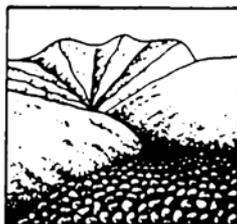


# **СЕЛЕВЫЕ ПОТОКИ: катастрофы, риск, прогноз, защита**

---

Труды  
8-й Международной конференции

Тбилиси, Грузия, 6–10 октября 2025 г.



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

---

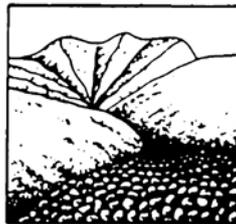
ООО «Геомаркетинг»  
Москва  
2025

# **DEBRIS FLOWS: Disasters, Risk, Forecast, Protection**

---

Proceedings  
of the 8<sup>th</sup> International Conference

Tbilisi, Georgia, 6–10 October 2025



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

---

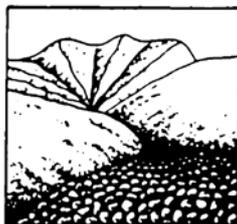
Geomarketing LLC  
Moscow  
2025

# 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 (Tsozne 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



## Данные инструментального контроля аварийных зон хвостохранилища Тырнаузского горно-обогатительного комбината

А.Х. Шерхов

*Высокогорный геофизический институт, Нальчик, Россия, fff.ddd.11@mail.ru*

**Аннотация.** В статье представлены результаты сопоставительного анализа данных одновременных обследований потенциально опасных объектов Тырнаузского хвостохранилища, полученных с применением беспилотного летательного аппарата в 2021–2024 гг. Определяется динамика пространственно-временных изменений аварийного участка комплекса гидротехнических сооружений за указанный период. Представлены общие выводы, даны соответствующие рекомендации.

**Ключевые слова:** *хвостохранилище, беспилотный летательный аппарат, селевой поток, оползень, ортофотоплан, плотина*

**Ссылка для цитирования:** Шерхов А.Х. Данные инструментального контроля аварийных зон хвостохранилища Тырнаузского горно-обогатительного комбината. 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. 407–413.

## Instrumental monitoring data of the emergency zones of the tailings dam of the Tyrnyauz mining and processing plant

A.Kh. Sherhov

*High-Mountain Geophysical Institute, Nalchik, Russia, fff.ddd.11@mail.ru*

**Annotation.** The article presents the results of a comparative analysis of data from multi-time surveys of potentially dangerous objects of the Tyrnyauz tailings dam obtained using an unmanned aerial vehicle in 2021–2024. The dynamics of spatial and temporal changes in the emergency section of the complex of hydraulic structures for the specified period is determined. General conclusions are presented, and relevant recommendations are given.

**Key words:** *tailings dump, unmanned aerial vehicle, debris flow, landslide, orthophotoplan, dam*

**Cite of this article:** Sherhov A.Kh. Instrumental monitoring data of the emergency zones of the tailings dam of the Tyrnyauz mining and processing plant. 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. 407–413.

### Ведение

На сегодняшний день, в горной и высокогорной зонах, неуклонно растет количество природных явлений, представляющих явную или потенциальную опасность для селитебных территорий. К таковым можно отнести все многообразие негативных склоновых и русловых процессов: нежелательные отложения морены на языках отступающих ледников, новообразованные селевые очаги, оползни и т.п. Ухудшение ситуации вызвано нарушением устоявшегося баланса температуры и влажности, что, в свою очередь, связано, по-видимому, с климатическими изменениями. В этой связи



возникают проблемы с, расположенными в горах, промышленными объектами второй половины прошлого столетия рассчитывавшимися исходя из актуальных, на тот момент, природно-климатических условий. Так, источником повышенного техногенного риска стало заброшенное хвостохранилище Тырнаузского горно-обогатительного комбината (ТГОК), запроектированное в 1960-х гг. в устье реки Гижгит, не являвшейся на тот момент селеносной. Однако с начала 2000-х гг. в русле данной реки фиксируются неоднократные значительные селепроявления, что в корне меняет ситуацию, поскольку и без того обветшавшие и по большей части не работающие гидротехнические сооружения (ГТС) хвостохранилища могут оказаться не способны обеспечить безопасное хранение 118 млн м<sup>3</sup> высокотоксичных отходов. Обстановка, сложившаяся в текущий момент, на хвостохранилище ТГОК детально описана многими авторами [Боритников, 2013; Гегиев, 2018; Запорожченко, 2004; Запорожченко и др., 2019а, 2019б; Запорожченко и Докукин, 2019; Голосов, 2024; Шерхов, 2022], здесь же отметим лишь что развитие событий по негативному сценарию грозит катастрофическими последствиями колоссальных масштабов. Таким образом, постоянный мониторинг объектов повышенной угрозы техногенного, а равно и природного характера, несомненно, является актуальной задачей. Целью настоящей работы являлось определение количественных значений пространственно-временных изменений морфометрических параметров сегментов ландшафта ГТС ТГОК, характеризующихся очевидными предпосылками возникновения чрезвычайных ситуаций, с применением современных технических средств. Представленная работа проводилась в рамках выполнения НИТР 6.3.2 Росгидромета «Разработка и совершенствование методов мониторинга селей и горных ледников в предгорной и высокогорной зонах»

