



**НИЦ строительство**  
научно-исследовательский центр



21 апреля 2021 года

Конференция «Строительные технологии, техника и материалы для  
горнодобывающей отрасли»

**Применение современного геодезического оборудования для проектирования  
мероприятий инженерной защиты от опасных геологических процессов**

**Инженер** Рогов Кирилл Сергеевич  
**Научный сотрудник** Харичкин Андрей Игоревич



МЕЖДУНАРОДНАЯ АССОЦИАЦИЯ  
ФУНДАМЕНТОСТРОИТЕЛЕЙ

25  
ЛЕТ



**MiningWorld**  
Russia

a Hyve event

# Опасные геологические процессы



**КАРСТ**



**ОПОЛЗНИ**



**СЕЛЕВЫЕ ПОТОКИ**



**ЛАВИНЫ**



**ЗАТОПЛЕНИЕ**

Многие из этих процессов представляют особую опасность из-за своей редкой повторяемости, стремительности развития и масштаба явления, особенно при стечении ряда неблагоприятных факторов



**КАРСТ**



**ОПОЛЗЕНЬ**



# СЕЛОВОЙ ПОТОК



# ЛАВИНА



# ЗАТОПЛЕНИЕ



# Инженерная защита территории, зданий и сооружений

Комплекс инженерных сооружений и мероприятий, направленный на предотвращение отрицательного воздействия опасных геологических, экологических и других процессов на территорию, здания и сооружения, а также на защиту от их последствий **СП 116.13330.2017**



# Геодезические изыскания

## Классические методы



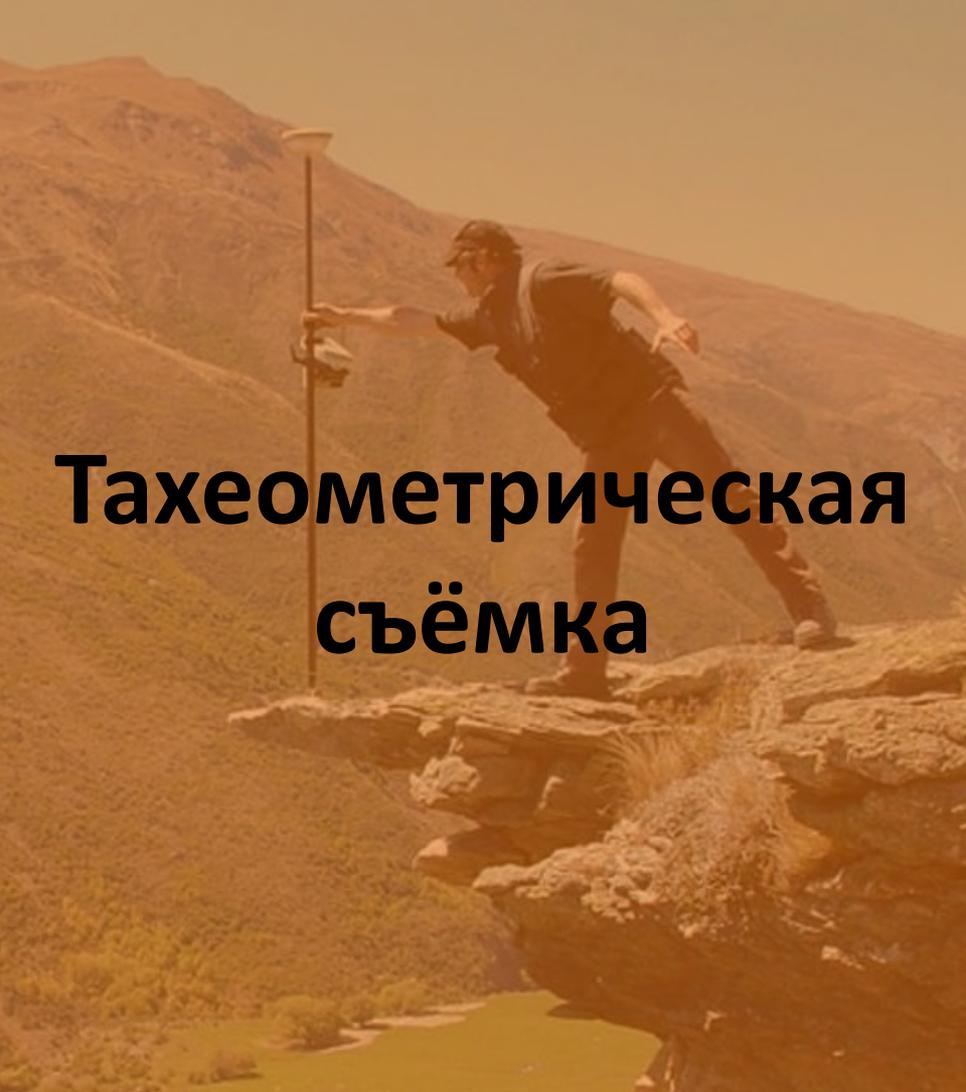
тахеометрическая съёмка  
спутниковые измерения

## Современные методы



лазерное сканирование  
аэрофотограмметрия с  
применением БПЛА

# Тахеометрическая съёмка





# Спутниковые измерения



**Охватывает не всю рассматриваемую территорию в целом, а лишь отдельные характерные точки; особенности изменения рельефа местности могут остаться без внимания**



