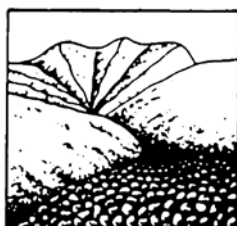


СЕЛЕВЫЕ ПОТОКИ: катастрофы, риск, прогноз, защита

Труды
8-й Международной конференции

Тбилиси, Грузия, 6–10 октября 2025 г.



Ответственные редакторы
С.С. Черноморец, Г.В. Гавардашвили, К.С. Висхаджиева

ООО «Геомаркетинг»
Москва
2025

DEBRIS FLOWS: Disasters, Risk, Forecast, Protection

Proceedings
of the 8th International Conference

Tbilisi, Georgia, 6–10 October 2025



Edited by
S.S. Chernomorets, G.V. Gavardashvili, K.S. Viskhadzhieva

Geomarketing LLC
Moscow
2025

ღვარცოფები: კატასტროფები, რისკი, პროგნოზი, დაცვა

მე-8 საერთაშორისო კონფერენციის
მასალები

თბილისი, საქართველო, 6-10 ოქტომბერი, 2025



რედაქტორები
ს. ს. ჩერნომორეც, გ. ვ. გავარდაშვილი, კ. ს. ვისხაჯიევა

შპს „გეომარკეტინგი“
მოსკოვი
2025

УДК 551.311.8
ББК 26.823
С29

Селевые потоки: катастрофы, риск, прогноз, защита. Труды 8-й Международной конференции (Тбилиси, Грузия). – Отв. ред. С.С. Черноморец, Г.В. Гавардашвили, К.С. Висхаджиева. – Москва: ООО «Геомаркетинг», 2025. 496 с.

Debris Flows: Disasters, Risk, Forecast, Protection. Proceedings of the 8th International Conference (Tbilisi, Georgia). – Ed. by S.S. Chernomorets, G.V. Gavardashvili, K.S. Viskhadzhieva. – Moscow: Geomarketing LLC, 2025. 496 p.

ღვარცოფები: კატასტროფები, რისკი, პროგნოზი, დაცვა. მე-8 საერთაშორისო კონფერენციის მასალები. თბილისი, საქართველო. – პასუხისმგებელი რედაქტორები ს.ს. ჩერნომორეც, გ.ვ. გავარდაშვილი, კ.ს. ვისხაჯიევა. – მოსკოვი: შპს „გეომარკეტინგი“, 2025. 496 ს.

Ответственные редакторы: С.С. Черноморец (МГУ имени М.В. Ломоносова), Г.В. Гавардашвили (Институт водного хозяйства имени Цотне Мирцхулава Грузинского технического университета), К.С. Висхаджиева (МГУ имени М.В. Ломоносова).

Edited by S.S. Chernomorets (M.V. Lomonosov Moscow State University), G.V. Gavardashvili (Tsotne Mirtskhulava Institute of Water Management, Georgian Technical University), K.S. Viskhadzhieva (M.V. Lomonosov Moscow State University).

При создании логотипа конференции использован рисунок из книги С.М. Флейшмана «Селевые потоки» (Москва: Географгиз, 1951, с. 51).

Conference logo is based on a figure from S.M. Fleishman's book on Debris Flows (Moscow: Geografgiz, 1951, p. 51).

ISBN 978-5-6053539-4-2

© Селевая ассоциация
© Институт водного хозяйства им. Ц. Мирцхулава
Грузинского технического университета

© Debris Flow Association
© Ts. Mirtskhulava Water Management Institute
of Georgian Technical University

© ღვარცოფების ასოციაცია
© საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის
ც. მირცხულავას სახელობის წყალთა
მეურნეობის ინსტიტუტი



Цифровые методы анализа развития русловых деформаций повышенной опасности

З.Ж. Гергокова

Высокогорный геофизический институт, Нальчик, Россия, zayna.gerg@mail.ru

Аннотация. Задача осуществления контроля за изменениями различных участков поверхности, в силу постоянно ускоряющихся процессов природного и техногенного характера на предгорных и высокогорных территориях, представляющих возможную угрозу в плане селевой или оползневой опасности для объектов жизнедеятельности, набирает актуальность. Цель настоящего исследования – совершенствование технологии мониторинга опасных природных процессов в руслах горных и предгорных рек. В работе рассматривается вариант применения современных технических средств и специализированного программного обеспечения для количественной оценки пространственно-временных изменений вследствие опасных русловых и склоновых процессов. В ходе получения первичных данных использовался квадрокоптер DJI Mavic Air 2, результаты съемки с которого обрабатывались в профильных программах Agisoft Metashape Professional и Arc GIS 10. Были построены ортофотопланы и цифровые модели исследуемых участков ландшафта. По результатам работы получены количественные значения объема как унесенного селем грунта, так и отложений селя на определенных участках русла реки. Подобная информационная основа необходима в решении задач обеспечения безопасности населенных пунктов и объектов экономики от негативного воздействия процессов природного и техногенного характера.

