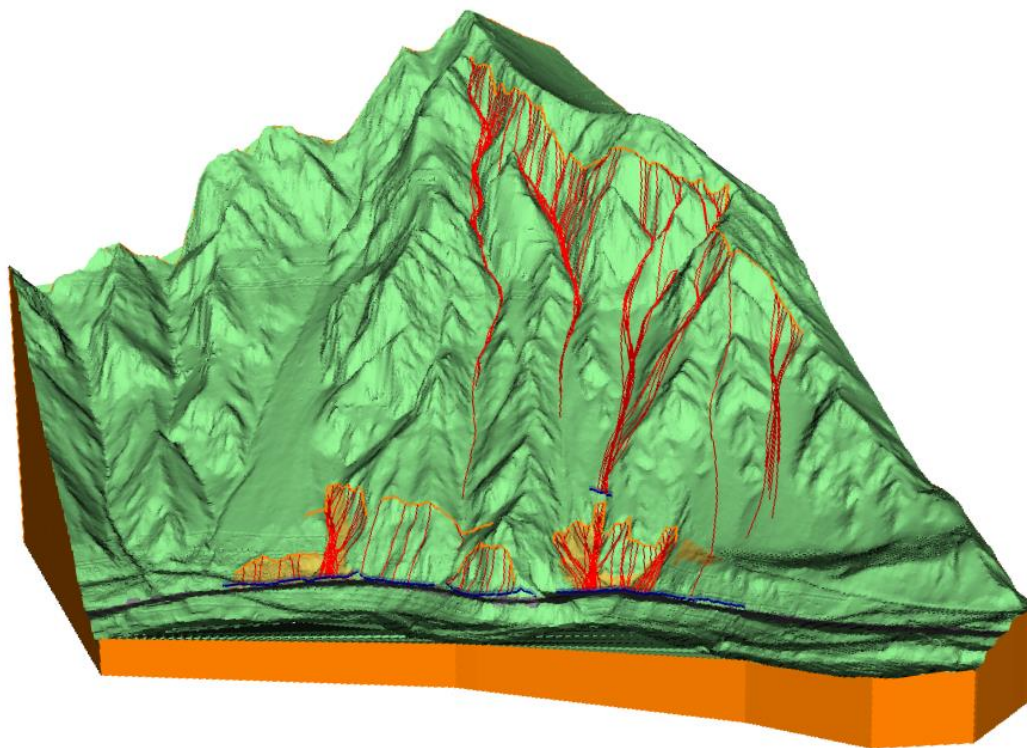




**Оценка опасных природных процессов и рекомендации по мерам инженерной защиты на  
примере участка 63 км автомобильной дороги  
А-164 «Транскам» Карджин - Алагир - Нижний Зарамаг - граница с Республикой Южная Осетия**



## О компании

Группа компаний «Трумер» специализируется на защите зданий и сооружений, объектов инфраструктуры от последствий проявлений опасных природных процессов в горной местности.

В компании работают специалисты по геологии, геоморфологии, гляциологии, геодезии, 3D моделированию и проектированию.

Мы работаем в плотной кооперации с профильными экспертами из отечественных и европейских специализированных институтов.



Географический факультет МГУ  
им. М.В. Ломоносова



РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ТРАНСПОРТА  
РУТ (МИИТ)

РУТ (МИИТ)

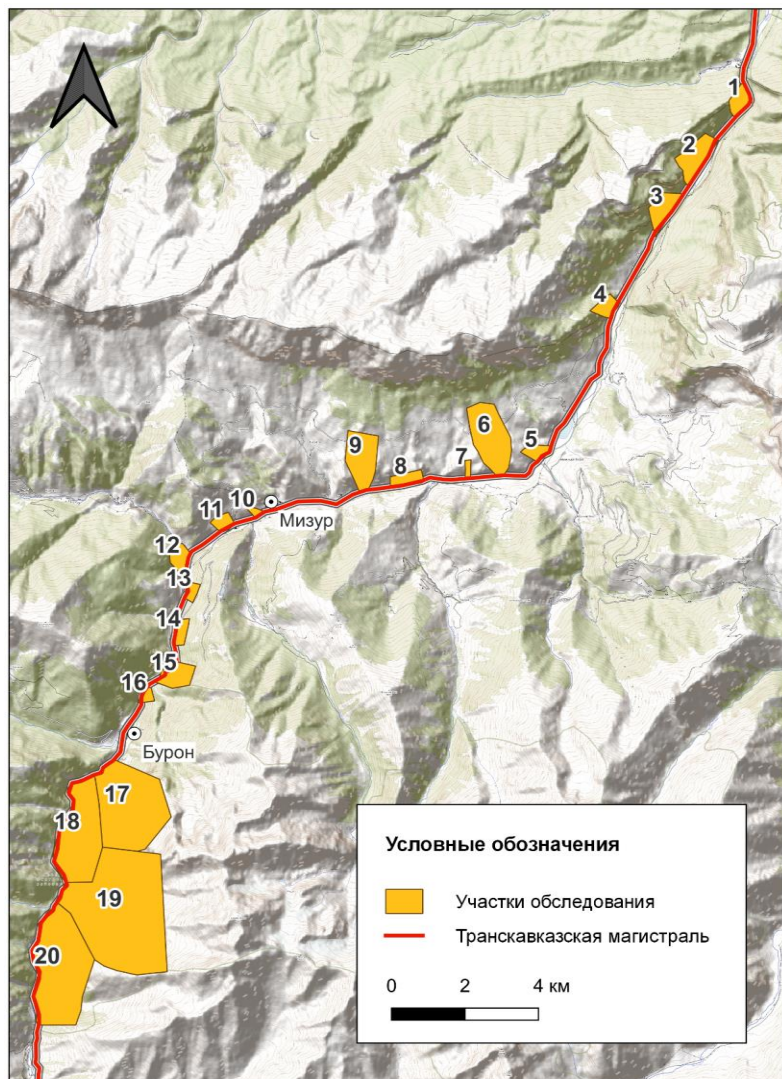


Проектное бюро Mountain  
Risk Consultancy, Австрия



Венский университет естественных  
наук - BOKU, Австрия

## Объекты



Одной из основных задач при эксплуатации объектов в горной местности является обеспечение безопасности. Для выделения опасных зон, описания процессов и предложения рекомендаций по применению систем инженерной защиты сотрудниками компании ООО «ПК Трумер» было проведено обследование всех склонов на 37-75 км Транскавказской магистрали.

Полевые работы проходили с 9 по 20 мая, а также с 11 сентября по 21 октября 2023 года. Специалисты выделили 20 наиболее опасных участков дороги.

Участки обследования расположены в Алагирском районе Республики Северная Осетия – Алания.

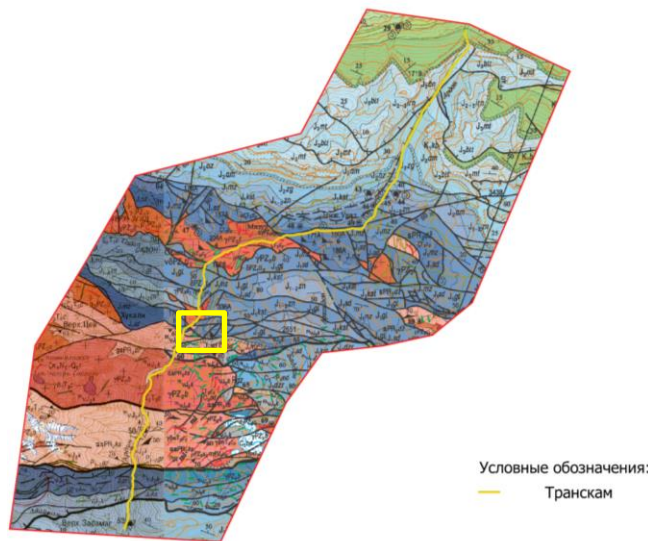
В качестве примера рассмотрен объект № 15 на 63 км Транскавказской магистрали

# Подготовительный этап

На подготовительном этапе анализировались архивные данные, спутниковые снимки, геологические карты, материалы полученные от Заказчика и другая информация из открытых источников.

