зондирования земли (ДЗЗ) применяемые для экологического контроля и мониторинга в экономической сфере, (сельское, лесное и водное хозяйство), в исследованиях по оценке антропогенного и техногенного воздействия на окружающую среду [15].

Непрерывная тенденция в миниатюризации электроники [16] а также инновации в области ДЗЗ и фотограмметрических изображений и их применение являются основными инструментами при оценке риска территории и ущерба от опасных природных явлений [17,18].

В целом, геопространственные данные и технологии играют ключевую роль в спасении жизней, предотвращении или минимизации ущерба и снижении затрат на борьбу с чрезвычайными ситуациями, а также при разработке сценариев управления природными рисками, оценке уязвимости и оперативном мониторинге последствий стихийных бедствий [19]. В последнее время наряду с наземными полевыми исследованиями селевых явлений и других стихийных бедствий большое значение приобретают применение ДЗЗ особенно беспилотные летательные аппараты (далее БПЛА) для проведения аэрофотосъемок: мониторинг селеопасных территорий (зона формирования, транспортировки массы и селевого отложения, оценка ущерба) дешифрирование полученных данных и аэро-видеонаблюдение с воздуха.

Беспилотный летательный аппарат является современной передовой технологией, способствующая решению огромного количество задач в геодезии, кадастровых съемках, при

охране и оценке состояния окружающей среды, анализе потенциальных стихийных бедствий и их последствий и др. [20]. БПЛА эффективны при картировании селевых водосборов. Аэрофото-видео съёмки могут быть проведены перед началом полевых работ с целью ознакомления с природными условиями исследуемой территории и условиями селеформирования, оценки степени селевой опасности, выбора ключевых участков до и во время полевых работ с целью проверки результатов камерального дешифрирования и контроля составленных карт [4]. Аэрофотосъемка с помощью БПЛА в горно-предгорных районах позволяет выявить наиболее опасные селевые очаги, оценить возможность и степень участия в формировании селей ледников и ледниковых озер, снежников, оползней, а после стихийного бедствия позволяет оценить ущерб, выявить пути прохода селей, оценить селевые отложения и другие. БПЛА могут быть включены в состав сил и средств по ликвидации ЧС, а также могут оказаться крайне полезными, а порой и незаменимыми, при проведении поисково-спасательных операций на суше и на море [21] а также поиск людей является одной из важных задач [22, 23].

Авторами была выполнена аэрофотосъемка исследуемых участков с применением БПЛА (рисунок 5) и получены аэроснимки высоко разрешения. В частности для местности Киштудак по результатам обработки снимков была подготовлена карта местности с разрешением 19 см и площадью более 40 км² (рисунок 6), а для местности Вешист - площадь 33 км² с разрешением 15 см (рисунок 7).



Рисунок 5 – Мониторинговые (полевые) исследования территории Киштудак. г. Пенджикент реализованные с применением Микро БПЛА QC-2
(1- посадка БПЛА QC-2, 2 – оператор)

Результаты аэрофотосъемочных работ позволили за короткий срок выявить следы формирования, пути движения селевого процесса, оценить состояние разрушенной инфраструктуры и оценить границы селевых отложений и её влияние на русла р. Зеравшан.

