

Результаты анализа современных данных геоэкологического мониторинга заброшенного Тырныаузского хвостохранилища

А. Х. Шерхов

Высокогорный геофизический институт, Нальчик, Россия

fff.ddd.11@mail.ru

Значительная активизация в последние десятилетия негативных природных явлений в горах обуславливает растущую актуальность проблемы безопасного содержания накопителей отходов горнодобывающей промышленности. В статье рассматривается ситуация, сложившаяся на хвостохранилище Тырныаузского горно-обогатительного комбината (ТГОК). В процессе исследования реализованы современные технологии мониторинга, позволяющие получать максимально достоверные данные в оперативном режиме. В рамках работы выявлены уязвимые места, участки, подверженные риску размыва. В качестве мер предохранения основной дамбы от разрушения предложены варианты обеспечения проектной пропускной способности водоотводным тоннелем, а также восстановления работоспособности открытого аварийного водоотводного канала.

Ключевые слова: хвостохранилище, селевой поток, экологическая катастрофа, мониторинг, токсичные отходы

Results of analysis of modern geoecological monitoring data of the abandoned Tyrnyauz tailings facility

A. Kh. Sherkhov

High-Mountain Geophysical Institute, Nalchik, Russia

The significant intensification of negative natural phenomena in mountainous areas in recent decades has increased the urgency of ensuring the safe maintenance of tailings storage facilities for the mining industry. The article examines the situation at the tailings storage facility of the Tyrnyauz Mining and Processing Complex. During the research, modern monitoring technologies were implemented, enabling the acquisition of highly reliable data in real-time. As part of the work, vulnerable areas and sections prone to washout risk were identified. As protective measures for the main dam to prevent failure, options have been proposed to ensure the design discharge capacity of the drainage tunnel and to restore the operational functionality of the open emergency spillway channel.

Keywords: tailings pond, mudflow, environmental disaster, monitoring, toxic waste

Введение

Современные изменения климата, сопровождающиеся нарушением устоявшегося баланса температуры и влажности в горах, приводят к увеличению частоты экстремальных погодных явлений, создавая предпосылки для активизации опасных склоновых и русловых процессов (Мальнева, 2023; Лехатинов, 2020). Таким образом, возникает угроза безопасной жизнедеятельности на селитебных территориях там, где ранее присутствие подобных рисков не отмечалось. В этом контексте геоэкологический мониторинг промышленно-индустриальных объектов, расположенных в горной местности, таких как хвостохранилища, становится неотъемлемой частью стратегии предотвращения техногенных катастроф (Дубинин, 2016; Ковлеков, 2016; Мельников, 2015; Шабалина, 2016). Так, серьезные опасения в настоящий момент вызывает ситуация, складывающаяся на заброшенном хвостохранилище ТГОК (Валиев, 2025; Запороженченко, 2019с). Глобальные климатические изменения сказались на гидрологической системе бассейна р. Гижгит (Эльбрусский район Кабардино-Балкарской республики, между Скалистым

и Передовым хребтами), в пойме которой было запроектировано хвостохранилище. Так, согласно прогнозным оценкам изменения климата (Ледники..., 2020; Третий..., 2022), в данном районе в течение всего XXI в. продолжится рост зимних и летних температур, увеличатся максимальные суточные суммы осадков (для зимы — более чем на четверть). Это означает, что осадки будут выпадать в виде более интенсивных ливней и снегопадов. Сейчас почти в 80 % случаев осадки имеют интенсивность до 10 мм/сутки. Однако отмечается тенденция к увеличению количества дождей интенсивностью более 20 мм/сутки, которая может рассматриваться как селеобразующая для Центрального Кавказа (Сейнова, 2018). Вследствие текущих изменений с начала 2000-х годов р. Гижгит стала пропускать значительные паводки в селевом режиме (2002, 2014 гг.) Водоотводная инфраструктура комплекса накопителя отходов ТГОК, и без того находящаяся в крайне запущенном состоянии, не рассчитана на пропуск селевых потоков, и при развитии событий по негативному сценарию возможно переполнение водоема-отстойника с переливом потока через отсечную дамбу и выходом

Для цитирования: Шерхов А. Х. Результаты анализа современных данных геоэкологического мониторинга заброшенного Тырныаузского хвостохранилища // Вестник геонаук. 2025. 9(369). С. 28–35. DOI: 10.19110/geov.2025.9.4

For citation: Sherkhov A. Kh. Results of analysis of modern geoecological monitoring data of the abandoned Tyrnyauz tailings facility. Vestnik of Geosciences, 2025, 9(369), pp. 28–35, doi: 10.19110/geov.2025.9.4



его на пляж хвостохранилища (Докукин, 2020; Шерхов, 2022). Такое положение чревато переувлажнением складированной массы токсичных отходов (118 млн т) и размывом основной дамбы хвостохранилища, что, в свою очередь, приведет к образованию катастрофического по своим масштабам селевого потока, выходящего в р. Баксан.