### Краткий обзор проблемы

Уже более 20 лет комплекс ГТС Тырнаузского хвостохранилища является объектом пристального наблюдения специалистов ФГБУ «ВГИ» и других профильных государственных структур. Основной проблемой данного объекта, помимо крайней степени запущенности всех элементов хвостохранилища, является адаптация системы водоотводных сооружений к изменившимся условиям, т.е. обеспечение безопасного пропуска реки Гижгит в селевом режиме. С этой целью в 2003 г., по проекту «Севкавгипроводхоз» было предпринято строительство открытого водоотводного канала справа от тела основной плотины и отсечной дамбы для отвода воды в случае аварийного переполнения основного водоёма – отстойника которое не было завершено. Некоторые участки данных объектов выполнены с огрехами, последствия которых вызывают опасения в плане реализации сооружениями своего предназначения [Запорожченко и др., 2019а, 2019б; Запорожченко и Докукин, 2019; Шерхов, 2022]. В данной работе приводится сопоставительный анализ результатов высокоточной съемки БПЛА этих компонентов ГТС ТГОК в 2021 и 2024 г.

### Методы

Принимая во внимание удаленность и труднодоступность территорий наблюдения, комплексный мониторинг горных и высокогорных ландшафтов, помимо натурных обследований, подразумевает использование данных космоснимков различной степени разрешения и результатов аэрофотосъемки вертолетных облетов и беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) [Ерофеев, 2018; Коновалова, 2010]. Поскольку в современных реалиях многие международные сервисы доступа к спутниковой информации закрыты для российского пользователя, получение космоснимков необходимого разрешения и частоты не всегда возможно и в целом все более затруднительно. Наиболее соответствующим решению поставленных задач, в нашем случае, представляется аэрофотосъемка с применением БПЛА. Высокоточная съемка ландшафта исследуемого участка поверхности позволяет получить, созданное на основе перекрывающихся снимков с БПЛА, цифровое ортотрансформированное



изображение местности – ортофотоплан. Подобные цифровые изображения местности, с точной привязкой объектов в заданной системе координат, практически лишены искажений и могут быть выполнены с высоким пространственным разрешением. Таким образом, достигается уровень детализации, достаточный для проведения сопоставительного анализа разновременных снимков с целью получения максимально достоверных данных о текущей динамике развития опасных склоновых и русловых процессов [Бляхарский, 2019; Воскресенский, 2018]. Съемка производилась БПЛА «DJI Mavic Air 2», дальнейшая цифровая обработка натуральных материалов проводилась с использованием программного обеспечения Agisoft Metashape Professional.

### Данные

В силу того, что пропускная способность водоотводного тоннеля хвостохранилища изначально не была рассчитана на пропуск потока в селевом режиме, наиболее эффективным решением проблемы безопасного пропуска селепроявлений р. Гижгит, по мнению ведущих специалистов [Запорожченко и др., 2019а, 2019б; Запорожченко и Докукин, 2019; Шерхов, 2022], являлось сооружение аварийного открытого водоотводного канала, входной створ которого расположен по правому борту плотины, на выходе с пляжа водоема-отстойника. Такой канал, протяженностью 1,6 км. и с расчетным расходом 0,1% обеспеченности 245 м<sup>3</sup>/с, был построен в 2003 г. В настоящей работе представлены результаты инструментального мониторинга проблемных участков данного гидротехнического сооружения по результатам съемки БПЛА в 2021–2024 гг.

По материалам обработки цифровой съемки потенциально аварийных участков ГТС хвостохранилища, выявлено, что на участке пляжа перелив с озера в сторону аварийного водосброса по глубине отличается от направления дороги всего на 1 м. То есть поток, с большой долей вероятности может выйти на плотину хвостохранилища по дороге. Тем более, что пригребневой рельеф имеет небольшой выступ и на этом месте вода равномерно будет течь как в сторону канала, так и в сторону дороги. Такое положение, в том числе, обусловлено и тем, что рассматриваемый участок целенаправленно разравнивался под строительство объектов туристического сервиса, поскольку территория, прилегающая к водоему-отстойнику, несмотря на все предупреждения, в последние годы активно осваивается.