**Трудно для интерпретации и не обладает наглядностью для непрофессионала**



**Преодоление значительных маршрутов пешком, что увеличивает сроки изысканий**



**Актуальность утрачивается еще до завершения**



**Безопасность**

# Лазерное сканирование

Представляет собой метод сбора геопространственной информации о различных инженерных объектах, который заключается в получении трехмерной точечной модели исследуемого объекта с помощью лазерных сканеров, принцип которого основан на измерении расстояний до исследуемых объектов и фиксации направлений на эти расстояния. Таким образом, результатом лазерного сканирования с одной установки сканера является облако точек заданной области пространства



**Ремонт и реконструкция станции канатной дороги на оползневом участке в районе подпорной стены СТ-3 и укрепление откосов оползнеопасных склонов вдоль горнолыжных трасс, Горнолыжный Туристский Центр «ПАО «Газпром», г. Сочи, 2018 год**

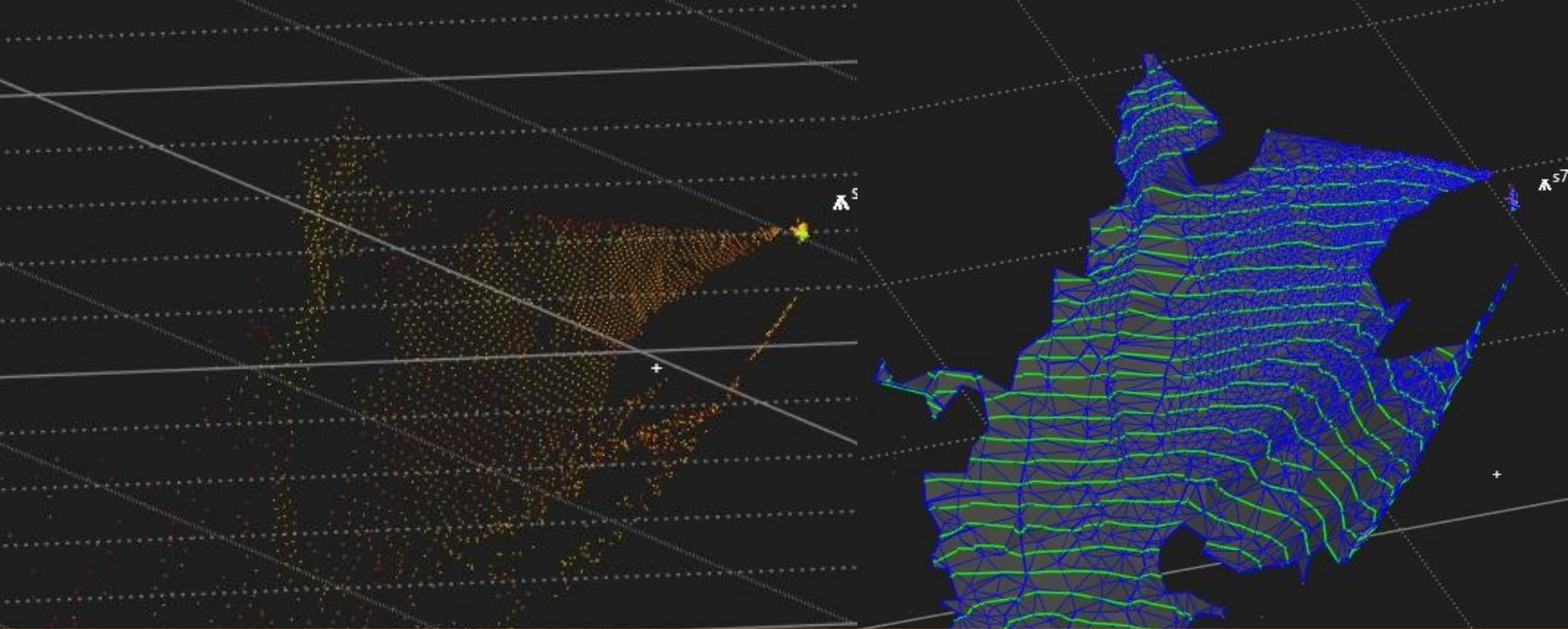


The image shows a massive concrete retaining wall, identified as ST-3, built on a steep, vegetated slope. The wall is composed of several horizontal layers of concrete panels. At the top of the wall, there are several rows of white, T-shaped drainage pipes protruding from the surface. The concrete shows signs of weathering and some green moss or algae growth. In the lower-left foreground, a person in a white shirt and blue jeans stands on a rocky, grassy slope, providing a sense of scale to the wall's height. The background features lush green trees and a clear sky. A semi-transparent orange banner is overlaid across the middle of the image, containing the title text.