Оптимальным способом контроля ситуации на данном объекте представляется регулярное проведение геоэкологического мониторинга ландшафта территории с применением беспилотных летательных аппаратов (БПЛА). Выбор этого метода исследований обусловлен тем, что материалы разновременной аэрофотосъемки путем цифровой обработки позволяют с минимальными затратами и в оперативном режиме получать данные, сопоставительный анализ которых дает возможность с высокой степенью достоверности отслеживать изменения геоморфологических параметров ландшафта обследуемых участков. Целью таких обследований является прогностическая оценка динамики рисков техногенного характера на территории прилегающей к хвостохранилищу ТГОК вследствие селепроявлений по р. Гижгит.

В настоящей работе ставилась задача определения пространственно-временных изменений морфометрических параметров сегментов ландшафта гидротехнических сооружений (ГТС) ТГОК, характеризующихся очевидными предпосылками возникновения чрезвычайных ситуаций. Наибольшие опасения вызывают: водоотводный тоннель № 2, отводящий воду р. Гижгит мимо хвостохранилища в р. Баксан; открытый аварийный канал, построенный в 2007 году с целью отвода потока в случае перекрытия/завала входного портала водоотводного тоннеля; отсечная дамба, препятствующая выходу потока на пляж хвостохранилища и перенаправляющая его в створ открытого аварийного канала.

Объект исследований

Заброшенное хвостохранилище ТГОК является крупнейшим на Северном Кавказе накопителем отходов добычи молибденовой и вольфрамовой руды — мелкозернистой грунтовой массы (пульпы), содержащей до 30 разновидностей химических элементов и их соединений, в том числе и высокотоксичных. Детальное устройство этого объекта подробно описано в многочисленных современных исследованиях, посвященных проблемам промышленной безопасности и экологии (Бортников и др., 2013; Гегиев и др., 2018; Докукин и др., 2020; Запороженко и др., 2019a–d; Запороженко, 2004a, b; 2014, 2015). Ниже приведены некоторые его характеристики, актуальные в настоящей работе.

Сооружение, спроектированное Ленинградским институтом «Гипронибель» и построенное в середине XX века, введено в эксплуатацию в 1966 году, с проектной емкостью накопителя 180 млн м³. На момент остановки работ на Тырныаузском ГОК в 1997 году накопленный объем отходов горнодобывающего производства составил 118 млн м³. Эта масса удерживается каскадом насыпных грунтовых дамб, сформированных в устье р. Гижгит (левого притока р. Баксан). Перепад высот между подпорной стенкой (нижний бьеф) и верхней точкой насыпи (верхний бьеф) составляет 168 м,

а абсолютная отметка гребня плотины достигает 1245 м над уровнем моря, длина плотины — 1400 м. Низовой откос плотины имеет критическую крутизну (12.5°), что создает риск сдвиговых деформаций. В основании плотины наблюдается постоянное фильтрационное высачивание воды. Для регулирования возможного перелива из водоема-отстойника хвостохранилища (так называемого «озера Гижгит») емкостью ~1–1.2 млн м³ была построена отсечная дамба.

Сток самой р. Гижгит в р. Баксан осуществляется в обход накопителя по бетонному тоннелю длиной 3600 м и сечением 3 × 3 м. Перепад высот от входного портала тоннеля до выхода в р. Баксан — более 210 м, расчетная пропускная способность — 65 м³/с.

На рисунке 1 представлена схема расположения объектов хвостохранилища и прилегающей территории.

Необходимо отметить, что рассматриваемое сооружение относится к первому классу капитальности, что подчеркивает его исключительную значимость и высочайший уровень ответственности. Разрушение или авария данного объекта способны повлечь за собой катастрофические последствия для близлежащих населенных пунктов и промышленных предприятий, а также привести к масштабному химическому загрязнению источников питьевого водоснабжения, водоемов и водотоков. Потенциальная опасность объекта многократно усугубляется его непосредственной близостью к жилой зоне. Менее чем в одном километре ниже, на противоположном (правом) борту Баксанского ущелья расположено сельское поселение Былым, население которого составляет более 2000 человек. Таким образом, в случае нарушения целостности сооружения угрозе подвергается жизнь и здоровье тысяч людей, а также уникальная экосистема всего региона.

Поскольку в районе исследований отмечены оползневые и селевые проявления, следует упомянуть о геологическом строении района исследований и гидрогеологической ситуации. Согласно данным Государственной геологической карты масштаба 1 : 200 000 (Геологическая..., 2004), борта и днище долины бассейна р. Гижгит, в пойме которой было запроектировано хвостохранилище, сложены осадочными (сцементированными и несцементированными) и метаморфическими породами. Выходы магматических пород единичны. По всей долине, за исключением нивального пояса, наблюдаются выходы грунтовых вод, дешифрируемые на снимках, в том числе по смене растительности. В силу особенностей геологического строения эти участки переувлажнены и часто подвержены оползневым процессам, а также массовому смещению рыхлого обломочного материала по склонам.