В результате подготовительного этапа полевая команда получила:

- Уточненные границы обследуемой территории объекта
- Объемы работ и приоритетные участки
- График и предварительные сроки обследования



Участок на геологической карте ГГК ГГК-200\_2 К-38



Уточненные границы участка на спутниковом снимке

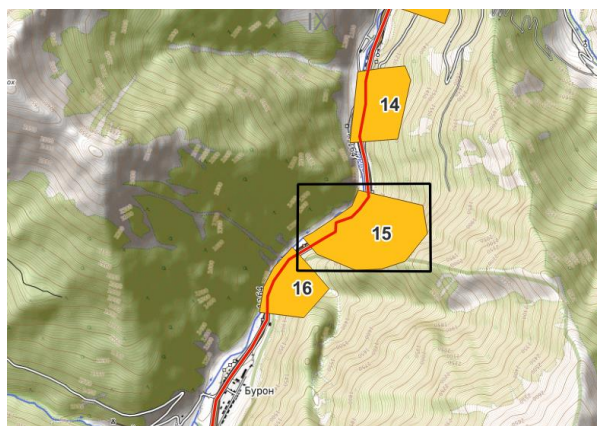


Схема расположения участка

В РОССИИ 18:20, 8 января 2024  
**Транскам закрыт для всех видов транспорта из-за непогоды**

[URL:https://www.interfax.ru/russia/939287](https://www.interfax.ru/russia/939287)

28 июля 2020, 20:56  
**Транскам закрыт из-за сошедшего селя**  
*Об этом сообщает пресс-служба республиканского МЧС*

[URL:https://alaniatv.ru/transkam-zakryt-iz-za-soshedshego-selya/?ysclid=lsj6k1h4ma852471285](https://alaniatv.ru/transkam-zakryt-iz-za-soshedshego-selya/?ysclid=lsj6k1h4ma852471285)

Сообщения о перекрытии движения из СМИ

## Полевое обследование

Во время полевого обследования геологическая группа собрала актуальные данные для оценки рисков опасных природных процессов и дальнейшей камеральной обработки.

Инженеры-геологи выполнили:

- Рекогносцировочное обследование территории и объектов инфраструктуры
- Корректировку изначальных границ
- Фотодокументацию существующих мер инженерной защиты
- Описание зон зарождения, транзита и аккумуляции для склоновых процессов
- Замеры обломков в зоне аккумуляции
- Определение параметров потенциального блока вывала горных пород



## Полевое обследование: состояние защитных сооружений

В ходе полевых обследований была дана оценка целостности конструкций (удовлетворительное/неудовлетворительное) и их защитной функции (эффективная/неэффективная).



Расположение защитных улавливающих стенок на 63 км Транскавказской магистрали на 3D модели

Участок (км)	Тип конструкции	Длина (м)	Высота (м)	Состояние
63	Защитная улавливающая стенка (№1)	80	2.0	неудовлетворительное (неэффективная)
63	Защитная улавливающая стенка (№2)	70	2.0	неудовлетворительное (неэффективная)
63	Защитная улавливающая стенка (№3)	50	2.0	неудовлетворительное (неэффективная)
63	Защитная улавливающая стенка (№4)	50	2.0	удовлетворительное (эффективная)
63	Защитная улавливающая стенка (№5)	60	2.0	удовлетворительное (эффективная)

Характеристики защитных сооружений на 63 км Транскавказской магистрали (участок №15)

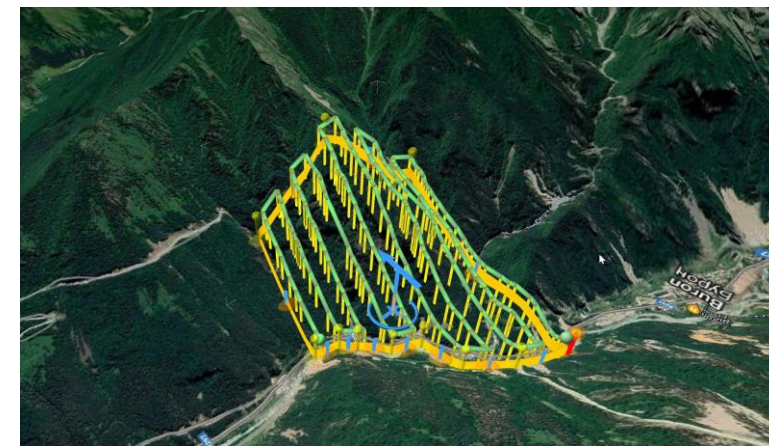
# Полевое обследование с применением БПЛА

Полевые работы с использованием БПЛА состояли из **аэрофотосъемки** и **воздушного лазерного сканирования**.

Этапы работы:

- Фотодокументация склонов объекта от подножия до водораздела
- Выполнение фотограмметрических полетов
- Построение цифровой модели рельефа на основе данных фотограмметрии
- Выполнение лидарных полетов с использованием построенной цифровой модели рельефа
- Проверка корректности полученных данных

Промежуточный результат в виде 3D модели высокой детализации специалисты получают до окончания полевых работ. Это позволяет геологической команде детальнее оценить зоны зарождения опасных процессов и, при необходимости, внести коррективы в объемы работ.



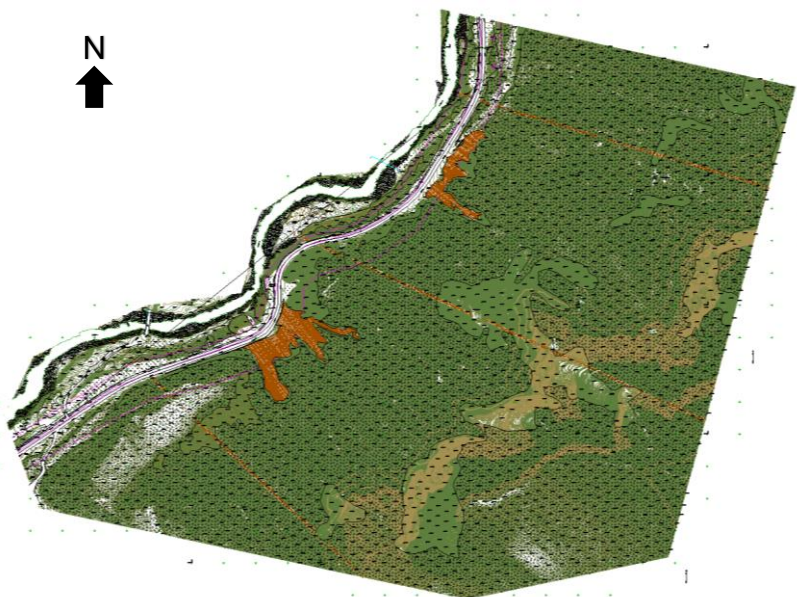
## Полевое обследование с применением БПЛА: 3D модель в высоком качестве





## Полевое обследование с применением БПЛА: результаты

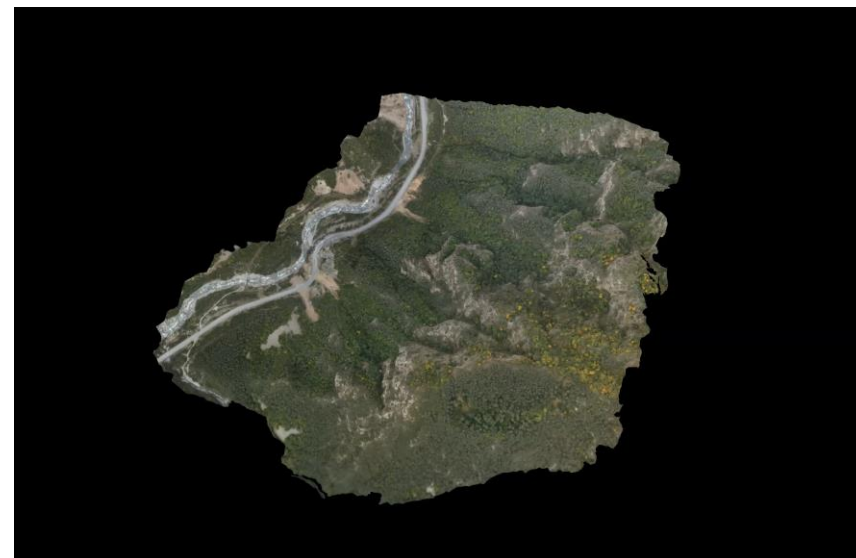
В результате камеральной обработки данных полевых работ геодезическая команда получает полноценную топографическую съемку объекта, ортофотоплан и 3D модель высокого качества.