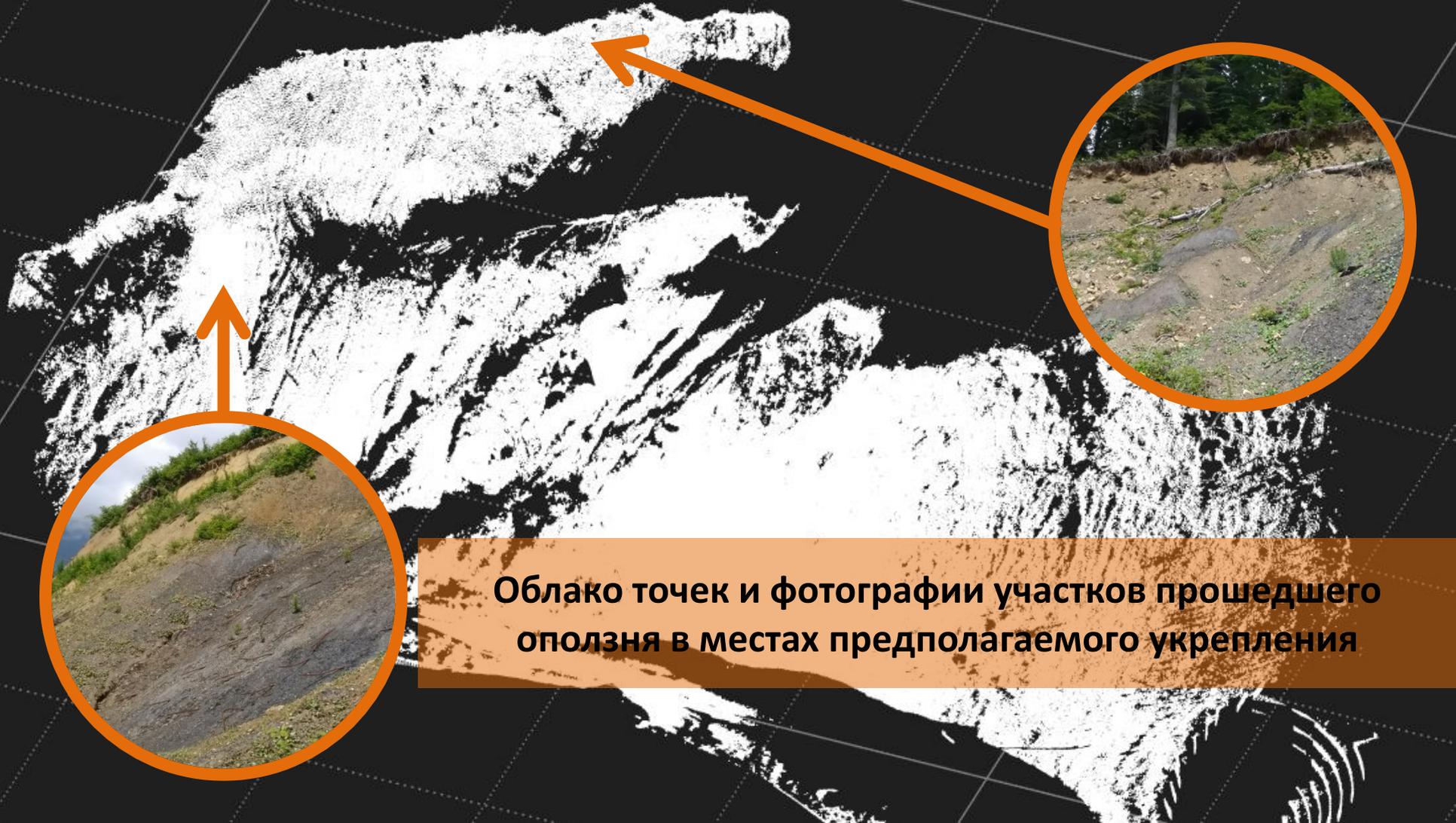
# Подпорная стена СТ-3

# Фрагмент облака точек подпорной стены





**Скан и поверхность с горизонталями  
оползневого склона возле стены СТ-3**



**Облако точек и фотографии участков прошедшего оползня в местах предполагаемого укрепления**

# В результате:

**1** В результате проделанной работы получены объемные цифровые модели, содержащая в себе геометрические характеристики ситуации в пределах рассматриваемого участка строительства

**2** На основании материалов съёмки был выполнен проект по усилению откосов склонов вдоль горнолыжных трасс и возле подпорной стены, а так же был разработан проект по усилению и ремонту подпорной стены СТ-3

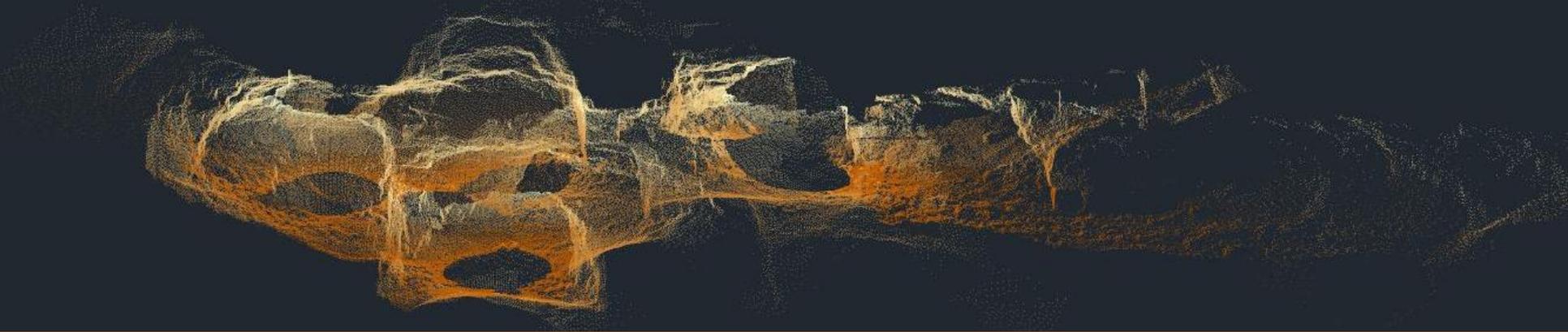
**Лазерное сканирование пещер  
Камкинской каменоломни «Кисели»,  
расположенной в пятне застройки здания,  
Московская область, Домодедовский р-н,  
д. Камкино, 2018 год**