Методы исследования

Объектами пристального внимания специалистов на протяжении последних двух десятилетий являются элементы ГТС комплекса, нуждающиеся в адаптации к изменившимся природным условиям. Регулярные наблюдения ведутся с начала 2000-х до настоящего времени, при этом с 2021 года обследования проводятся с применением беспилотных летательных аппаратов и специализированного программного обеспечения (ПО) для обработки получаемых с них данных.



Рис. 1. Схема хвостохранилища Тырнаузского горно-обогатительного комбината на основе космоснимка сервиса GoogleEarth: 1 — селевые отложения 2002, 2014 гг. в русле р. Гижгит на подходе к входному portalу водоотводного тоннеля № 2; 2 — входной portal водоотводного тоннеля № 2; 3 — водоотводный тоннель № 2; 4 — основной водоем-отстойник, емкость — 1–1,2 млн м³; 5 — отсечная плотина при выходе на пляж хвостохранилища; 6 — оползневой участок по правому борту водоотводного канала; 7 — гребень основной плотины; 8 — аварийный открытый водоотводный канал; 9 — расположение очагов высачивания фильтрационных вод в теле основной плотины; 10 — выходной portal водоотводного тоннеля № 2; 11 — русло р. Баксан; 12 — федеральная автодорога; 13 — с. п. Былым

Fig. 1. Scheme of the tailings dam of the Tyrnauz Mining and Processing plant based on a Google Earth satellite image: 1 — mudflow deposits of 2002, 2014 in the Gizhgirt riverbed on the approach to the entrance portal of the drainage tunnel No 2; 2 — entrance portal of the drainage tunnel No 2; 3 — drainage tunnel No 2; 4 — main reservoir-settling tank, capacity — 1–1.2 million m³; 5 — cut-off dam at the exit to the beach of the tailings dam; 6 — landslide section on the starboard side of the drainage channel; 7 — crest of the main dam; 8 — emergency open drainage channel; 9 — location of filtration water seepage foci in the body of the maindam; 10 — exit portal of the drainage tunnel No 2; 11 — Baksan riverbed; 12 — federal highway; 13 — village of Bylym

Наземные рекогносцировочные обследования проводились в рамках текущего этапа геоэкологического мониторинга хвостохранилища 19.06.2025 г. специалистами совместной группы ФГБУ «ВГИ» и ГУ МЧС России по КБР с применением БПЛА «Геоскан» и DJI Mavic Air 2. Параметры полетов задавались с учетом особенностей аэрофотосъемки в горной местности: в ясную погоду; на высоте, соответствующей рельефу (в нашем случае 150 — 280 м от точки взлета); с ориентацией маршрутов перпендикулярно к направлению склона для достижения максимальной эффективности функции расчёта маршрута с учётом цифровых моделей рельефа/местности (ЦМР/ЦММ); с ориентацией маршрута посадки против направления ветра и пр. Режимы съемки подбирались в зависимости от используемого аппарата, а также условий рельефа и площади исследуемой территории. Применялось продольное и поперечное перекрытие 75 × 75 %; во избежание расфокусировки камеры на высотах ниже 200 м непосредственно перед вылетом настраивался автофокус.

Цифровая обработка материалов аэрофотосъемки выполнялась с использованием программного обеспечения группы компаний «Геоскан»: Agisoft Photoscan для фотограмметрической обработки снимков и Agisoft Metashape Professional для создания геопривязанных ортофотопланов, ЦМР/ЦММ и текстурированных 3D-моделей.

Обработка данных БПЛА включала в себя несколько этапов. На первом этапе осуществлялось выравнивание снимков и генерация опорных точек с использованием профильного программного обеспечения. В

процессе калибровки и исключения дефектных кадров было отбраковано 28 из более чем 500 фотографий. В результате для двух разновременных проектов (2021 и 2024 гг.) было сгенерировано 461 тыс. опорных точек.

На основе этих данных было построено плотное облако объемом 167.7 млн точек, формирующее дискретную пространственную модель территории. Последующая генерация цифровой модели местности (ЦММ) выявила наличие шумовых артефактов в виде интерференционных волн на границах съемочного полигона, что обусловлено геометрическими искажениями краевых участков снимков. Для минимизации данных эффектов рекомендуется планировать съемку с буферной зоной, превышающей границы изучаемого объекта.

Завершающим этапом являлось создание ортофотоплана, обеспечивающего детальный анализ визуальных характеристик поверхности. Проведенный сравнительный анализ разновременных 3D-моделей позволил количественно оценить пространственную трансформацию рельефа изучаемого участка хвостохранилища.