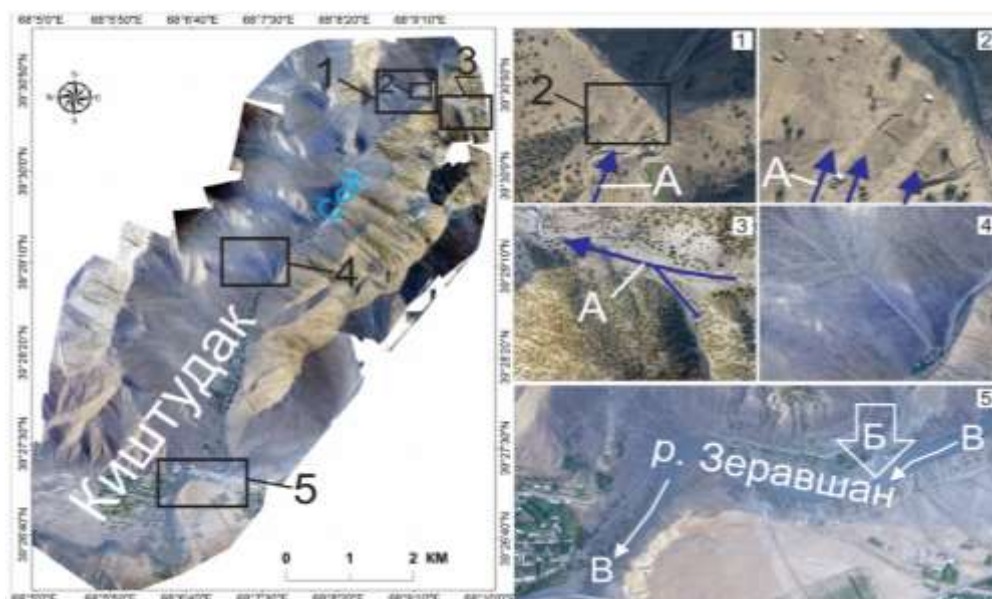


Рисунок 6 – Карта зоны бедствия села Киштудак, г. Пенджикент. Согдийская область. Разрешение снимков 18.64 см. Площадь 40 км². А - направление селевого потока, Б- селевые отложения, В - русло реки Зеравшан



Рисунок 7 – Карта пострадавшего от стихийного бедствия территории села Вешист г. Пенджикент, Согдийская область. Разрешение снимков 17 см. Площадь 45 км². А – разрушенный мост, Б- селевые отложения, В - русло реки Зеравшан

Сравнительный анализ зоны аэрофотосъёмки позволили установить существенное изменение на участках исследований. В частности, на участке села Вешист (рисунок 8) четко видны изменения после схода селевого потока - разрушенный мост, селевые отложения на участках земли жилого дома и на берегу реки Зеравшан. Следует, отметить, что с 2013 по данным сервиса Google Earth (рисунок 8А) и снимков, полученные нами с помощью БПЛА в 2021 году (рисунок 8Б) длина селевых отложений увеличились в направлении реки Зеравшан более чем на 120 метров, что естественным образом привело к изменению её береговой линии.



Рисунок 8 – Изменение зоны схода селевого потока на участке Вешист до и после его схода с 2013 (2) по 2021 (1) гг. А – русло реки Зеравшан, Б- селевые отложения, В – граница селевого отложения в 2013 г., Г – граница селевого отложения в 2021 г.

Было выявлено четкое очертание зон отложений (аккумуляции) продуктов селевого потока и пути движения селевых потоков, который позволяет констатировать факт, подтверждающий о ранее проходящих селевых потоках, на исследуемой территории. Установлено, что селевые потоки по данному руслу проходят часто в том числе в период между 2013 и 2021 гг.

При анализе селевого русла широко применяются данные ДЗЗ с доступных открытых ресурсов. В работе были использованы космические снимки со спутника Sentinel 2A с пространственным разрешением 10 метров в период до (08.07.2021) и после (28.07.2021) селевого потока с минимальной облачностью.

Спутниковые снимки анализировались методами NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) (рисунок 9) и mNDWI (Modified Normalized Difference Water Index) (рисунок 10) которые отражают растительный покров и водных поверхностей.

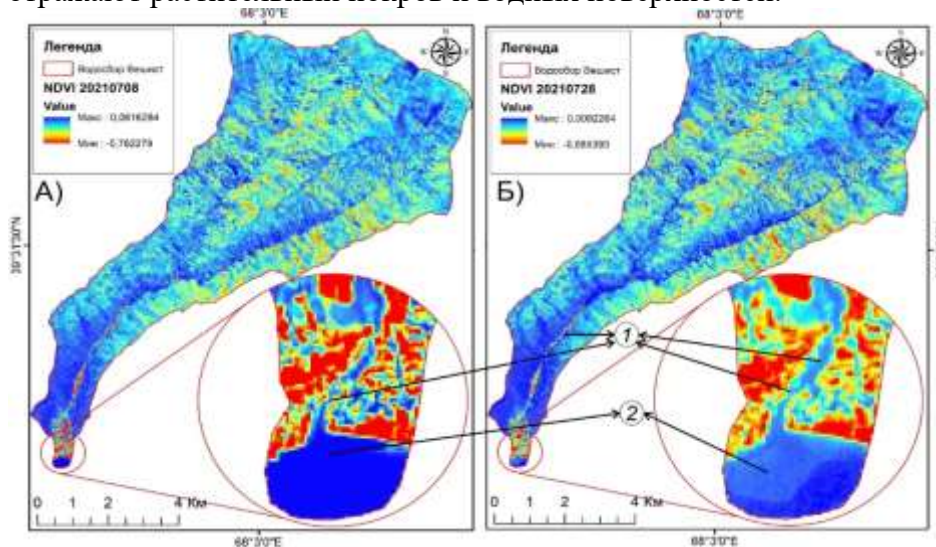


Рисунок 9 – Результаты изменения селевого русла по методике NDVI. А) до селевого потока, Б) после селевого потока. 1-изменение русла, 2- селевые отложения