# Ориентирование скана подземных пещер через пробуренные скважины



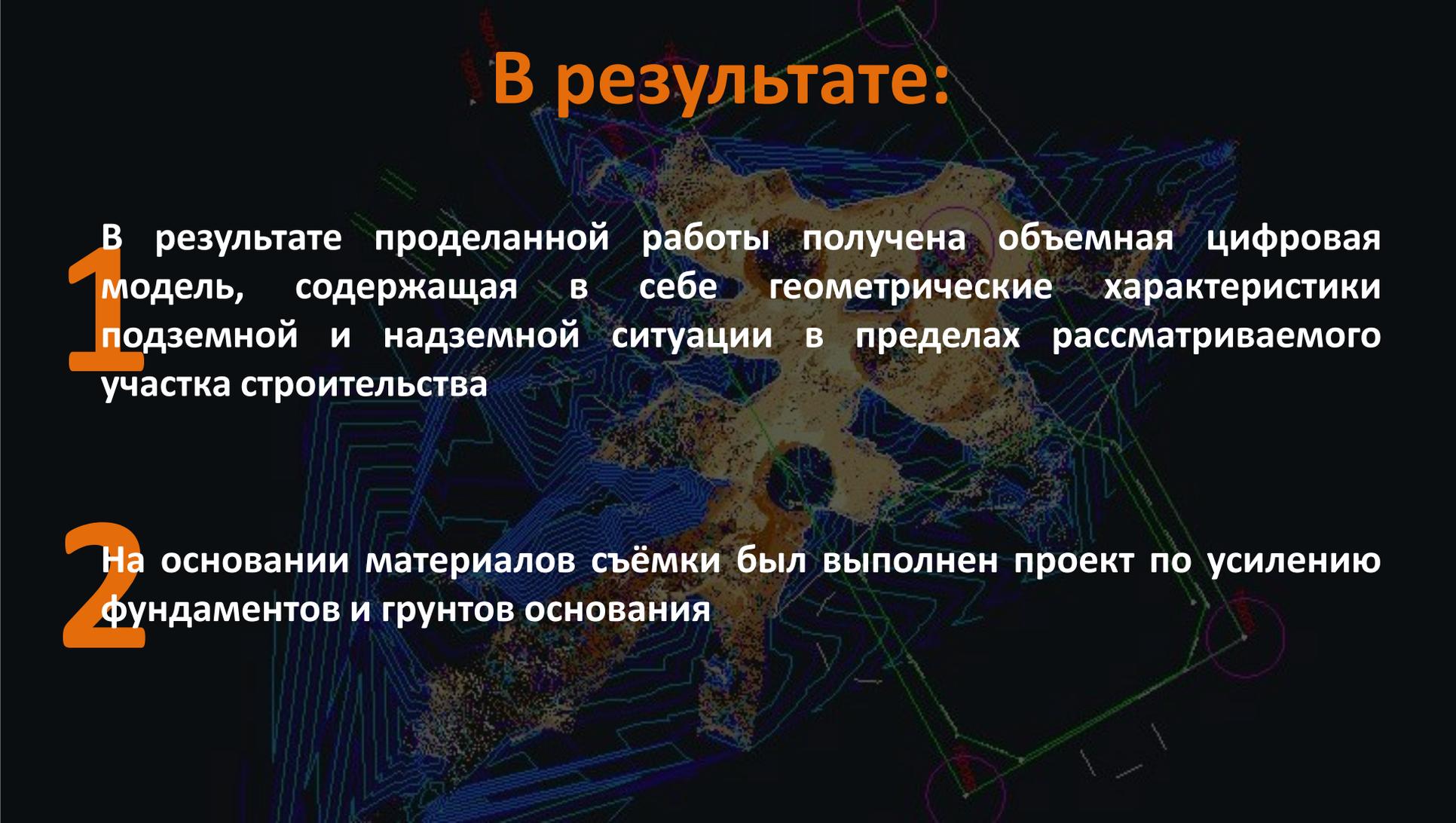


**Облако точек**



# Облако точек в Autodesk ReCAP

# В результате:



**1** В результате проделанной работы получена объемная цифровая модель, содержащая в себе геометрические характеристики подземной и надземной ситуации в пределах рассматриваемого участка строительства

**2** На основании материалов съёмки был выполнен проект по усилению фундаментов и грунтов основания

# Аэрофотосъёмки с использованием БПЛА



Применение аэрофотосъёмки с использованием БПЛА применяется для анализа текущей ситуации на территории изысканий и разработки решений по инженерной защите. Метод позволяет получить исчерпывающую информацию при сравнительно той же точности, большей безопасности, а также при удобстве и скорости выполнения самих работ (как полевых, так и камеральных)

# Порядок выполнения работ и необходимое оборудование

## Подготовка

- 1. Изучение объекта/территории изысканий, подбор перечня необходимого оборудования;
- 2. Подготовка и проверка оборудования (поверка, калибровка, настройка);
- 3. Подготовка полётных заданий (границы, высота, скорость, перекрытия снимков и другие хар-ки полётов);
- 4. Проверка наличия исходных наземной (пунктов и реперов) или спутниковой (референционных базовых станций) геодезических сетей, а также определения решения подключения или привязки к ним.

## Полевые работы

- 1. Маркировка опознаков или контрольных точек, их координирование;
- 2. Подключение к постоянно действующей референцной базовой станции или установка свой на пунктах с известными координатами;
- 3. Калибровка фотокамеры и проверка полётных характеристик заданных маршрутов;
- 4. Полёты и фотографирование.

## Камеральная обработка

- 1. Перенос данных с коптера и спутникового приёмника на ПК;
- 2. Обработка спутниковых измерений, присвоение точных координат и высот центрам снимков;
- 3. Фотограмметрическая обработка.