Топографическая съемка масштаба  
1:500



Ортофотоплан



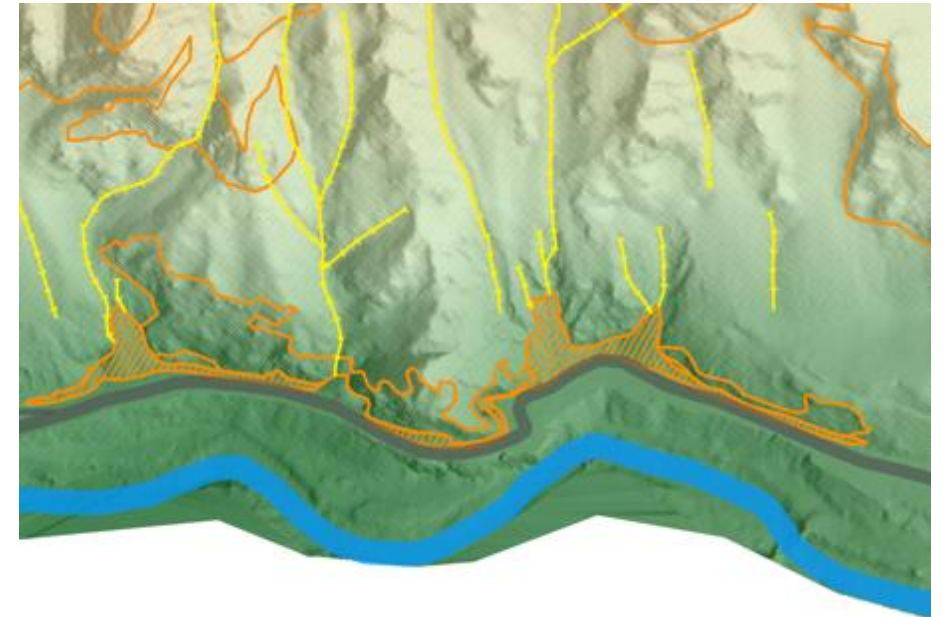
3D модель высокого качества

# Камеральная обработка

На камеральном этапе были обработаны данные, полученные в ходе полевых работ:

- Систематизация собранной информации, анализ фото- и видеоматериалов
- Гранулометрический анализ по методу «d90»
- Анализ систем трещин и выявление размеров типовых блоков
- Построение ЦМР (цифровая модель рельефа) и ее изучение
- Создание карт опасных процессов с выделением зон зарождения, транзита и аккумуляции
- Составление топографического плана

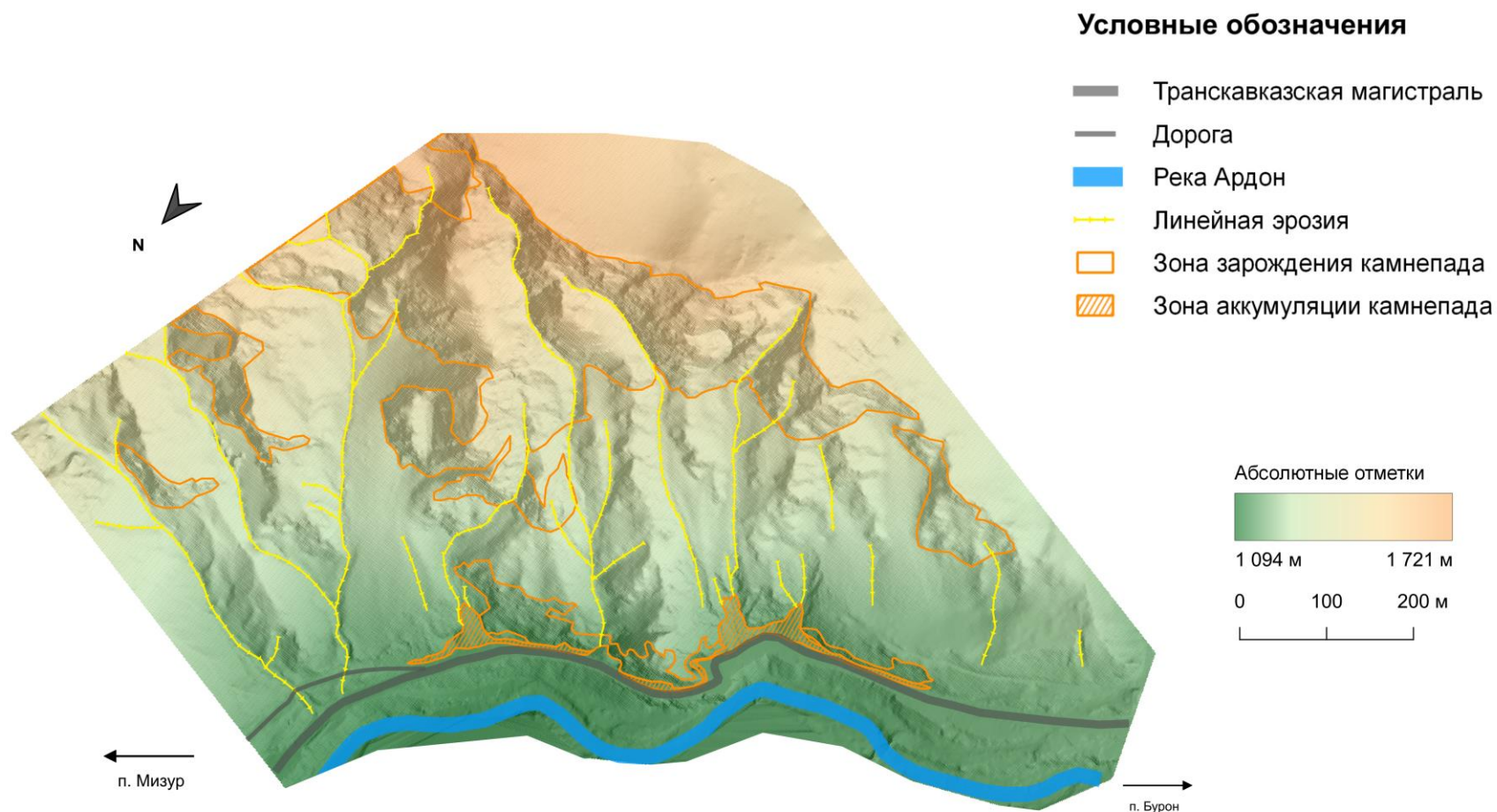
Карта опасных процессов на ЦМР. 63 км Транскама (Участок №15).