Ситуация усугубляется отсутствием участка отсечной дамбы, построенной в 2003 г. для отвода воды в случае аварийного переполнения основного водоема – отстойника, справа, при выходе на пляж хвостохранилища, обеспечивающего основательное сопряжение дамбы и русла канала. Очевидно, что при разработке вариантов отвода потока в сторону от плотины необходимо провести работы на участке пляжа.

Вследствие подрезки склона при его строительстве, в верхней части канала образовался оползневой массив, сползающий в русло с угрозой его полного перекрытия на протяжении 75 м (рис. 1, 2).

Более детальное рассмотрение параметров данного оползня и вариантов последствий перекрытия им аварийного водоотводного канала приводится в предыдущих работах авторов [Шерхов, 2022]. В данном же исследовании ставилась задача определения динамики подвижек тела оползневого массива за период 2021–2024 гг. Сопоставление результатов обработки материалов, полученных в ходе разновременной съемки этого участка с применением БПЛА, показывает практически полную их идентичность, что свидетельствует об отсутствии пространственно-временных изменений за указанный период. Это, в свою очередь, позволяет обоснованно характеризовать нынешнее состояние оползневого массива как стабильное в данный момент.



Рис. 1. Оползневой массив в русле аварийного водоотводного канала. Ракурс снизу-вверх от автодорожного моста, 2021 г.



Рис. 2. Оползневой массив в русле аварийного водоотводного канала. Ракурс сверху-вниз, выше автодорожного моста, 2024 г.

Существенной причиной нарушения равновесия горных пород также является значительная крутизна склона. Вычисленная, по цифровой модели рельефа исследуемого участка, крутизна оползневого склона равна  $19^\circ$ , что по некоторым данным [Бевз, 2015] соответствует коэффициенту устойчивости примерно равному единице, т. е. является пороговым значением предельного равновесия склона.

С целью оценки его работоспособности ведется мониторинг открытого аварийного водоотводного канала на всем протяжении русла, которое во многих местах частично завалено грунтом и скальными обломками (рис. 3, 4).

Постепенное заполнение русла канала осыпающимися обломками, помимо снижения его пропускной способности, ведет к накоплению селеобразующего материала. Сопоставление цифровых моделей местности в границах аварийного водосброса (полигонах) позволяет сравнить изменения объемов накоплений в русле канала и численно оценить динамику его засорения (таблица 1).



Рис. 3. Русло аварийного водоотводного канала ниже оползневого участка, 2024 г.



Рис. 4. Основной сегмент русла аварийного водоотводного канала. Фото с БПЛА, 2024 г.  
(Акаев А.Р.)

Таблица 1. Внутренние объемы русла открытого аварийного канала в границах обозначенного полигона

Внутренний объем русла аварийного канала	
2021 г.	2024 г.
92 622 м <sup>3</sup>	93 293 м <sup>3</sup>

Согласно результатам расчетов, в русле водоотводного канала, за период 2021–2024 гг. не произошло сколь-нибудь существенных изменений объема. Разница значений внутреннего объема русла канала едва превышает 1%, причем в сторону увеличения со временем. Данное расхождение в значениях безусловно укладывается в диапазон погрешностей и скорее всего вызвано разницей в объеме растительности в русле на



моменты проведения съемок, поскольку при съемке, обработке данных и оцифровке, поросль принимается программой за рельеф [Ерофеев, 2018; Бляхарский, 2019].

### Анализ

Чтобы обеспечить, безопасный пропуск воды в стороне от тела плотины аварийным водосбросом и предотвращении выхода потока на пляж хвостохранилища, необходимо организовать полноценный прием потока входным оголовком канала. В настоящий момент возможность аварийного водосброса сработать должным образом вызывает сомнения, так как сечение входного створа канала не имеет явно выраженной конфигурации, а разница по высоте рельефа с уровнем грунтовой дороги ведущей на пляж, составляет всего 1 м. т.е. минимальна. Такое положение чревато выходом потока на поверхность пляжа отходом, размывом и переувлажнением складированной массы с дальнейшим размывом каскада дамб, составляющих тело основной плотины.

Анализ пространственно-временных изменений, по результатам профильной обработки материалов разновременной съемки БПЛА 2021–2024 гг. показывает отсутствие каких-либо подвижек оползневого массива в верхней части открытого аварийного водоотводного канала. Однако, это ни в коей мере не умаляет опасности сложившегося положения, ибо значительная часть русла канала по-прежнему завалена оползшим грунтом на протяжении 75 м., к тому же остается высокая вероятность дальнейшего схода оползня в случае переувлажнения грунта, вследствие продолжительных обильных осадков, или минимальной сейсмической активности. Перекрытие канала в этом месте грозит выходом потока влево, на правую оконечность каскада плотины. По результатам аналитической обработки материалов разновременной съемки за указанный период, накопления грунтово-осыпных и осколочных масс в русле открытого аварийного водоотводного канала, на всем его протяжении, не выявлено. Незначительные расхождения значений внутреннего объема русла за 4 года, являются, по всей видимости, погрешностью, относимой за счет некоторых технических аспектов процесса съемки и компьютерной обработки получаемых данных. Необходима расчистка русла и проведение противооползневых мероприятий.