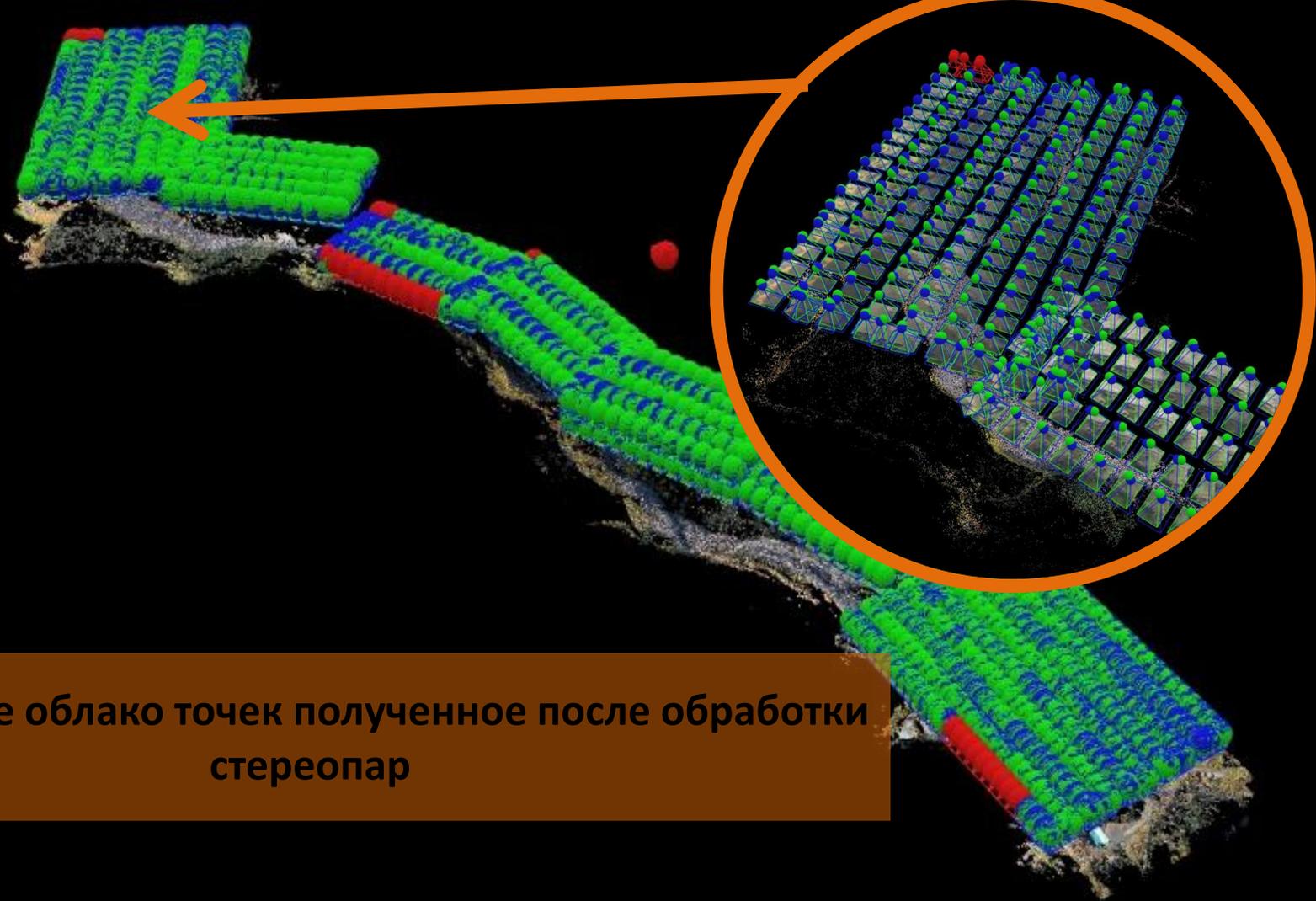
## Результат

- В качестве результата можно получить: геопривязанный ортофотоплан, облако точек, 3D модель, карту высот местности (горизонтальными) и прочее. С применением дополнительного оборудования можно получать тепловизионные снимки, мультиспектральные снимки и прочее.