Результаты гранулометрического анализа

Номер участка	Километраж	Минимальный объем обломка (см <sup>3</sup> )	Максимальный объем обломка (см <sup>3</sup> )	Объем согласно d90 (см <sup>3</sup> )
15	63 км	105	1621620	1554309
15	63 км	135	9240	8000
15	63 км	6	20930	17109

# Карта опасных процессов на 63 км Транскама (Участок №15)

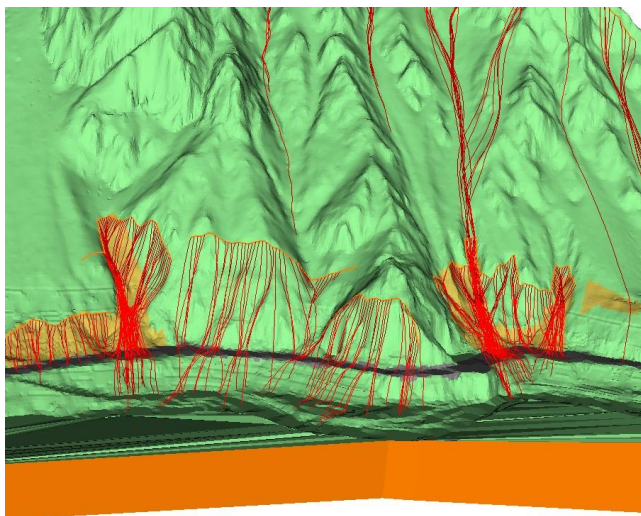


Итогом работ стала карта опасных геоморфологических процессов. Она отражает зоны зарождения, транзита и аккумуляции камнепадов.

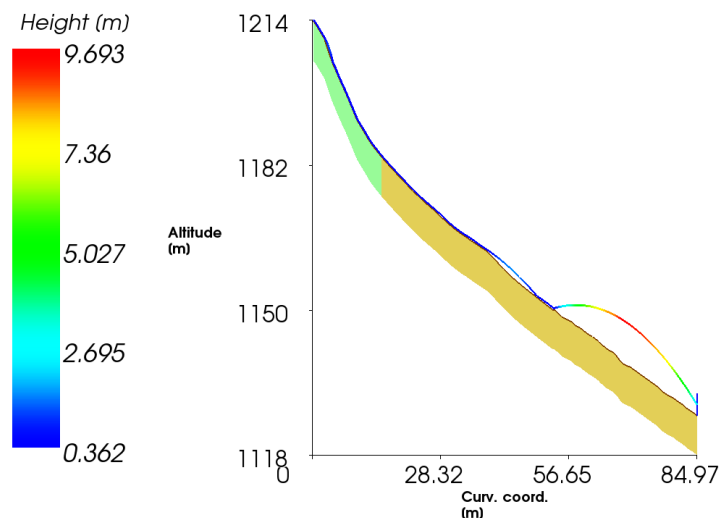
# Компьютерное моделирование

Для оценки рисков схода обломков было проведено компьютерное моделирование, которое включало:

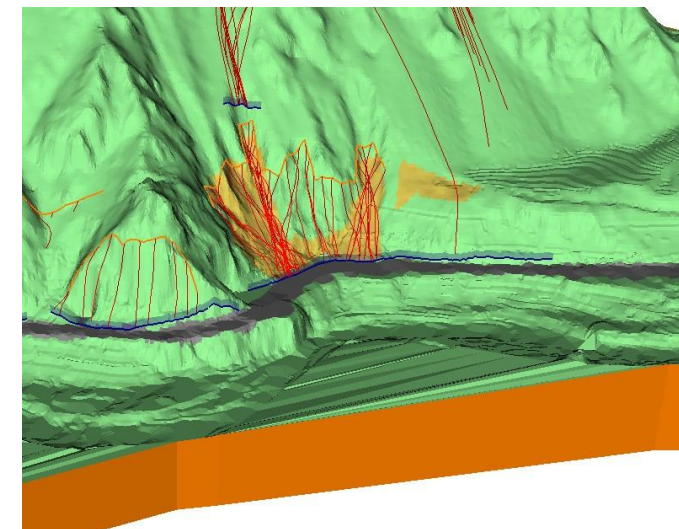
- Расчет траектории падения, энергии удара и высоты отскока обломков камнепадов
- Создание модели траекторий в условиях трехмерного рельефа
- Моделирование установки защитных барьеров