Результаты и обсуждение

Ключевым фактором развития событий по негативному сценарию (разрушение основной дамбы хвостохранилища с последующим выходом селевого потока катастрофических масштабов в р. Баксан) в случае значительных селепроявлений по р. Гижгит является перекрытие грязекаменным потоком входного

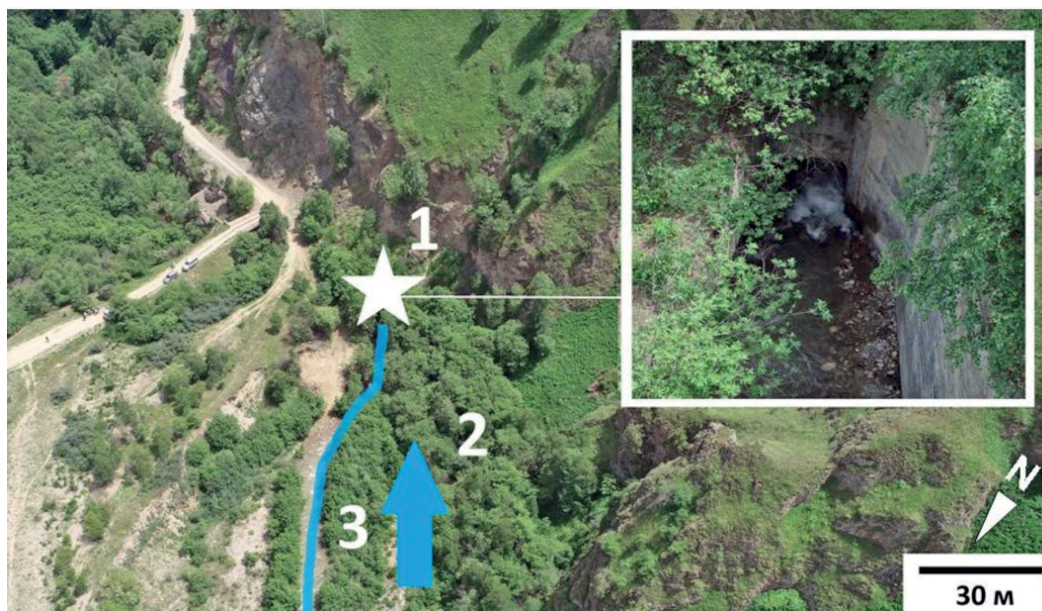


Рис. 2. Входной портал водоотводного тоннеля № 2: 1 — приемный оголовок тоннеля; 2 — залесенные отложения в пойменном участке р. Гижигит перед тоннелем; 3 — современное русло р. Гижигит (стрелкой показано направление течения). Фото с квадрокоптера ГУ МЧС России по КБР. 19.06.2025

Fig. 2. Entrance portal of drainage tunnel No. 2: 1 — receiving end of the tunnel; 2 — forested sediments in the flood plain area of the Gizhgit river in front of the tunnel; 3 — modern bed of the Gizhgit river (the arrow shows the direction of the current). Photo from the quadcopter of the Ministry of Emergency Situations of Russia in the KBR. 06/19/2025

отверстия водоотводного тоннеля № 2 и переполнение в дальнейшем водоема-отстойника хвостохранилища. В этом случае во избежание выхода селя на поверхность пляжа отходов с размывом и переувлажнением складированной массы необходимо контролируемое отведение потока отсечной дамбой в приемный створ аварийного водоотводного канала. Русло канала, в свою очередь, на всем протяжении должно сохранять пропускную способность, достаточную для обеспечения безопасного прохода по нему значительных паводков в селевом режиме. В противном случае воз-

можен выплеск потока влево, на правую оконечность основной плотины с последующим её размывом и разрушением.

Со времени остановки работы горно-обогатительного комбината в 1997 году тоннель № 2 не подвергался сколь-нибудь серьезной ревизии профильных организаций, поэтому данных о внутреннем его состоянии нет. С учетом отсутствия в последние два десятилетия сороудерживающей сетки на приемном отверстии тоннеля возникают вопросы по части сохранения им изначально запроектированной пропускной способ-



Рис. 3. Оползневой участок в русле открытого аварийного водосброса. Синей линией обозначен водоотводный канал, пунктиром — фрагмент русла, заваленный оползем. Фото с квадрокоптера ГУ МЧС России по КБР. 19.06.2025

Fig. 3. A landslide section in the channel of an open emergency spillway. The blue line indicates the drainage channel, the dotted line — a fragment of the riverbed blocked by a landslide. Photo from the quadcopter of the Ministry of Emergency Situations of Russia in the KBR. 06/19/2025

ности. Из негативных изменений на момент проведения последнего обследования 19.06.2025 г. следует отметить скопление обломочного материала вдоль правой стенки входного оголовка приемного отверстия, а также значительное увеличение объема растительности в течение периода 2021–2025 гг. на селевых отложениях 2002, 2014 гг. в русле перед входным порталом тоннеля (рис. 2).