Ключевые слова: ландшафт, русло, поток, беспилотный летательный аппарат, селя, ортофотоплан, объем наносов

Ссылка для цитирования: Гергокова З.Ж. Цифровые методы анализа развития русловых деформаций повышенной опасности. В сб.: Селевые потоки: катастрофы, риск, прогноз, защита. Труды 8-й Международной конференции (Тбилиси, Грузия). – Отв. ред. С.С. Черноморец, Г.В. Гавардашвили, К.С. Висхаджиева. – М.: ООО «Геомаркетинг», 2025, с. 152–157.

Digital methods for analyzing the development of high-risk riverbed deformations

Z.Zh. Gergokova

High-Mountain Geophysical Institute, Nalchik, Russia, zayna.gerg@mail.ru

Abstract. The task of monitoring changes in various areas of the surface, due to the constantly accelerating processes of a natural and man-made nature in foothill and high-altitude areas, which pose a possible threat in terms of debris flow or landslide hazards to vital objects, is gaining relevance. The purpose of this study is to improve the technology for monitoring dangerous natural processes in mountain and foothill riverbeds. The paper considers the use of modern technical means and specialized software for the quantitative assessment of spatiotemporal changes due to dangerous riverbed and slope processes. In the course of obtaining the primary data, a DJI Mavic Air 2 quadcopter was used, the survey results from which were processed in the specialized Agisoft Metashape Professional and Arc GIS 10 programs. Orthophotoplans and digital models of the studied landscape sections were built. Based on the results of the work, quantitative values of the volume of both the debris flow-swept soil and debris flow deposits in certain sections of the riverbed were obtained. Such an information base is necessary in solving the tasks of ensuring the safety of settlements and economic facilities from the negative effects of natural and man-made processes.



Key words: *landscape, riverbed, stream, unmanned aerial vehicle, debris flow, orthophotoplan, sediment volume*

Cite this article: Gergokova Z.Zh. Digital methods for analyzing the development of high-risk riverbed deformations. In: Chernomorets S.S., Gavardashvili G.V., Viskhadzhieva K.S. (eds.) Debris Flows: Disasters, Risk, Forecast, Protection. Proceedings of the 8th International Conference (Tbilisi, Georgia). Moscow: Geomarketing LLC, 2025, p. 152–157.

Введение

Мониторинг источников потенциальной угрозы в горах зачастую чрезвычайно затруднен, поскольку они, как правило, расположены на значительных высотах и бывают крайне труднодоступны. К тому же проведение наземного обследования зачастую не может раскрыть полной картины протекающих процессов. Наиболее информативными, ранее, являлись обследования с привлечением авиационной техники, что в свою очередь требовало существенных материальных затрат, а в последние десятилетия стало практически невозможным. В некоторой мере решение данного вопроса было облегчено появлением в широком доступе космоснимков земной поверхности с высоким разрешением [Воскресенский, 2018]. Однако, даже снимки необходимого разрешения и периодичности, получить которые становится всё сложнее, не позволяют с приемлемой точностью оценить количественные изменения морфометрических параметров наблюдаемых явлений. Поэтому, наряду с анализом разновременных космоснимков, аэрофотосъемка с беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) [Атутова, 2018; Балтакова, 2018; Бляхарский, 2019; Докукин, 2020], в настоящий момент, представляется наиболее перспективным направлением мониторинга локальных природных процессов в горах.

Данные периодических обследований, полученные аппаратной съемкой рельефа исследуемого участка поверхности, с высоким разрешением и с точной привязкой объектов в заданной системе координат, в дальнейшем, при соответствующей программной обработке, позволяют строить цифровые модели ландшафта с уровнем детализации достаточным для проведения сопоставительного анализа и достоверной оценки пространственно-временных изменений объекта. На основе результатов обработки цифровых фото исследуемой местности, в специализированном программном обеспечении Agisoft Metashape Professional строятся разновременные геопривязанные ортофотопланы намеченного участка, которые практически лишены искажений и с высокой точностью отражают морфометрические параметры объекта наблюдений в каждом случае [Докукин, 2021; Ерофеев, 2018; Коновалова, 2010].