**Противоселевые мероприятия г.  
Северо-Курильск, о. Парамушир,  
2019 год**





Разряженное облако точек полученное после обработки стереопар



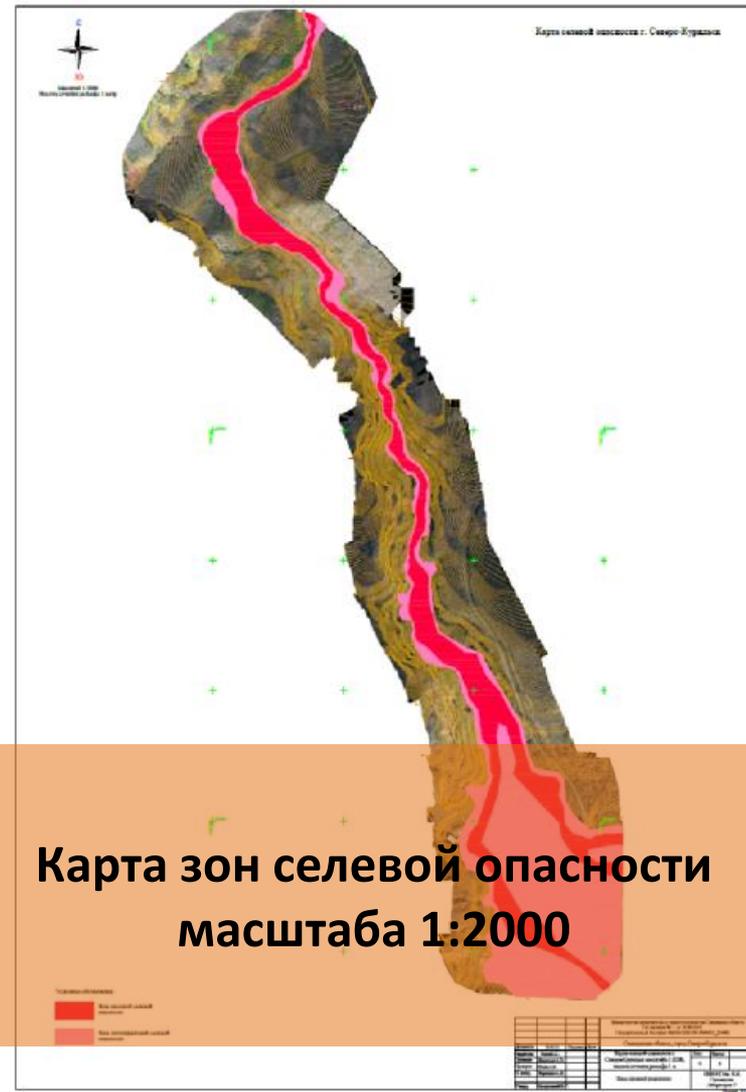
**Фрагменты ортофотоплана**



Карта характерных участков села  
масштаба 1:2000



Карта зон селевой опасности  
масштаба 1:2000



# Облако точек в Pix4D mapper

# В результате:

**1** Получены ортофотоплан, 3D-модель и карта высот (с горизонталями) русла реки Кузьминка и откосы вдоль оси русла

**2** Полученные материалы были переработаны в карту масштаба 1:2000 селевой опасности г. Северо-Курильска, включающую зоны селевой опасности и характерные участки селя

**3** На основе материалов 3D-модели были разработаны и предложены варианты инженерной защиты территории от селевой опасности

**Геотехнический мониторинг и научно-техническое сопровождение возведения искусственной насыпи «ADRENALINE BEAT», г. Москва, 2019-2020 год**





**Фото с земли и с воздуха**





Volume 2

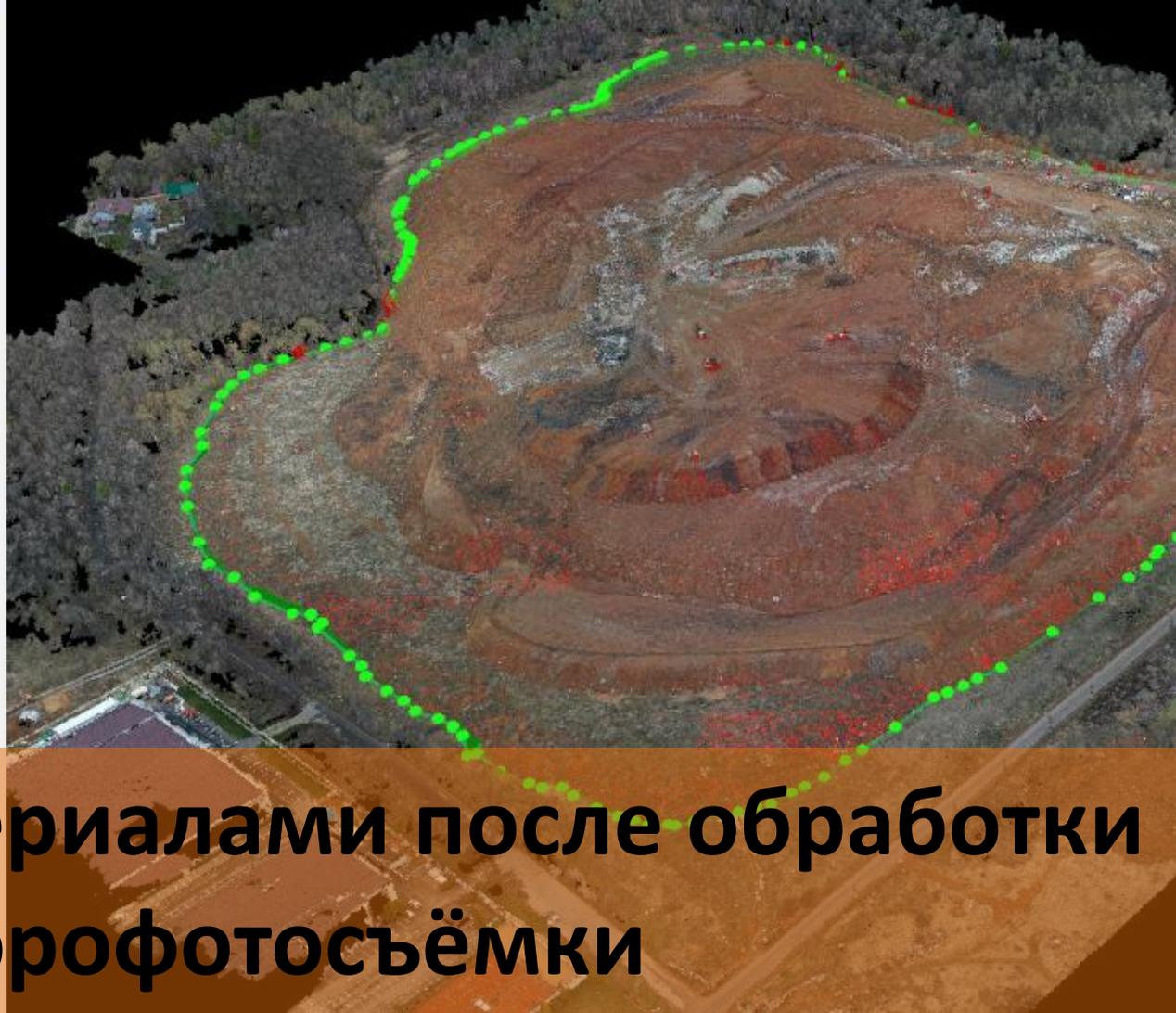
Площадь 3D поверхности: 312694.06 m<sup>2</sup>