Во избежание выхода потока на пляж хвостохранилища в случае перекрытия селевыми отложениями входного отверстия водоотводного тоннеля и переполнения водоема отстойника в 2007 году справа от основной плотины по инициативе Северо-Кавказского института по проектированию водохозяйственного и мелиоративного строительства было начато сооружение открытого аварийного водоотводного канала, которое не было завершено. При этом вследствие подрезки коренного склона активизировался оползень, заваливший русло канала в верхней его части на участке протяженностью 75 м. Согласно результатам сопоставительного анализа по данным съемки БПЛА за 2021–2025 гг., ортофотопланов и ЦММ указанного участка (рис. 3), подвижек оползневой тела не выявлено.

Также не оправдались опасения о накоплении в русле канала потенциального селевого материала в виде осыпающихся грунтово-осколочных масс. Постепенное заполнение русла канала осыпающимися обломками, помимо снижения его пропускной способности ведет к накоплению селеобразующего материала. Сопоставление цифровых моделей местности в границах аварийного водосброса (полигона) позволяет сравнить изменения объемов накоплений в русле канала и численно оценить динамику его засорения (рис. 4).

Результаты расчетов представлены в таблице 1.

Как видно из таблицы, в русле водоотводного канала за период 2021–2024 гг. не произошло сколь-нибудь существенных изменений объема. Разница значений внутреннего объема русла канала едва превы-

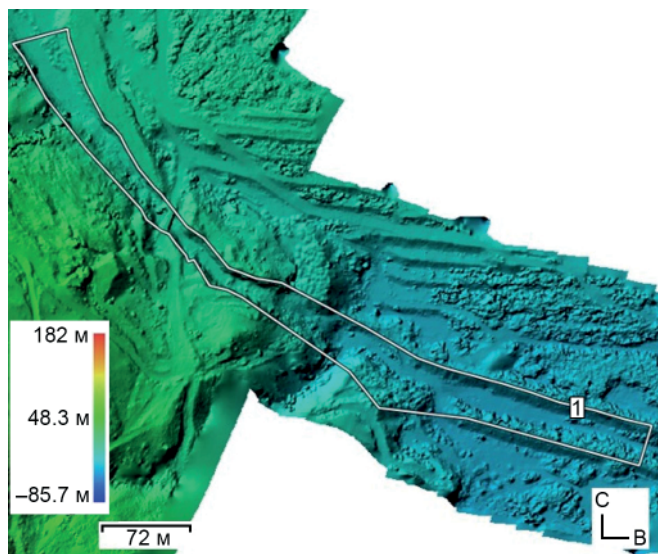


Рис. 4. Границы построенного полигона на цифровой модели рельефа, по которым определены изменения объемов накоплений в канале

Fig. 4. Boundaries of the constructed polygon on the digital elevation model, according to which changes in the volumes of accumulations in the channel are determined

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

Table 1. Internal volumes of the open emergency channel bed within the boundaries of the designated landfill

Внутренний объем русла аварийного канала Internal volume of the emergency channel bed	
2021 год / year	2024 год / year
92 622 м ³	93 293 м ³

шает 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.

Анализ ЦММ зоны сопряжения отсечной дамбы и русла открытого аварийного водосброса показывает минимальный (около 1 м) перепад по высоте от выхода на дорогу, проходящую с дамбы по пляжу хвостохранилища к подножию плотины. Таким образом, риск выплеска потока помимо входного створа канала в сторону каскада дамб основной плотины остается высоким (рис. 5).

На рисунке 6 представлена ЦММ с обозначением потенциально опасных участков, описанных выше, в зоне перехода от водоема-отстойника к основной плотине хвостохранилища.

Выводы

Результаты анализа данных геоэкологического мониторинга ландшафта Тырнаузского хвостохранилища, в частности с применением БПЛА-технологий, показывают необходимость регулярного контроля текущего состояния ГТС комплекса.

Так, в ходе обследования зафиксировано существенное увеличение количества выросших деревьев и кустарников на селевых отложениях в русловой и пойменной частях долины р. Гижгит на территории, прилегающей к входному portalу водоотводного тоннеля № 2, а также накопления обломочных масс непосредственно перед створом тоннеля. В качестве мероприятий по обеспечению бесперебойного функционирования водоотвода очевидна необходимость вырубки указанной растительности и расчистки отложений с целью предотвращения блокировки входного отверстия тоннеля в случае схода селевого или наносоводного потока, поскольку именно от пропускной способности тоннеля будет зависеть развитие событий в пруду-отстойнике хвостохранилища.