Краткий обзор проблемы

С помощью современного оборудования и специализированного программного обеспечения, в данной работе, приводится пример определения количественных изменений морфометрических параметров некоторых участков русла реки Нальчик, после прохождения по нему наносоводного селевого потока. Для наглядности расчеты проводились для двух полярных явлений: в первом случае определялось количество наносов в секторе русла, вплотную примыкающем к автодорожному мосту выше по течению; а во втором – объем вынесенного потоком грунта в месте разрушения селом автодороги.

Методы

Обследования проводились до и непосредственно после прохождения наносоводного селевого потока [Виноградов, 2008]. Съемка проводилась с применением БПЛА DJI Mavic Air 2, стартовавшего из одной и той же точки, при ясной погоде, в



одинаковое время суток, при схожем уровне воды в реке с разницей в двое суток по времени. Тактико-технические данные использовавшегося квадрокоптера приведены в таблице 1.

Таблица 1. Тактико-технические данные БПЛА DJI Mavic Air 2

Взлетная масса, г.	Максимальная относительная высота полета над уровнем моря, м.	Максимальное расстояние полета, м.	Используемые спутниковые системы	Программное обеспечение управления дроном и съемкой	Максимальное разрешение фото, Мп.
570	5000	18500*	GPS, ГЛОНАСС	DJI Fly 1.9.4	48 8000x6000

*В связи с угрозой потери устойчивой связи с дроном, в условиях высокогорья, дальность его применения пришлось ограничить 4000 м.

Обработка и анализ данных, полученных в результате проведенных обследований, а также с целью построения цифровых моделей рельефа (ЦМР), ортофотопланов и пр. по материалам натурных съемок, применялась специализированная компьютерная программа Agisoft Metashape Professional. Данные проведенных обследований загружаются на компьютер с целью их дальнейшей обработки в данной программе. [Докукин, 2019; Кондратьева, 2015].

Затем в программе, по исследуемым участкам, было создано по два проекта – до и после прохождения по нему наносоводного селевого потока. Каждый из проектов включает в себя готовые ЦМР местности и ортофотоплан участка.

Для получения приемлемой точности результата использовались опорные GPS координаты и перекрытие кадров съемки в продольном и поперечном направлении – более 50%. Производится выравнивание камер – координатное, пространственное позиционирование аэрофотоснимков и строятся связующие точки (для данных проектов около 234 000), которые объединяют значительный объем фотоматериала в цельное изображение исследуемой территории (до, и после события). Здесь же происходит сведение аэрофотоснимков путем отождествления соответствующих точек с использованием результатов фототриангуляции и полуглобального метода отождествления. В нашем случае плотное облако из, более чем, 104 млн точек. Такая обработка позволяет достаточно точно позиционировать объект съемки географически и, с минимальными погрешностями определять количественные характеристики морфометрических параметров русла для каждого случая. Полученные, таким образом, материалы, в зависимости от специфики поставленной задачи, могут использоваться в различных специализированных программах и картографических сервисах.

Данные

Контрольными точками на обоих ортофотопланах русла были определены места, наиболее подверженные рискам, в том числе потенциальным, возникновения чрезвычайных ситуаций, а именно: участок русла на входе в створ автодорожного моста и отрезок грунтовой автодороги, проходящей вплотную к реке, примерно в 600-х метрах выше по течению (рис. 1).

По намеченным участкам были построены базовые, аппроксимирующие плоскости, которые, с целью расчета программой объема пространства ниже заданной плоскости до поверхности, совмещались по точкам рельефа, расположенным выше уровня воздействия потока.

Далее приведены результаты расчетов. При заданных параметрах плоскости – периметре и площади, разница в определении объема выше неё незначительна и укладывается в границы погрешности обусловленной наличием растительности и теней, которые при оцифровке могут быть приняты программой за рельеф (это объясняется относительным несовершенством применяемого оборудования и программного



обеспечения). Разница же значений, рассчитываемых ниже плоскости, показывает объемы – отложенных наносов в первом случае, и унесенного грунта во втором.