Траектории падения на 3D модели

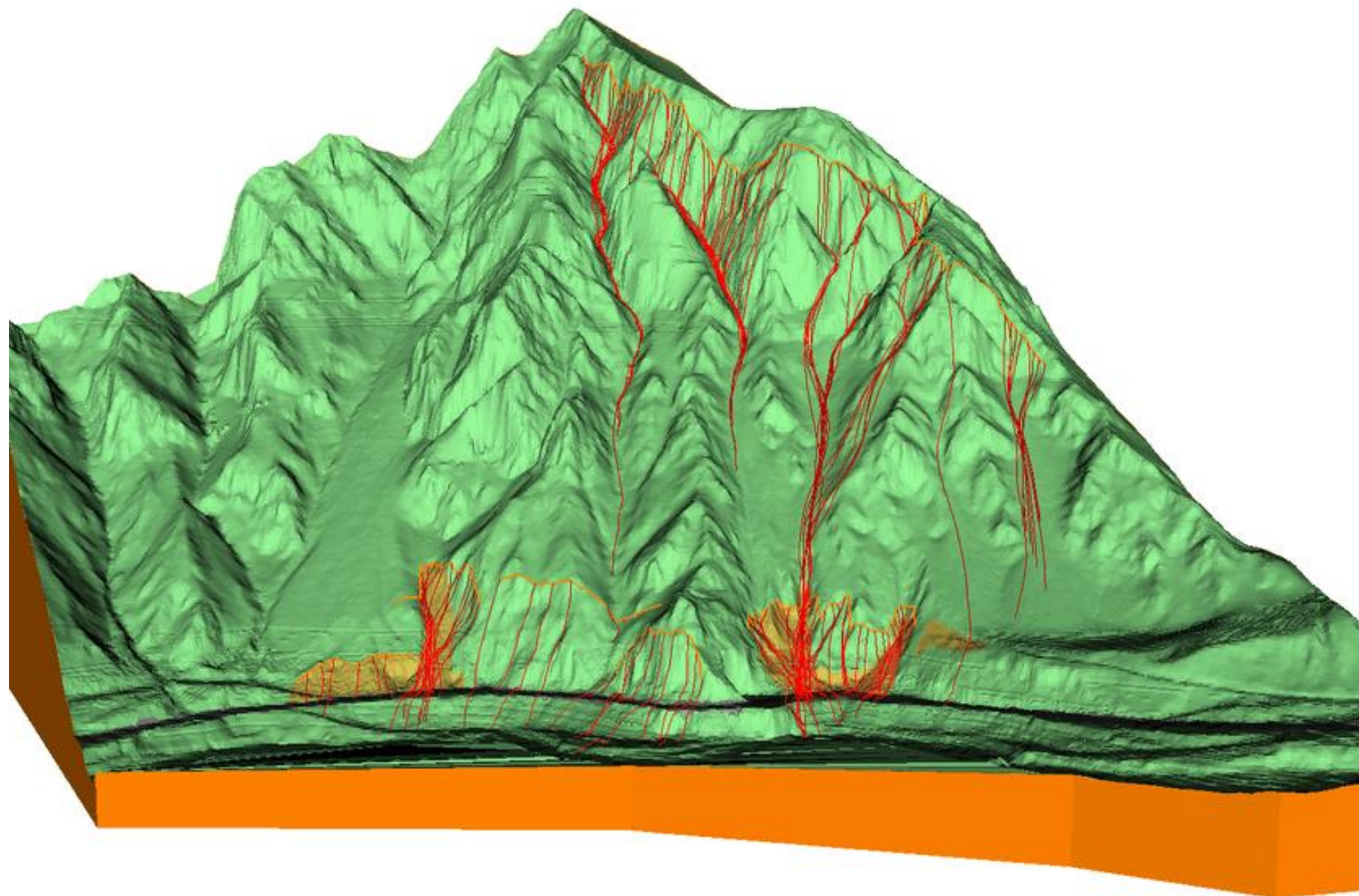


Расчет траектории падения, энергии удара и высоты отскока обломков



Моделирование установки защитных барьеров

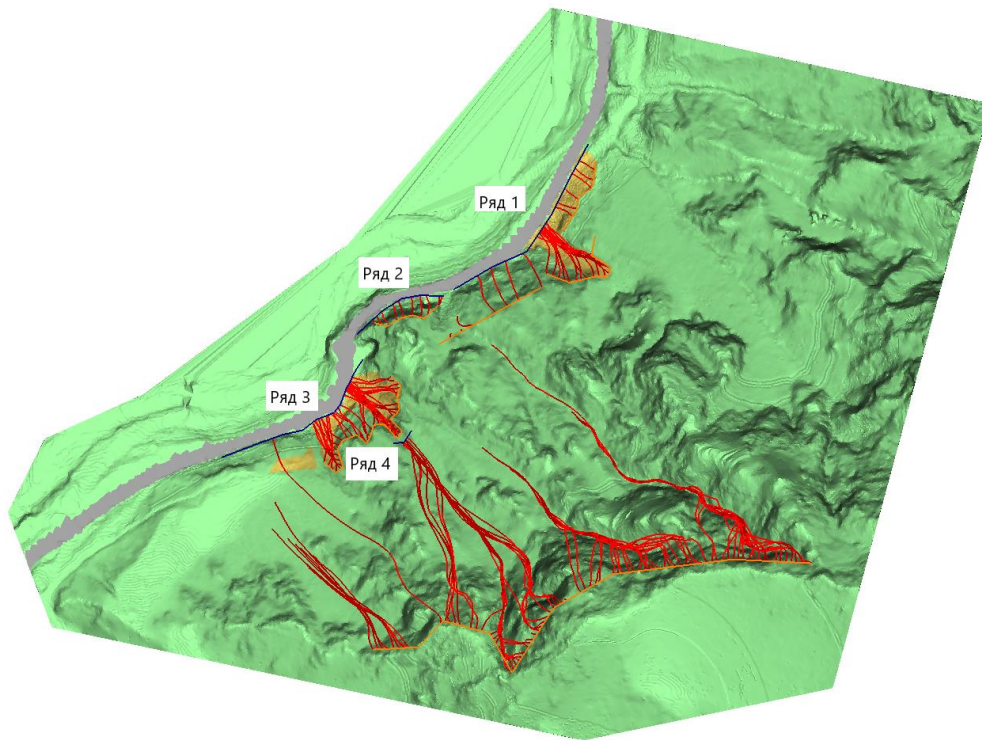
## Компьютерное моделирование



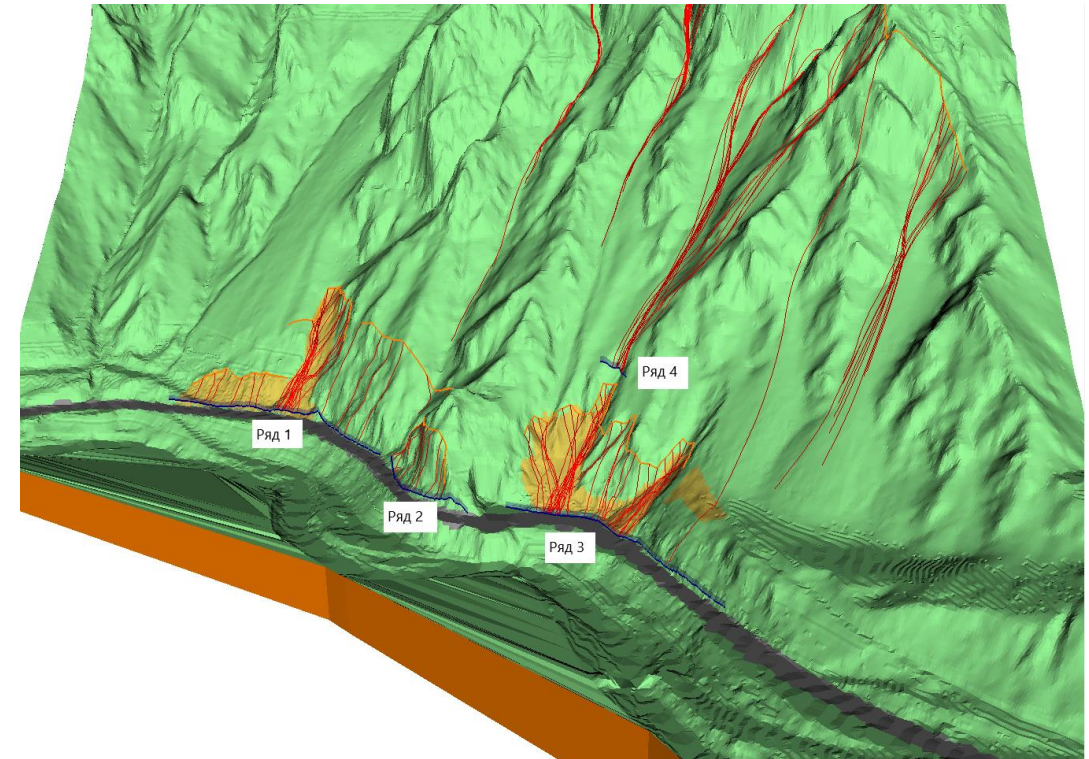
Моделирование установки защитных барьеров: траектория падения обломков с учетом установки защитных барьеров и без

# Рекомендации по установке систем инженерной защиты

В результате анализа траекторий было определено, что для обеспечения безопасности движения на 63 км Транскама необходима установка 4 рядов противокампнепадных барьеров высотой 4,5 м и энергоемкостью 500 кДж.