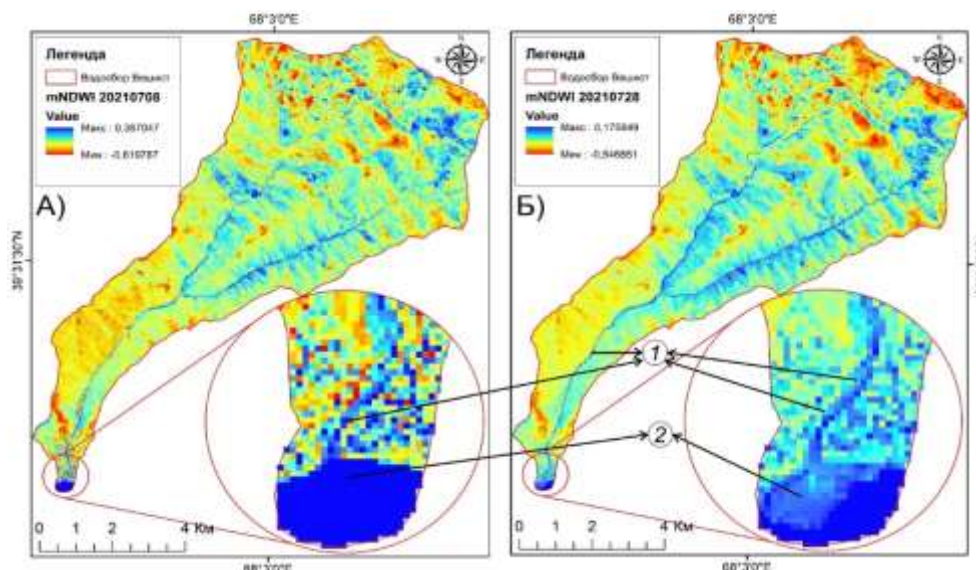


Рисунок 10 – Результаты изменения селевого русла по методике mNDWI. А) до селевого потока, Б) после селевого потока. 1-изменение русла, 2- селевые отложения

В процессе исследований проведена обработка данных аэрофотоснимков, полученных в ходе полевых работ с использованием БПЛА; подготовлены высококачественные карты территорий, переданные в последствие в исполнительный орган местной власти города Пенджикент.

Рекомендуется продолжить ежегодный мониторинг селеопасных территорий с использованием БПЛА, в особенности уязвимых и труднодоступных территорий с целью предотвращения возможных селепроявлений и разработки мероприятий реализуемые в сотрудничестве с КЧС и ГО РТ и местными органами.

ЛИТЕРАТУРА

1. Сергеева Г.А., Волобуева Л.Л., Кривошеева Е.А. Чрезвычайные ситуации, связанные с селевыми потоками на Северном Кавказе // Инженерный вестник Дона. 2012. №4-1(22). С. 161.-EDN PRXNAV.
2. Садриддинов Н.Т., Шодиев Б.С, Шодиев И.М., Шодиев М.С Обеспечение экологической устойчивости и развитие общества // Вестник Бохтарского государственного университета имени Носира Хусрава. Серия гуманитарных и экономических наук. 2016. №1-2(37). С. 101-107.
3. Абшаев М. Т., Абшаев А. М., Анаев М. А., Соловьев В. В., Шагин С. И. Многоцелевой авиационный комплекс мониторинга, предупреждения и защиты от стихийных бедствий на базе беспилотного летательного аппарата «Нарт» // Известия ЮФУ. Технические науки. 2011. №3(116). С. 229-238.
4. Перов В.Ф. Селеведение. Москва: Географический факультет МГУ, 2012. 272 с.
5. Ишук Н., 2018. Оценка и распределение селевых потоков в Таджикистане. В кн. под ред. С. Ксенариоса, Опасные природные явления в Таджикистане. Офис программ ОБСЕ в Душанбе, Душанбе, С. 12–21.
6. Шарабаев В.А., Ашуров С. Обуздание селевых потоков. - Душанбе: Ирфон, 1972. 67 с.
7. 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.
8. Сергеева Г.А, Волобуева Л.Л., Кривошеева Е.А. Долгосрочный прогноз развития и направления изучения селевых явлений на горной территории Карачаево-Черкесии.