Сопоставительный анализ материалов разновременной (2021–2025 гг.) аэрофотосъемки показывает отсутствие подвижек оползневой тела в русле открытого аварийного водоотводного канала, что позволяет охарактеризовать состояние оползня как стабильное в настоящий момент. Также в самом русле аварийного водопропуска не выявлено сколь-нибудь существенного изменения объема, т. е. накопления в нем грунтово-осколочных масс в указанный период не про-



Рис. 5. Участок сопряжения отсечной дамбы и открытого аварийного водоотводного канала: 1 — русло аварийного водосброса; 2 — отсечная дамба (пунктиром обозначен участок, нуждающийся в доработке); 3 — водоем-отстойник хвостохранилища (стрелкой показано направление движения потока в случае переполнения водосборника). Фото с квадрокоптера ГУ МЧС России по КБР 19.06.2025

Fig. 5. The interface section of the cut-off dam and the open emergency drainage channel. 1 — channel of the emergency spillway; 2 — cut-off dam (the dotted line indicates the area in need of improvement); 3 — pond-settling tank of the tailings dam (the arrow shows the direction of flow in case of overflow of the catchment area). Photo from the quadcopter of the Ministry of Emergency Situations of Russia in the KBR. 06/19/2025

исходит. Однако в качестве мероприятий, необходимых для снижения рисков и минимизации негативных последствий опасных природных явлений, реко-

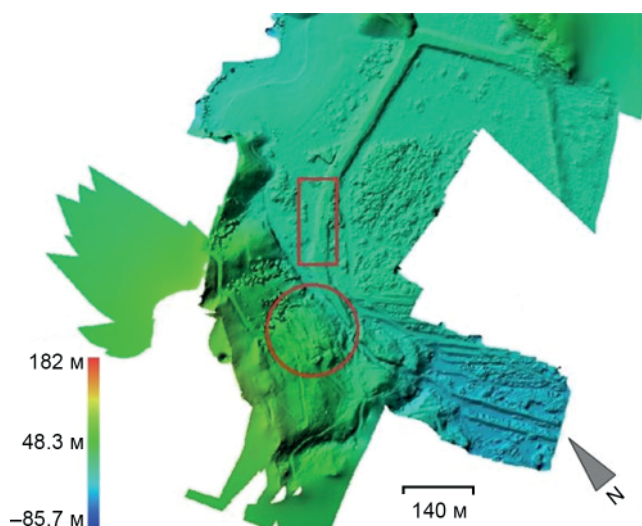


Рис. 6. Цифровая модель местности участка примыкания водоема-отстойника к пляжу хвостохранилища с обозначением наиболее уязвимых элементов ГТС. Прямоугольником обозначена область недостаточно надежного сопряжения отсечной дамбы с входным оголовком открытого аварийного канала, окружностью — оползневой массив, сползающий в русло водопропуска

Fig. 6. Digital terrain model of the area adjacent to the settling pond and the tailings storage facility beach with the designation of the most vulnerable elements. The rectangle indicates the area of insufficiently reliable coupling of the cut-off dam with the entrance head of the open emergency channel, the circle — a landslide mass if blocking the culvert channel

мендуется основательная реконструкция открытого аварийного водосброса, включающая расчистку русла канала от оползневых отложений, укрепление оползневых склонов, а также дна и стенок канала бетонными конструкциями. В целях организации контролируемого перенаправления потока в обязательном порядке следует доработать правую оконечность отсечной дамбы при выходе на пляж хвостохранилища и обеспечить её надёжное сопряжение с входным оголовком аварийного водосброса.

В заключение хотелось бы отметить высокую эффективность применения БПЛА-технологий для мониторинга геоэкологических процессов в горах. Данные высокоточной съемки позволяют в оперативном режиме, с минимальными временными и ресурсными затратами получать максимально достоверные сведения для оценки динамики пространственно-временных изменений ландшафта наблюдаемых территорий.

Исследования проводились в рамках выполнения научно-исследовательской темы 6.3.2 Росгидромета «Разработка и совершенствование методов мониторинга селей и горных ледников в предгорной и высокогорной зонах»

Литература / References

- Богати́ков О. А., Бортни́ков Н. С., 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. Т. 13, № 1. С. 41–53.
Bogatikov O. A., Bortnikov N. S., Karamurзов B. S., Gurbanov A. G., Gazzeev V. M., Dokuchaev A. Ya., Leksin