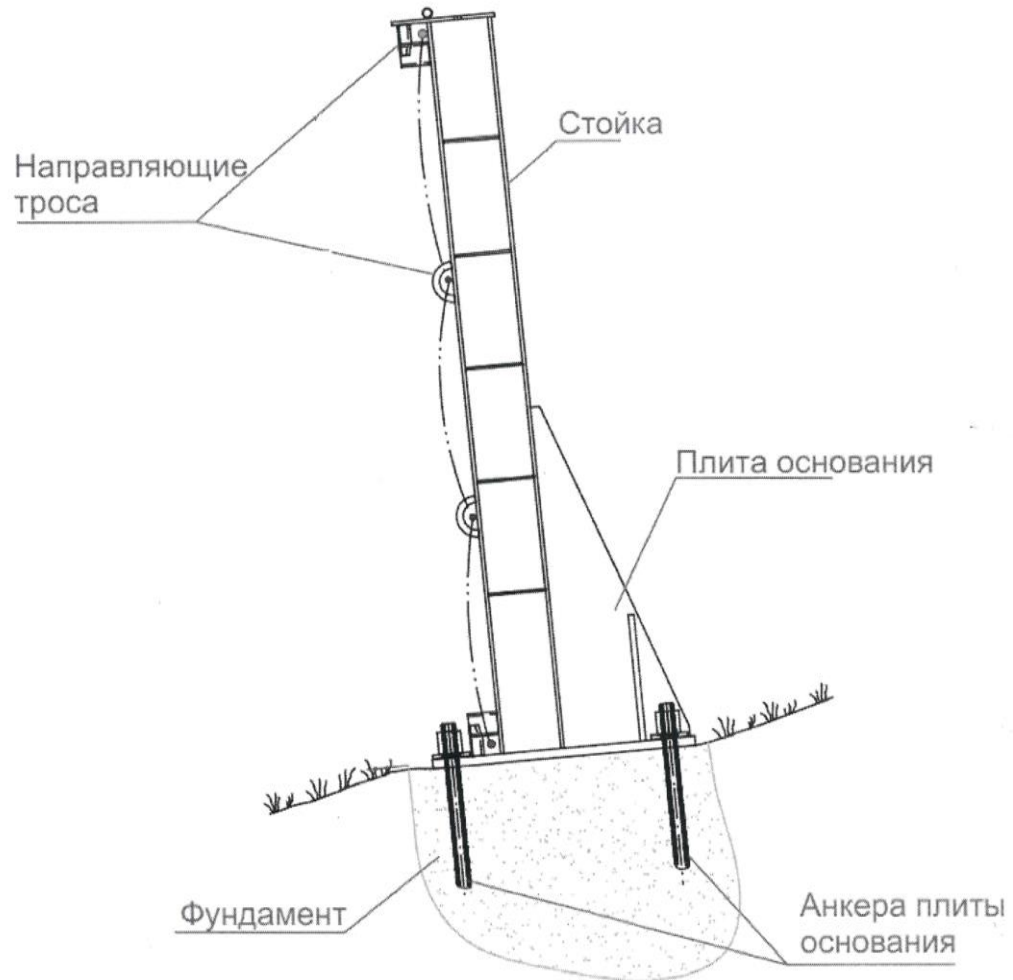


Расположение барьеров на плане

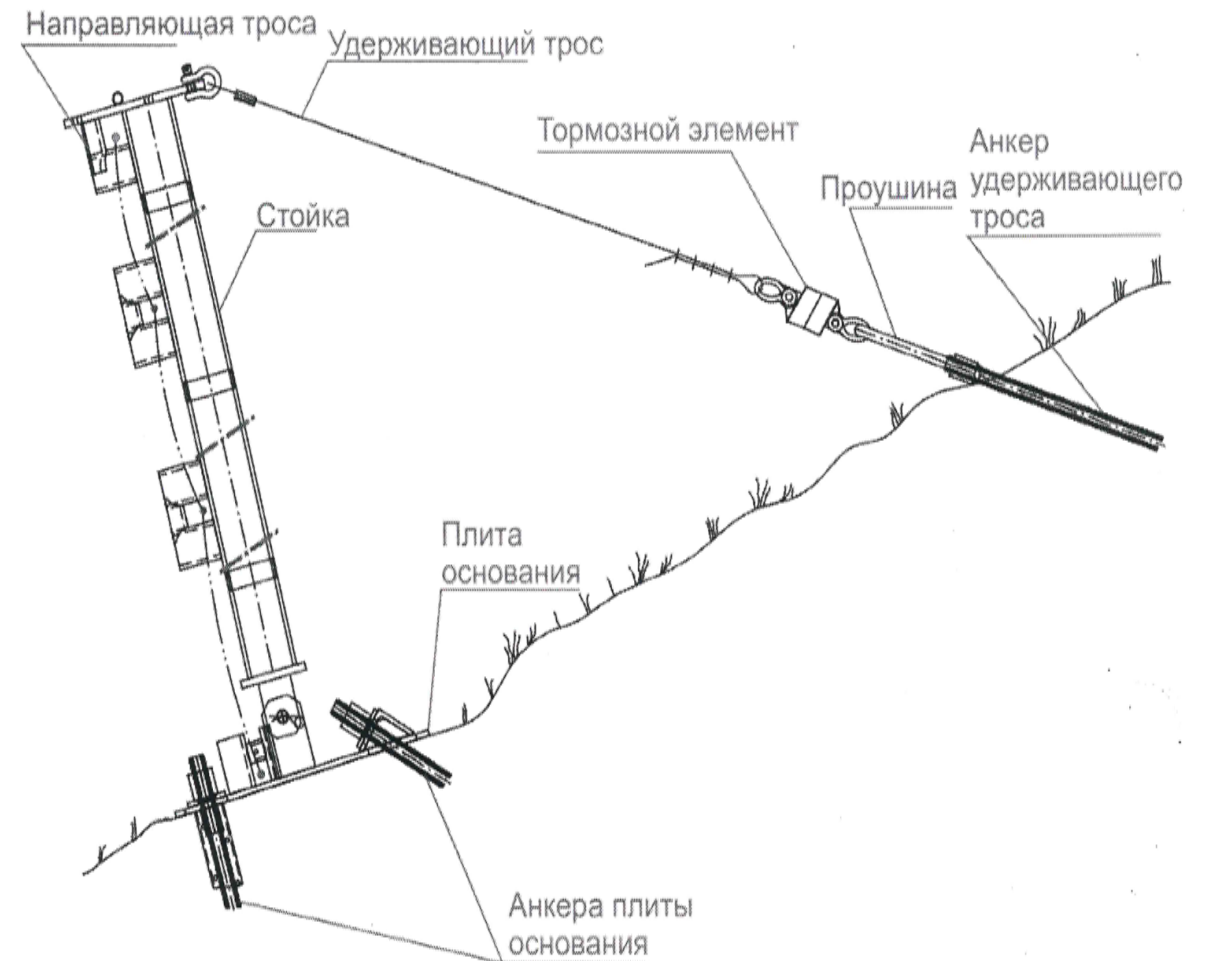


Расположение барьеров в 3D модели

# Рекомендации по установке систем инженерной защиты: выбор типа и характеристик



Консольный барьер TS-500-oA



Шарнирный барьер TS-500-ZD

## Рекомендации по установке систем инженерной защиты: выбор типа и характеристик

Для стабилизации участков склона, сильно подверженных выветриванию рекомендуется использовать высокопрочную сеть HPN+ с использованием системы анкеров. С помощью грунтовых анкеров сеть крепится на поверхности склона и стабилизирует его, что позволяет обезопасить автомагистраль от отделившихся обломков и снизить скорость эрозии.



Участки установки сети HPN+ на 3D модели



## Рекомендации по установке систем инженерной защиты

- На ряду №1 рекомендуется установка консольного барьера TS-500-оА длиной 202 м, высотой 4,5 м и энергоемкостью 500кДж;
- На ряду №2 рекомендуется установка консольного барьера TS-500-оА длиной 108 м, высотой 4,5 м и энергоемкостью 500кДж;
- На ряду №3 рекомендуется установка консольного барьера TS-500-оА длиной 268 м, высотой 4,5 м и энергоемкостью 500кДж;
- На ряду №4, расположенном выше по склону, рекомендуется установить шарнирный барьер TS-500-ZD длиной 40 м, высотой 4,5 м и энергоемкостью 500кДж;
- Для укрепления выветрелых склонов 3 участка рекомендуется закрепить сеть HPN+ площадью 310 м<sup>2</sup>, 304 м<sup>2</sup> и 202 м<sup>2</sup>