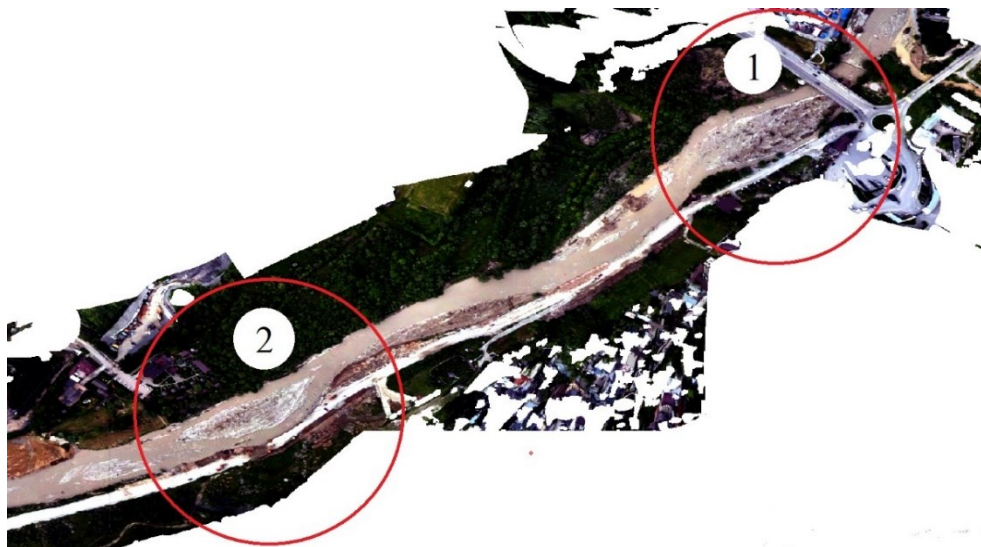


Рис. 1. Участки русла на ортофотоplane, по которым проводились расчеты объема: 1 – наносов, оставленных потоком; 2 – вынесенного потоком грунта

Анализ

В первом случае, в зоне, прилегающей к створу проема моста ниже по течению (участок 1, рис. 1), рассчитанные значения объема ниже базовой плоскости составляют: $11\,665,3\text{ м}^3$ до прохождения потока и 7042 м^3 после. Разница этих показателей – $4623,3\text{ м}^3$, показывает объем материала, отложенного наносоводным селевым потоком, выше текущего уровня воды, на обследуемом участке.

Во втором случае, в месте разрушения наносоводным селевым потоком автодороги, проходящей вплотную к руслу реки (участок 2, см. рис. 1), рассчитанные значения объема ниже базовой плоскости составляют: $17\,807,7\text{ м}^3$ до прохождения потока и $22\,184,1\text{ м}^3$ после. Разница этих показателей – $4376,4\text{ м}^3$, показывает объем грунта, унесенного наносоводным селевым потоком, что привело к частичному обрушению автодороги на обследуемом участке.

Полученные в работе результаты, показывают очевидные достоинства использования БПЛА (возможность оперативного получения актуальных данных, высокая точность съемки, позиционирование в глобальной системе координат и пр.) и соответствующего программного обеспечения для определения количественных значений пространственно-временных изменений наблюдаемых природных объектов.

Стоит так же упомянуть, что применение данного оборудования связано с некоторыми сложностями обусловленными, в основном, несовершенством техники или программного обеспечения. К примеру, штатная цифровая камера применявшегося БПЛА DJI Mavic Air 2 характеризуется сильной дисторсией (геометрическое искажение / искривление объектов съёмки), что выражается в искажении получаемых кадров, т. е. только небольшая центральная часть снимка оказывается пригодной для формирования стереопары. К тому же, в обработке материалов съемки с БПЛА, одной из проблем является такая помеха, как растительность и тени, которые при оцифровке могут приниматься программой за рельеф, что также может вносить некоторую погрешность в расчеты [Докукин, 1993; Докукин, 2016].

Выводы

Анализ результатов обработки материалов разновременных съемок БПЛА на относительно небольших участках горных территорий с протекающими в них опасными



русловыми и склоновыми процессами позволяет в оперативном режиме и с высокой точностью отслеживать динамику различных геоморфологических и гидрологических явлений. На основе данных, полученных с применением представленного оборудования и обработанных в профильных программных приложениях, возможно создание ортотрансформированных изображений и цифровых моделей рельефа местности, для расчета параметров позволяющих количественно оценить динамику пространственно-временных изменений. Например, таких как, объемам наносов в русле, оползневого тела или вынесенного в результате эрозионных или селевых процессов, грунта.

Достоверные сведения о количественных значениях морфометрических параметров природных объектов, несущих потенциальную угрозу жизнедеятельности в горах, существенно повышают эффективность разработки адекватных оперативных мероприятий, проектирования защитных сооружений и др., в целях предотвращения или минимизации негативного воздействия опасных природных процессов на селитебных территориях.