- A. B., Shazzo Yu. K., Tsukanova L. E., Shevchenko A. V. Buried industrial waste of the Tyrnauz tungsten-molybdenum combine. Bulletin of the Vladikavkaz Scientific Center, 2013, V. 13, No. 1, pp. 41–53. (in Russian)
- Валиев Н. Г., Голик В. И., Лебзин М. С. Инертность влияния стоков Тырнаузского вольфрамо-молибденового комбината на гидросистемы Северного Кавказа // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2025. № 1-1. С. 5–16.
- Valiev N. G., Golik V. I., Lebzin M. S. Inertia of the influence of runoff from the Tyrnauz tungsten-molybdenum combine on the hydraulic systems of the North Caucasus. Mining Information and Analytical Bulletin, 2025, No. 1–1, pp. 5–16. (in Russian)
- Гегиев К. А., Шерхов А. Х., Гергокова З. Ж., Анахаев К. К. Экологические проблемы Тырнаузского хвостохранилища на реке Гижгит // Вестник МГСУ. 2018. Т. 13, Вып. 11. С. 1386–1394.
- Gegiev K. A., Sherkhov A. Kh., Gergokova Z. Zh., Anakhayev K. K. Environmental problems of the Tyrnauz tailings dam on the Gizhgit River. Bulletin of MSSU, 2018, V. 13, Issue 11, pp. 1386–1394. (in Russian)
- Докукин М. Д., Запорожченко Э. В., Знаменский Д. В. Хвостохранилища — объекты повышенной селевой опасности // Селевые потоки: катастрофы, риск, прогноз, защита: Труды 6-й Международной конференции (Душанбе – Хорог, Таджикистан) / Отв. ред. С. С. Черноморец, К. С. Висхаджиева. Душанбе: Промоушн, 2020. Том 1. С. 25–38.
- Dokukin M. D., Zaporozhchenko E. V., Znamensky D. V. Tailings ponds — objects of increased mudflow hazard. Mudflows: disasters, risk, forecast, protection. Proceedings of the 6th International Conference (Dushanbe–Khorog, Tajikistan). Volume 1. Ed. by S. S. Chernomorets, K. S. Viskhadzhieva. Dushanbe: Promotion, 2020, pp. 25–38. (in Russian)
- Дубинин С. В. Анализ геоэкологического ущерба от гидродинамических аварий на хвостохранилищах // Кузбасский государственный технический университет имени Т. Ф. Горбачева. Кемерово, 2016. С. 175–191.
- Dubinin S. V. Analysis of geoeological damage from hydrodynamic accidents at tailings ponds. Kuzbass State Technical University named after T. F. Gorbachev. Kemerovo, 2016, pp. 175–191. (in Russian)
- Запорожченко Э. В. Новые селевые опасности у г. Тырнауза // Устойчивое развитие горных территорий: проблемы и перспективы интеграции науки и образования: Материалы V Международной конференции. Владикавказ, 2004. С. 269–276.
- Zaporozhchenko E. V. New mudflow hazards in the city of Tyrnauz. Sustainable development of mountainous territories: problems and prospects of integration of science and education: Proceedings of the 5th International Conference. Vladikavkaz, 2004, pp. 269–276. (in Russian)
- Запорожченко Э. В. Северный Кавказ: селевые вызовы XXI века // ГеоРиск. 2014. № 3. С. 42–57.
- Zaporozhchenko E. V. North Caucasus: mudflow challenges of the 21st century. GeoRisk, 2014, No. 3, pp. 42–57. (in Russian)
- Запорожченко Э. В. Тырнаузское хвостохранилище на р. Гижгит в Кабардино-Балкарской Республике: проблемы сохранности, устойчивости и экологической безопасности // Сборник научных трудов ОАО «Севкавгипроводхоз». 2015. Вып. 21. С. 127–38.
- Zaporozhchenko E. V. The Tyrnauz tailings dam on the Gizhgit River in the Kabardino-Balkarian Republic: problems of conservation, sustainability and environmental safety. Collection of scientific papers of JSC Sevkaavgiprovdokhoz, 2015, Issue 21, pp. 127–38. (in Russian)
- Запорожченко Э. В. Река Гижгит — источник паводковой опасности для сооружений Тырнаузского горно-обогатительного комбината (ТТОК) // Вопросы повышения эффективности строительства: Сборник трудов конференции. Нальчик, 2004. Вып. 2. С. 159–169.
- Zaporozhchenko E. V. The Gizhgit river is a source of flood danger for the structures of the Tyrnauz Mining and Processing Plant. Issues of increasing construction efficiency: Proceedings of the conference. Nalchik, 2004, V. 2, pp. 159–169. (in Russian)
- Запорожченко Э. В., Докукин М. Д. Об угрозе разрушения Тырнаузского хвостохранилища на р. Гижгит в Кабардино-Балкарской Республике // Геориск. 2019а. Т. XIII, № 1. С. 72–85.
- Zaporozhchenko E. V., Dokukin M. D. On the threat of destruction of the Tyrnauz tailings dam on the Gizhgit River in the Kabardino-Balkarian Republic. Georisk, 2019a, V. 13, No. 1, pp. 72–85. (in Russian)
- Запорожченко Э. В., Докукин М. Д. Тырнаузское хвостохранилище — объект повышенного экологического риска // Устойчивое развитие горных территорий Кавказа: Колл. монография. М.: РАН, 2019с. Том II. С. 224–237.
- Zaporozhchenko E. V., Dokukin M. D. The Tyrnauz tailing dump is an object of increased environmental risk. Sustainable development of the mountainous territories of the Caucasus. A collective monograph. Moscow: RAS, 2019s, V. 2, pp. 224–237. (in Russian)
- Запорожченко 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, 2019b. P. 301–310.
- Zaporozhchenko E. V., Dokukin M. D. The tailings dam on the Gizhgit River in the Kabardino-Balkarian Republic (Russia) and its problems. The 9th International scientific and technical conference «Modern problems of water management, environmental protection, architecture and construction». Tbilisi, Georgia, 2019b, pp. 301–310. (in Russian)
- Ковлеков И. И., Константинов А. Ф., Альков С. П., Дмитриев А. А. Рассмотрены причины и последствия потенциальных угроз безопасности на хвостохранилищах // Горнохимический журнал. 2016. № 9. С. 96–97.
- Kovlekov I. I., Konstantinov A. F., Alkov S. P., Dmitriyev A. A. The causes and consequences of potential safety threats at tailings ponds are considered. Mining Chemical Journal, 2016, No. 9, pp. 96–97. (in Russian)
- Лехатинов А. М., Лехатинова Э. Б., Доржиев А. Д. Влияние селевых потоков на биогеноценоз и экологию национального парка «Тункинский» // Селевые потоки: катастрофы, риск, прогноз, защита. Труды 6-й Международной конференции (Душанбе–Хорог, Таджикистан) / Отв. ред. С. С. Черноморец, К. С. Висхаджиева. Душанбе: Промоушн, 2020. Том 1. С. 470–476.
- Lekhatinov A. M., Lekhatinova E. B., Dorzhiev A. D. The influence of mudflows on the biogeocenosis and ecology