Консольный барьер TS-500-оА



Шарнирный барьер TS-500-ZD



Удерживающая сеть HPN+

# Схема расположения систем инженерной защиты на 63 км Транскавказской магистрали

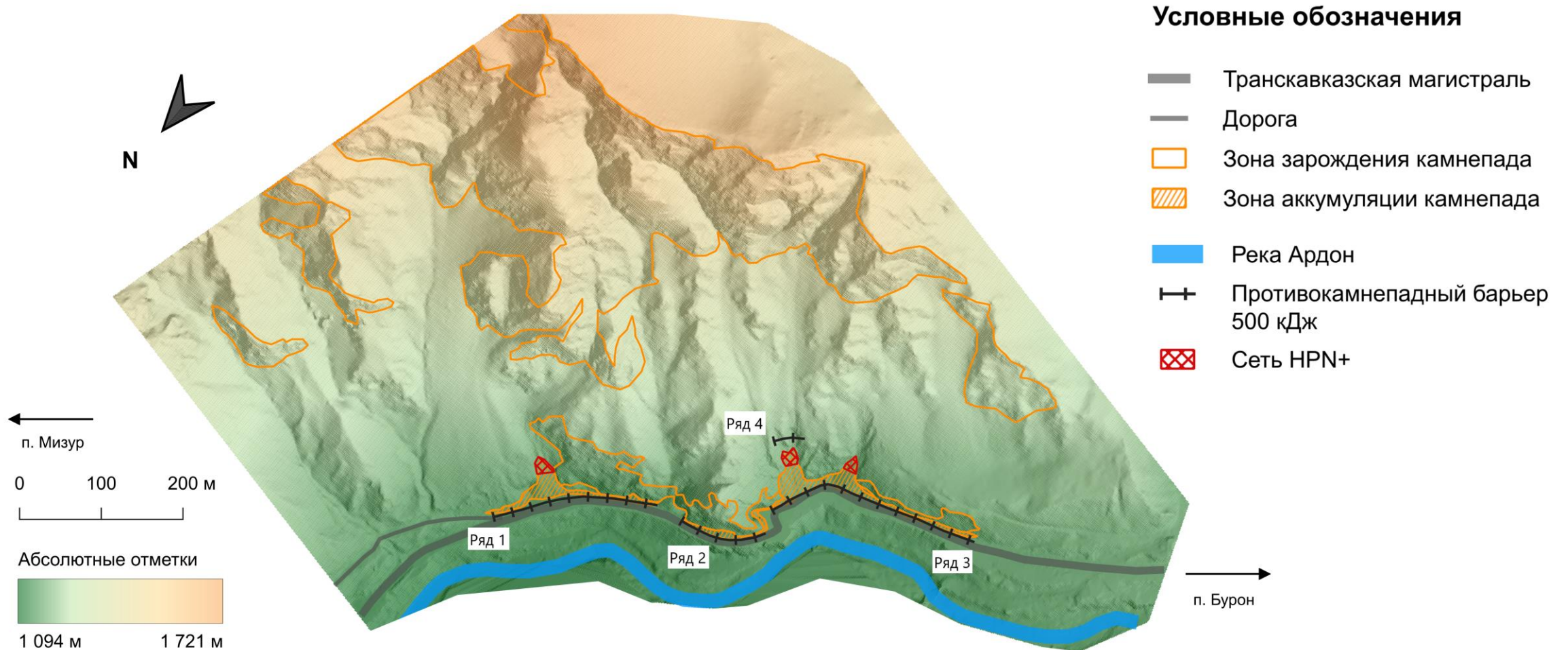


Схема расположения систем инженерной защиты на 63 км Транскавказской магистрали

## Сроки реализации проекта

Состав полевой команды:

- 3 геодезиста-пилота БПЛА;
- 2 инженера-геолога;
- 2 геоморфолога.

Использованное оборудование:

- БПЛА DJI Matrice 300 RTK;
- Фотограмметрическая камера DJI P1;
- Высокоточный лазерный сканер (LIDAR) DJI L1.

Сроки реализации:

- Полевые работы (геодезические и геологические) – 3 дня;
- Камеральная обработка геодезических данных (обработка полученного облака точек и ортофотоплана) – 2 дня;
- Создание 3D модели и топографической съемки – 7 дней;
- Формирование технического отчета и концепта проекта инженерной защиты – 7 дней.

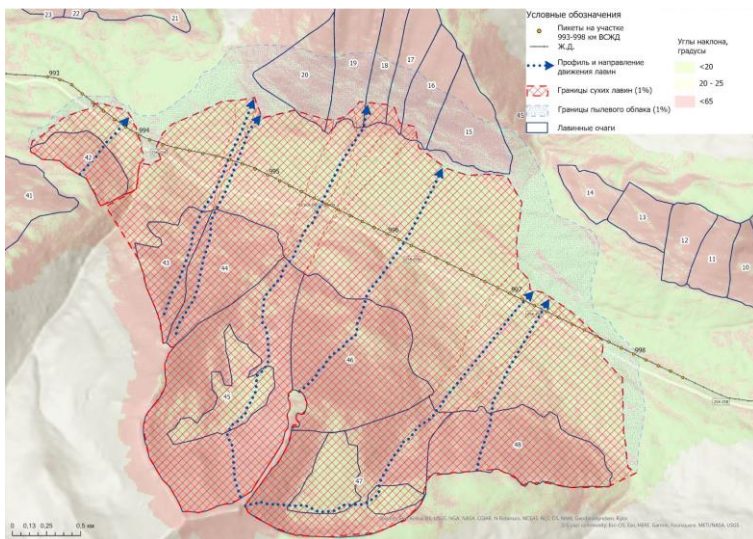
Итого, полевые работы и разработка проекта инженерной защиты для участка на 63 км Транскама заняла **19 дней**.

# Оценка рисков лавинных и селевых процессов

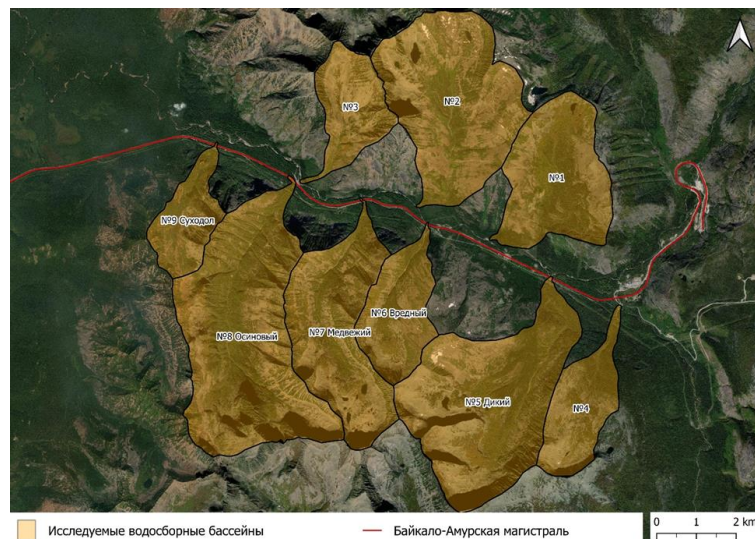
Основную угрозу безопасности движения на 63 км Транскама несут камнепады и осыпи, однако на других обследованных участках присутствуют и другие опасные природные процессы: снежные лавины и сели.

Для оценки рисков схода снежных лавин и селей по аналогичной схеме происходит сбор актуальных геологических и геодезических данных, камеральная обработка, моделирование, в ходе которого определяются:

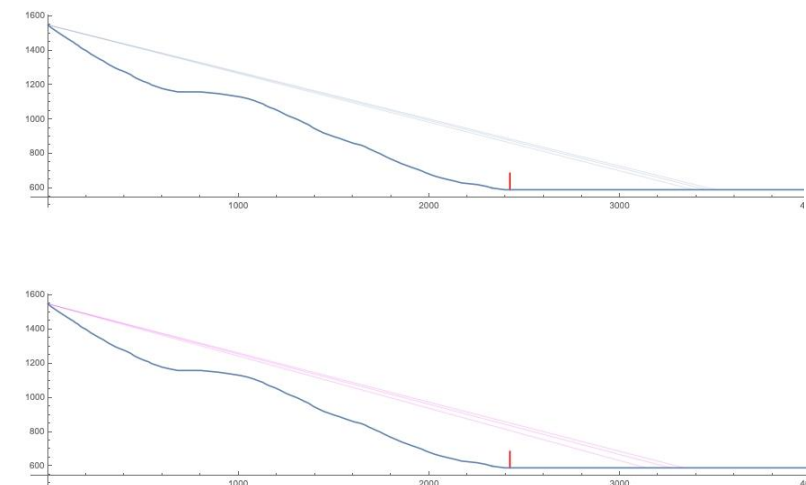
- Значения максимальной скорости, объёмы и дальности выброса снежных лавин с 1%, 2% и 5% обеспеченностью;
- Оценка потенциальной селевой опасности;



Расчета контуров дальности выброса лавин.  
Перегон Кунерма – Дельбичинда, ВСЖД.