Объем выемки: 4097719.18 ± 23757.49 m<sup>3</sup>

Объем насыпи: -1049.77 ± 219.26 m<sup>3</sup>

Общий объем: 4096669.41 ± 23976.75 m<sup>3</sup>

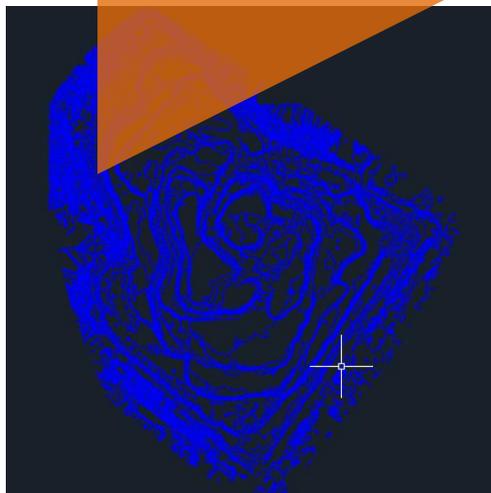
Справка



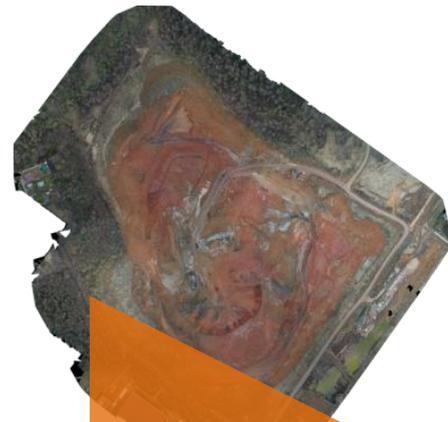
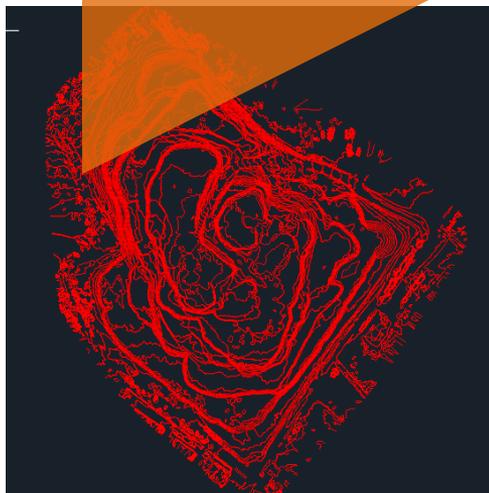
Работа с материалами после обработки  
аэрофотосъёмки



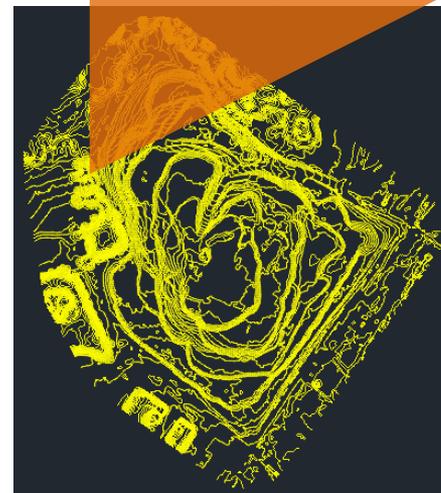
1-ый цикл



2-ой цикл



3-ий цикл



## В результате:

- 1 Получены ортофотоплан, 3D- модель и карта высот (с горизонталями) для каждого цикла измерений
- 2 Удалось проследить различные склоновые и эрозионные процессы, изменение геометрических характеристик насыпи по ходу строительных работ
- 3 Выявлены некоторые ошибки в производстве работ по отсыпке
- 4 В ходе мониторинга накопилась обширная база материалов, которая позволила разработать эскизный проект с решением проблем, возникших во время возведения насыпи



**Инженерно-геологические изыскания в составе научно-технического сопровождения при строительстве горнолыжных трасс и верхних трасс канатной дороги, Кабардино-Балкарская Республика, гора Эльбрус, 2020 год**