- gy of the Tunkinsky National Park. Mudflows: disasters, risk, forecast, protection. Proceedings of the 6th International Conference (Dushanbe–Khorog, Tajikistan). Volume 1. Ed. by S. S. Chernomorets, K. S. Viskhadzhieva. Dushanbe: Promotion, 2020, pp. 470–476. (in Russian)
- Мальнева И. В., Кононова Н. К. Активность селей на территории России и ближнего зарубежья в XXI веке // ГеоРиск. 2023. № 48. С. 1–10.
- Malineva I. V., Kononova N. K. The activity of mudflows in Russia and neighboring countries in the 21st century. GeoRisk, 2023, No. 48, pp. 1–10. (in Russian)
- Мельников Н. Н., Калашник А. И. Создание многоуровневой системы геодинамического мониторинга горно-технических и нефтегазовых объектов западной части российского сектора Арктики // Арктика: экология и экономика. 2015. № 3 (19). С. 66–67.
- Melnikov N. N., Kalashnik A. I. Creation of a multilevel geodynamic monitoring system for mining and oil and gas facilities in the western part of the Russian Arctic sector. Arctic: Ecology and Economics, 2015, No. 3 (19), pp. 66–67. (in Russian)
- Сейнова И. Б., Андреев Ю. Б., Крыленко И. Н., Богаченко Е. М., Феоктистова Е. А. Опыт прогнозирования селей в условиях деградации оледенения на Центральном Кавказе // ГеоРиск. 2018. Том XII, № 4. С. 26–37.
- Seinova I. B., Andreev Yu. B., Krylenko I. N., Bogachenko E. M., Feoktistova E. A. The experience of predicting mudflows in conditions of glaciation degradation in the Central Caucasus. GeoRisk, 2018, V. 12, No. 4, pp. 26–37. (in Russian)
- Шабалина Е. В. Мониторинг состояния окружающей среды на территориях объектов размещения отходов // Прогрессивные технологии и экономика в машиностроении: VII Всеросс. науч.-практ. конф. для студентов и учащейся молодежи. 2016. Т. 2. С. 510–512.
- Shabalina E. V. Monitoring the state of the environment in the territories of waste disposal facilities. The 7th All-Russian scientific and practical conference for students and young people «Progressive technologies and economics in mechanical engineering», 2016, V. 2, pp. 510–512. (in Russian)
- Шерхов А. Х., Гергокова З. Ж. Оценка актуального состояния некоторых компонентов комплекса гидротехнических сооружений хвостохранилища Тырныаузского горно-обогатительного комбината // Природообустройство. 2022. № 4. С. 100–106.
- Sherkhov A. Kh., Gergokova Z. Zh. Assessment of the current state of some components of the complex of hydraulic structures of the tailings dam of the Tyrnyauz mining and processing plant. Environmental management, 2022, No. 4, pp. 100–106. (in Russian)
- Государственная геологическая карта Российской Федерации масштаба 1:200 000. Издание второе, серия: Кавказская. Лист К-38-I,VII (Кисловодск). 2004.
- The State Geological Map of the Russian Federation on a scale of 1:200,000. Second edition, series: Caucasian. Sheet K-38-I, VII (Kislovodsk), 2004. (in Russian)
- Ледники и климат Эльбруса / Под ред. В. Н. Михаленко. М.; СПб.: Нестор-История, 2020.
- Glaciers and the climate of Elbrus. Ed. V. N. Mikhaleenko, Moscow; St. Petersburg: Nestor-Istoriya, 2020. (in Russian)
- Третий оценочный доклад об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации / Под ред. В. М. Катцова. СПб.: Научно-технологические, 2022.
- The third assessment report on climate change and its consequences on the territory of the Russian Federation. Ed. V. M. Kattsov. St. Petersburg: Science-intensive technologies, 2022. (in Russian)

Поступила в редакцию / Received 16.07.2025