### Выводы

В силу запущенности и не соответствия складывающейся, на сегодняшний день, природно-климатической обстановке, комплекс гидротехнических сооружений заброшенного Тырнаузского хвостохранилища нуждается в постоянном наблюдении специалистов. В нынешней ситуации, открытый аварийный водоотводный канал является единственным элементом ГТС хвостохранилища способным, в теории, предотвратить катастрофу колоссальных масштабов в случае развития событий по негативному сценарию.

По итогам работы следует отметить высокую эффективность данной методики ведения мониторинга. Проведение разновременных рекогносцировочных обследований небольших (несколько квадратных километров) территорий с применением БПЛА позволяет в оперативном режиме и с высокой точностью отслеживать динамику различных геоморфологических и гидрологических явлений. Результаты обработки полученных данных позволяют количественно оценить динамику пространственно-временных изменений объектов мониторинга, вплоть до расчета объема наносов, оползневого тела или объема вынесенного грунта в результате эрозионных или селевых процессов. На их основе возможна разработка адекватных оперативных мероприятий, проектирование защитных сооружений и др., в целях предотвращения или минимизации негативного воздействия опасных природных процессов на обследуемой территории.



## Список литературы

- Бортников Н.С., Богатиков О.А., Карамурзов Б.С., Гурбанов А.Г., Газзеев В.М., Докучаев А.Я., Лексин А.Б., Шаззо Ю.К., Цуканова Л.Е., Шевченко А.В. Захороненные промышленные отходы Тырныаузского вольфрамово-молибденового комбината // Вестник Владикавказского научного центра, 2013, 13(1): 41–53.
- 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, 63(2): 168–179.
- Бевз В.Н., Горбунов А.С. Динамическая геоморфология: Оползневые процессы и их региональные особенности. Учебно-методическое пособие для вузов. Воронеж: Издательский дом ВГУ, 2015, 43 с.
- Воскресенский И.С., Сучилин А.А., Ушакова Л.А., Шафоростов В.М., Энтин А.Л. Применение БПЛА для мониторинга оползневых и эрозийных процессов (на примере центра русской равнины) // Применение беспилотных летательных аппаратов в географических исследованиях. Материалы Всероссийской научно-практической конференции. Иркутск, 2018, с. 42–47.
- Гегиев К.А., Шерхов А.Х., Гергокова З.Ж., Анахаев К.К., Экологические проблемы Тырныаузского хвостохранилища на реке Гижгит // Вестник МГСУ, 2018, 13(11): 1386–1394.
- Голосов В. Н., Деркачева А. А., Гуринов А.Л., Юдина В.А. Бассейн р. Гижгит (Северный Кавказ): селевая опасность и риски для хвостохранилища ТГОК. Отчет о НИР. 2024, 73 с.
- Ерофеев А.А., Ябаркин А.Ю., Еремеев В.Ф. Первые результаты аэрофотосъемки горно-ледникового бассейна Актру с использованием БПЛА // В сб.: Применение беспилотных летательных аппаратов в географических исследованиях. Материалы Всероссийской научно-практической конференции (Иркутск, 22–23 мая 2018 г.). Иркутск, 2018, с. 68–70.
- Запороженко Э.В. Река Гижгит — источник паводковой опасности для сооружений Тырныаузского горно-обогатительного комбината (ТГОК) // Вопросы повышения эффективности строительства. Сборник трудов конференции. Нальчик, вып. 2, 2004, с. 159–169.
- Запороженко Э.В., Докукин М.Д. Об угрозе разрушения Тырныаузского хвостохранилища на р. Гижгит в Кабардино-Балкарской Республике // ГеоРиск, 2019а, XIII(1): 72–85.
- Запороженко Э.В., Докукин М.Д. Хвостохранилище на р. Гижгит в Кабардино-Балкарской Республике (Россия) и его проблемы // IX International scientific and technical conference “Modern problems of water management, environmental protection, architecture and construction”. Tbilisi, Georgia: 2019б, p. 301–310.
- Запороженко Э.В., Докукин М.Д. Тырныаузское хвостохранилище – объект повышенного экологического риска. Устойчивое развитие горных территорий Кавказа. Коллективная монография. Том II. РАН. Москва, 2019, с. 224–237.
- Коновалова Т.И. Геосистемное картографирование. Новосибирск: Академическое изд-во «Гео», 2010, 186 с.
- Шерхов А.Х., Гергокова З.Ж. Оценка актуального состояния некоторых компонентов комплекса гидротехнических сооружений хвостохранилища Тырныаузского горно-обогатительного комбината // Природообустройство, 2022, 4: 100–106.