Материалы аэрофотосъемки локальных участков горных территорий, подверженных опасным склоновым и русловым процессам, в соответствующей программной проработке, способны составить актуальную информационную основу при решении многих задач на разных направлениях геоэкологических, гидрологических, геоморфологических исследований, а также ландшафтоведения и картографии.

Список литературы

- Атутова Ж.В. Опыт применения дистанционных данных при изучении восстановительной динамики геосистем // Применение беспилотных летательных аппаратов в географических исследованиях. – Иркутск: изд-во Института географии им. В. Б. Сочавы СО РАН, 2018. – 135 с.
- Балтакова А., Николова В., Кендерова Р., Христова Н. Применение ГИС и данных дистанционного зондирования для анализа селевых потоков на примере изучения западных предгорий Пирин (Болгария) // Селевые потоки: катастрофы, риск, прогноз, защита. Труды 5-й Международной конференции / отв. ред. С.С. Черноморец, Г.В. Гавардашвили. – Тбилиси: Универсал, 2018. – С. 22–33.
- Бляхарский Д.П., Волгушева Н.Э., Казаков Э.Э. Мониторинг ледников в сезон абляции с использованием беспилотных аэрофотосъемочных систем на примере ледников Потанина и Александры (массив Табын-Богдо-ола, Монголия) // Известия высших учебных заведений. Геодезия и аэрофотосъемка. – 2019. Т. 63, № 2. – С. 168–179.
- Виноградов Ю.Б., Виноградова Т.А. Современные проблемы гидрологии. – М.: Издательский центр «Академия», 2008. – 170 с.
- Воскресенский И.С., Сучилин А.А., Ушакова Л.А., Шафоростов В.М., Энтин А.Л. Применение БПЛА для мониторинга оползневых и эрозионных процессов (на примере центра русской равнины) // Применение беспилотных летательных аппаратов в географических исследованиях. Материалы Всероссийской научно-практической конференции. – Иркутск, 2018. – С. 42–47.
- Докукин М.Д., Беккиев М.Ю., Калов Р.Х., Черноморец С.С., Савернюк Е.А. Активизация обвалов на Центральном Кавказе и их влияние на динамику ледников и селевые процессы // Лёд и снег. – 2020. – Т. 60, №. 3. – С. 361–378.
- Докукин М.Д. Типы моренного рельефа и селевая опасность (на примере северного склона Центрального Кавказа). Автореферат диссертации кандидата географических наук. – М.: МГУ им. М.В. Ломоносова, 1993. – 22 с.
- Докукин М.Д., Черноморец С.С., Савернюк Е.А. Моренные пьедесталы – очаги формирования катастрофических гляциальных селей // Селевые потоки: катастрофы, риск, прогноз, защита. Материалы IV Международной конференции. – Иркутск, 2016. – С. 67–71.
- Докукин М.Д., Беккиев М.Ю., Калов Р.Х., Савернюк Е.А., Черноморец С.С. Признаки подготовки катастрофических сходов ледников (анализ разновременной космической информации) // Опасные природные и техногенные процессы в горных регионах: модели, системы, технологии. Коллективная монография / под редакцией А.В. Николаева, В.Б. Заалишвили. – Владикавказ, 2019. – С. 522–528.
- Докукин М.Д., Беккиев М.Ю., Калов Р.Х., Савернюк Е.А., Черноморец С.С. Мониторинг обвалов, оползней и других разрушительных процессов в высокогорной зоне на основе анализа



- разновременных космоснимков // Изучение опасных природных процессов и геотехнический мониторинг при инженерных изысканиях (Материалы Общероссийской научно-практической конференции). – М.: ООО «Геомаркетинг», 2021. – С. 59–68.
- Ерофеев А.А., Ябаркин А.Ю., Еремеев В.Ф. Первые результаты аэрофотосъемки горно-ледникового бассейна Актру с использованием БПЛА // Применение беспилотных летательных аппаратов в географических исследованиях. Материалы Всероссийской научно-практической конференции. – Иркутск, 2018. – С. 68–70.
- Коновалова Т.И. Геосистемное картографирование. – Новосибирск: Академическое изд-во «Гео», 2010. – 186 с.
- Кадастр селевой опасности Юга Европейской части России // Отв. ред. Н.В. Кондратьева, А.Х. Аджиев, М.Ю. Беккиев, М.М. Гедуева (Гяургиева), В.Ф. Перов, В.В. Разумов, И.Б. Сейнова, Л.В. Хучунаева. – М.: ООО «Феория»; Нальчик: Печатный двор, 2015. – 90 с.