- Меры защиты от селей // Инженерный вестник Дона. - 2012. №4-1(22). С. 162. -EDN PRXNAL.
9. Шульц В.Л. Реки Средней Азии. - СПб.: Гидрометеиздат, 1965. - 690 с.
 10. Якутилов М.Р Сели и борьба с ними в Таджикистане. - Душанбе: Ирфон, 1966.- 48с.
 11. Официальный сайт КЧС URL: <https://khf.tj/node/3528> (дата обращения: 26.07.2021).
 12. Курбонов Н.Б, Фрумин Г.Т. Влияние изменения климата на условия формирования и химического состава водных ресурсов бассейна реки Зеравшан. - Beau bassin: Lambert Academic Publishing, 1966. 145 с.
 13. Сафаров М.С., Фазылов А.Р. Риски стихийных бедствий, связанные с водой, и дистанционные методы их мониторинга // Известия АН РТ. Отд. физико-математических, химических, геологических и технических наук. 2018. №4 (173). С. 160-166.
 14. Мазамбекова И. Т. Чрезвычайные ситуации природного характера, возможные на территории республики Таджикистан, и их последствия // Экология и безопасность в техносфере: современные проблемы и пути решения: сборник трудов Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых, аспирантов и студентов. Юрга: ТПУ, 2015. С. 317-320.
 15. Гермак, О. В. Использование данных дистанционного зондирования для экологического мониторинга опустынивания // Инженерный вестник Дона. 2013. №4(27). С. 169. - EDN SBLLGR..
 16. Eisenbeiß H., 2009. UAV Photogrammetry. D.Sc. Thesis, Institut für Geodäsie und Photogrammetrie, Eidgenössische Technische Hochschule Zürich, Zurich, Switzerland. URL:https://ethz.ch/content/dam/ethz/special-interest/baug/igp-dam/documents/PhD_Theses/105.pdf
 17. Yamazaki F., 2001. Applications of remote sensing and GIS for damage assessment. Proceedings of the 8th International Conference on structural safety and reliability ICOSAR 2001, Vol. 1, Los Angeles, CA, USA, pp. 1–12.
 18. R. AL-Tahir, M. Arthur, and D. Davis., Low Cost Aerial Mapping Alternatives for Natural Disasters in the Caribbean, (Trinidad and Tobago 2011).
 19. Сафаров М.С., Фазылов А.Р. Применение современных технологий дистанционного зондирования для мониторинга селеопасных районов горных территорий // ГеоРиск. 2020. №2. С. 32-41. <https://doi.org/10.25296/1997-8669-2020-14-2-32-41>.
 20. Харитонов Т.Б., Хахулина Н.Б., Рыжков К.А. К выбору моделей и характеристик БПЛА в производстве геодезических и кадастровых задач // Актуальные проблемы землеустройства, кадастра и природообустройства: Материалы I международной научно-практической конференции факультета землеустройства и кадастров ВГАУ. - Воронеж: Воронежский государственный аграрный университет им. Императора Петра I, 2019. С. 353-359.
 21. Воропаев Н.П. Применение беспилотных летательных аппаратов в интересах МЧС России // Научно-аналитический журнал «Вестник Санкт-Петербургского университета Государственной противопожарной службы МЧС России». 2014. №4. С. 13-17.
 22. Цокурова И.Г., Денисов А.Н., Самойленко С.А., Остапчук М.Л. Применение беспилотных летательных аппаратов типа квадрокоптер "DJI inspire 1V 2. 0" при поиске людей на местности // Наука, техника и образование. 2018. №11 (52). С. 43-46. DOI 10.20861/2312-8267-2018-52-005. – EDN YOWOHJ.
 23. Тумов, А.К. Применение беспилотных летательных аппаратов при проведении аварийно-спасательных работ // Проблемы обеспечения безопасности при ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций. 2018. №Т.1. С. 662-664.