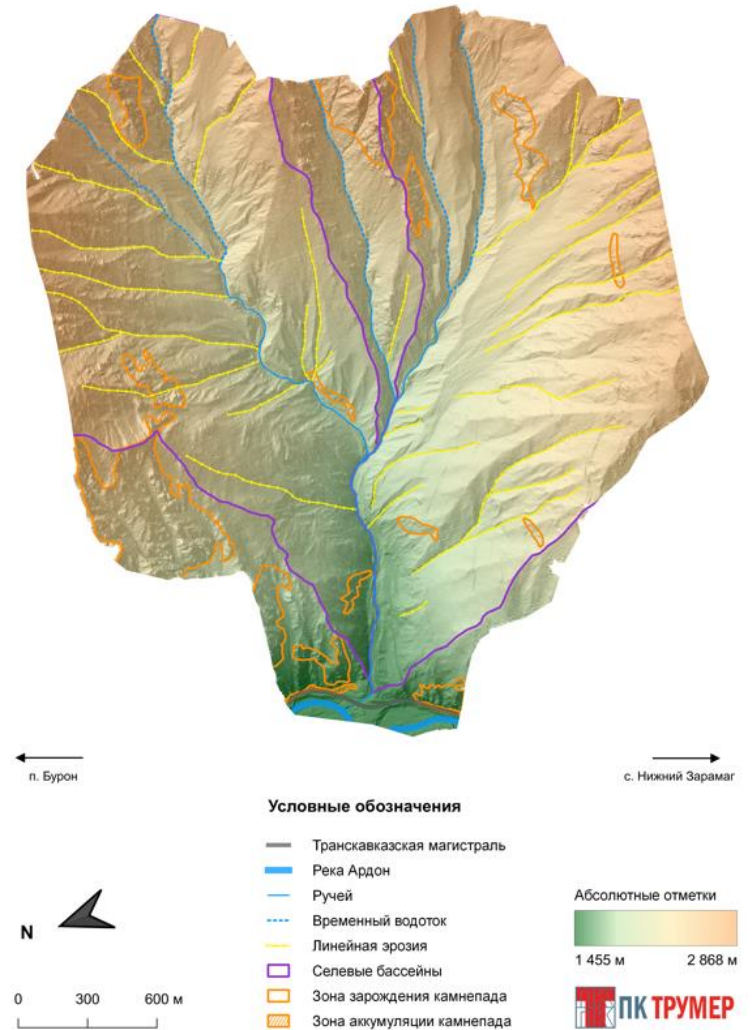
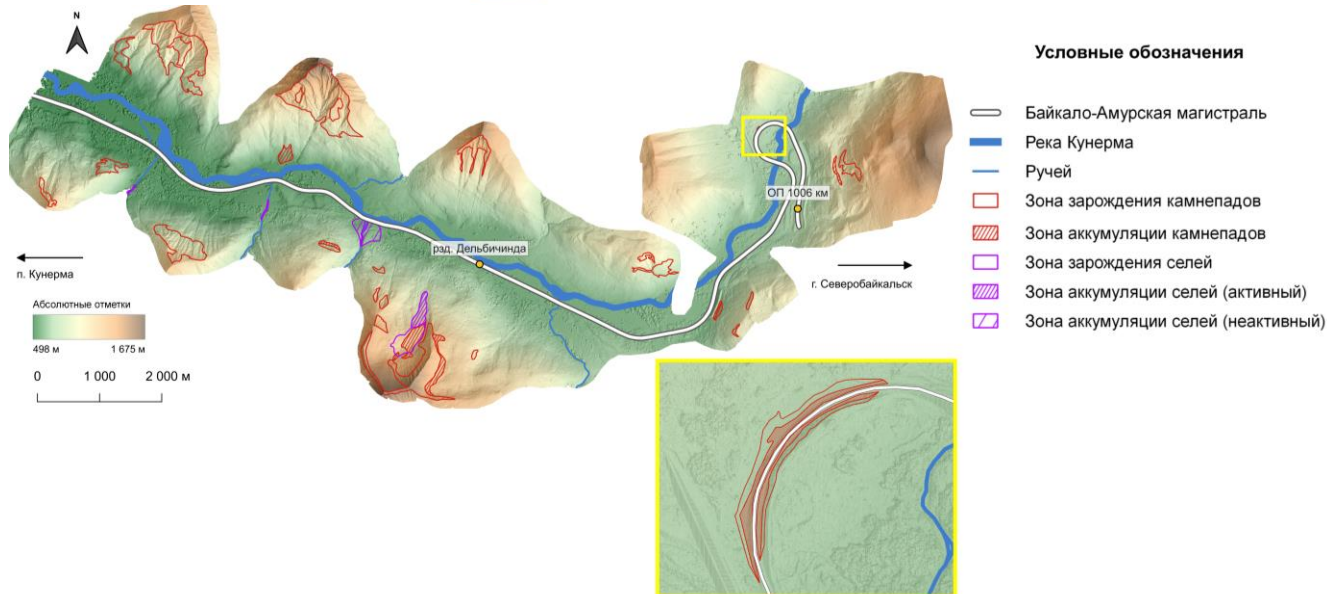
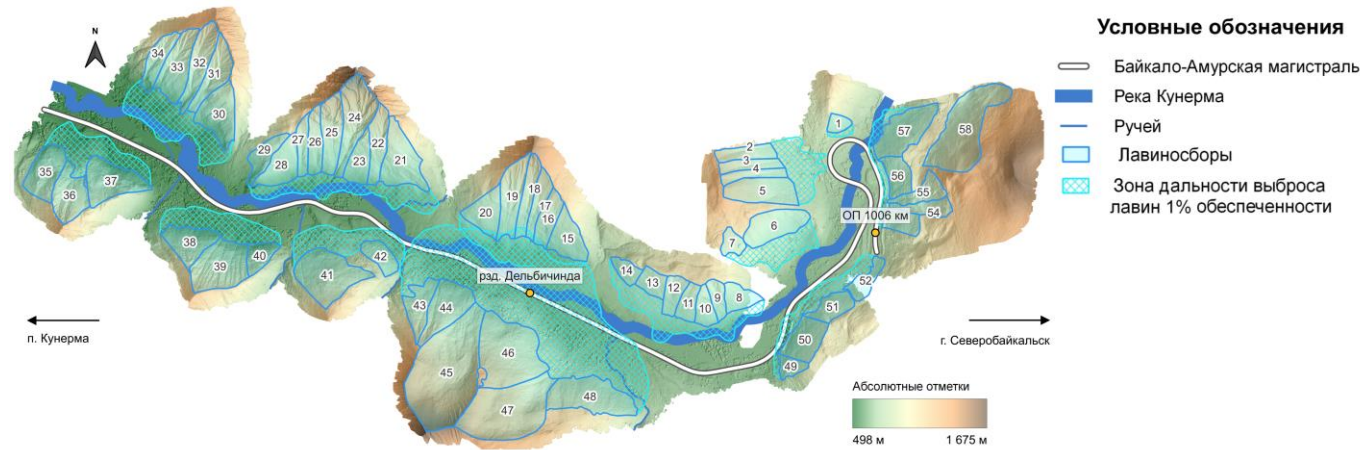


Потенциально опасные селевые бассейны.  
Перегон Кунерма – Дельбичинда, ВСЖД.



Профили дальности выброса лавины.  
997 км ВСЖД.

# Примеры оценки рисков лавинных и селевых процессов



Карта распространения лавин и селевых процессов. Перегон Кунерма - Дельбичинда ВСЖД.

Карта селевого бассейна. Транскам, 71 км.

## Заключение

1. Была выполнена работа по обследованию опасных склонов на участках между 37 и 75 км Транскавказской магистрали. Общая площадь исследования — 33 км<sup>2</sup>, количество задействованных специалистов – 8, сроки проведения полевых работ – 51 день, сроки формирования отчетов и концепта проекта инженерной защиты – 6 месяцев.
2. Результатом работ стали:
  - 20 отчетов, каждый из которых содержит карты опасных процессов;
  - 3D модель объекта в высоком качестве;
  - Топографическая съемка масштаба 1:500;
  - Моделирование гравитационных процессов;
  - Концепт проекта инженерной защиты трассы А-164 «Транскам».
3. Рекомендованные меры инженерной защиты позволят обеспечить безопасное и бесперебойное функционирование трассы федерального значения.



**ПК ТРУМЕР**

ООО «ПК ТРУМЕР»

119002, г. Москва, пер. Сивцев Вражек, д. 29/16, 4  
этаж, помещение III, ч.к. 10 (оф. 420)

[info@trumer.ru](mailto:info@trumer.ru)

[www.trumer.ru](http://www.trumer.ru)