**Облако точек и модель территории изысканий**

**Построенная модель**



**Построенная модель**



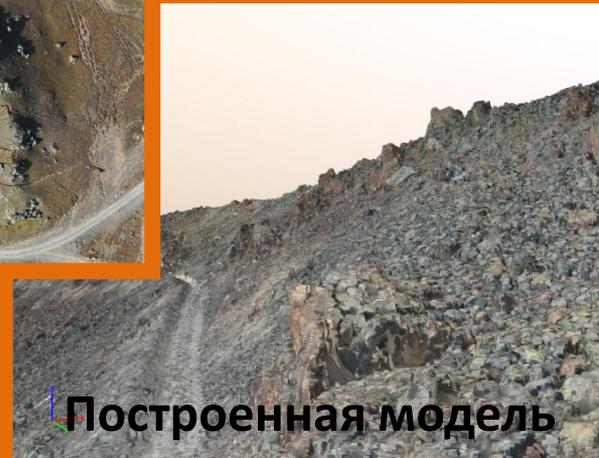
**Фотография с БПЛА**

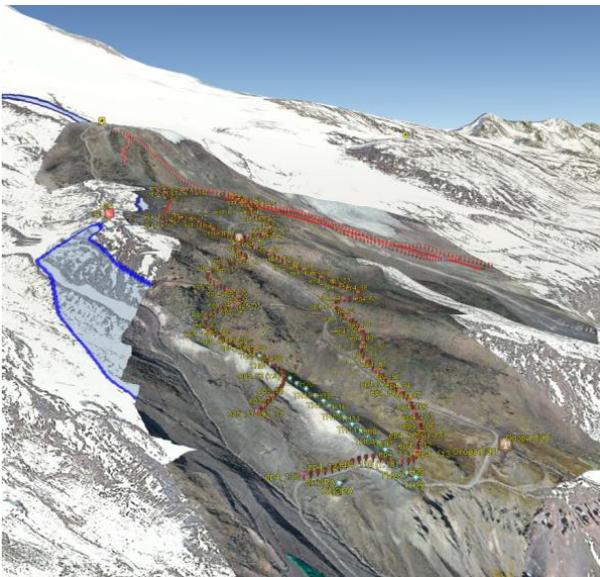


**Построенная модель**

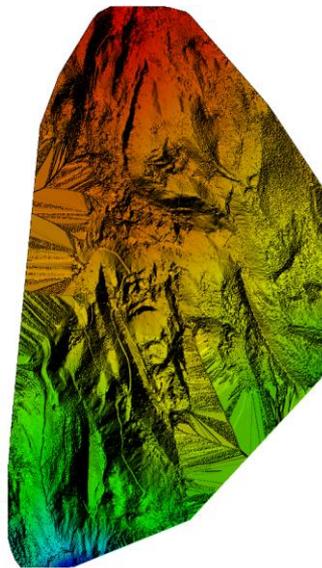


**Построенная модель**

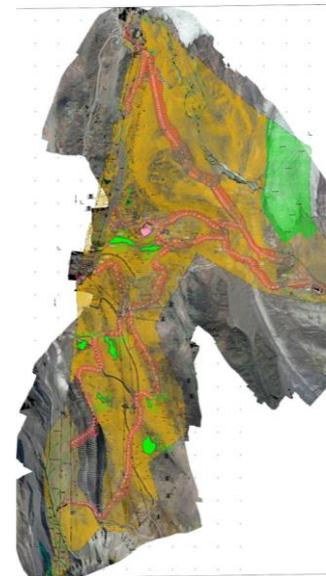




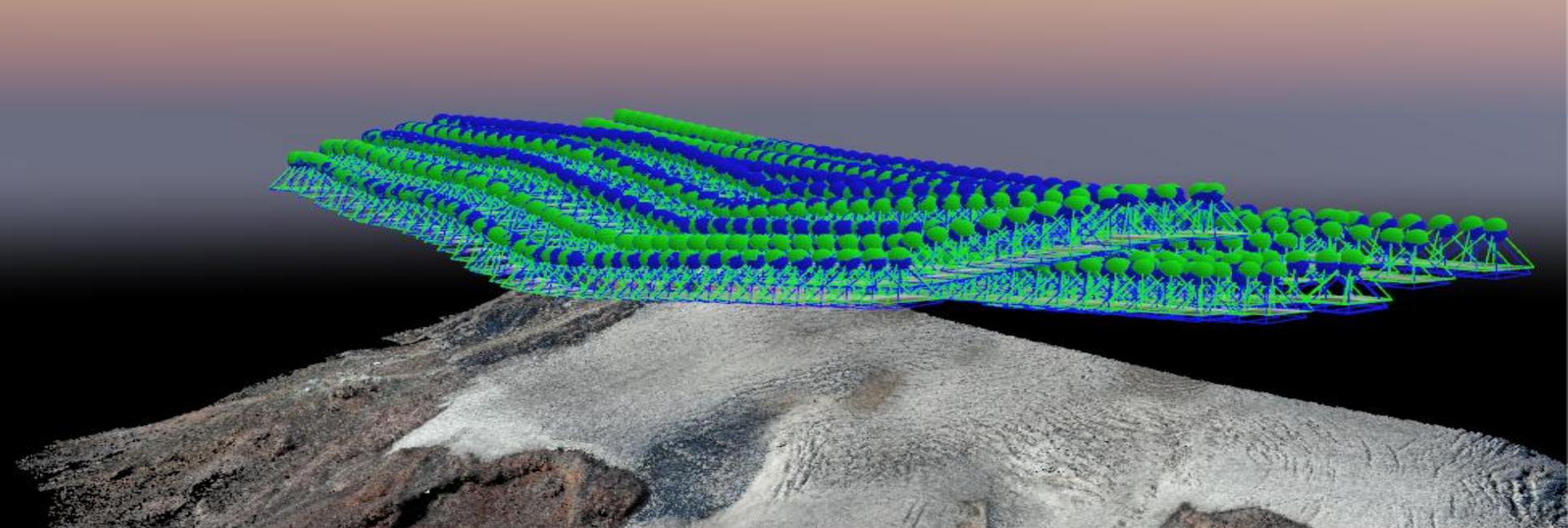
**Ортофотоплан и GPS-метки  
В Google Earth**



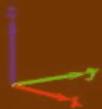
**Карта высот**



**Ортофотоплан и  
выполненная ранее  
геодезическая съёмка**



**Аэрофотосъемка ледника Гарабаши  
с применением беспилотного  
летательного аппарата (БПЛА)**



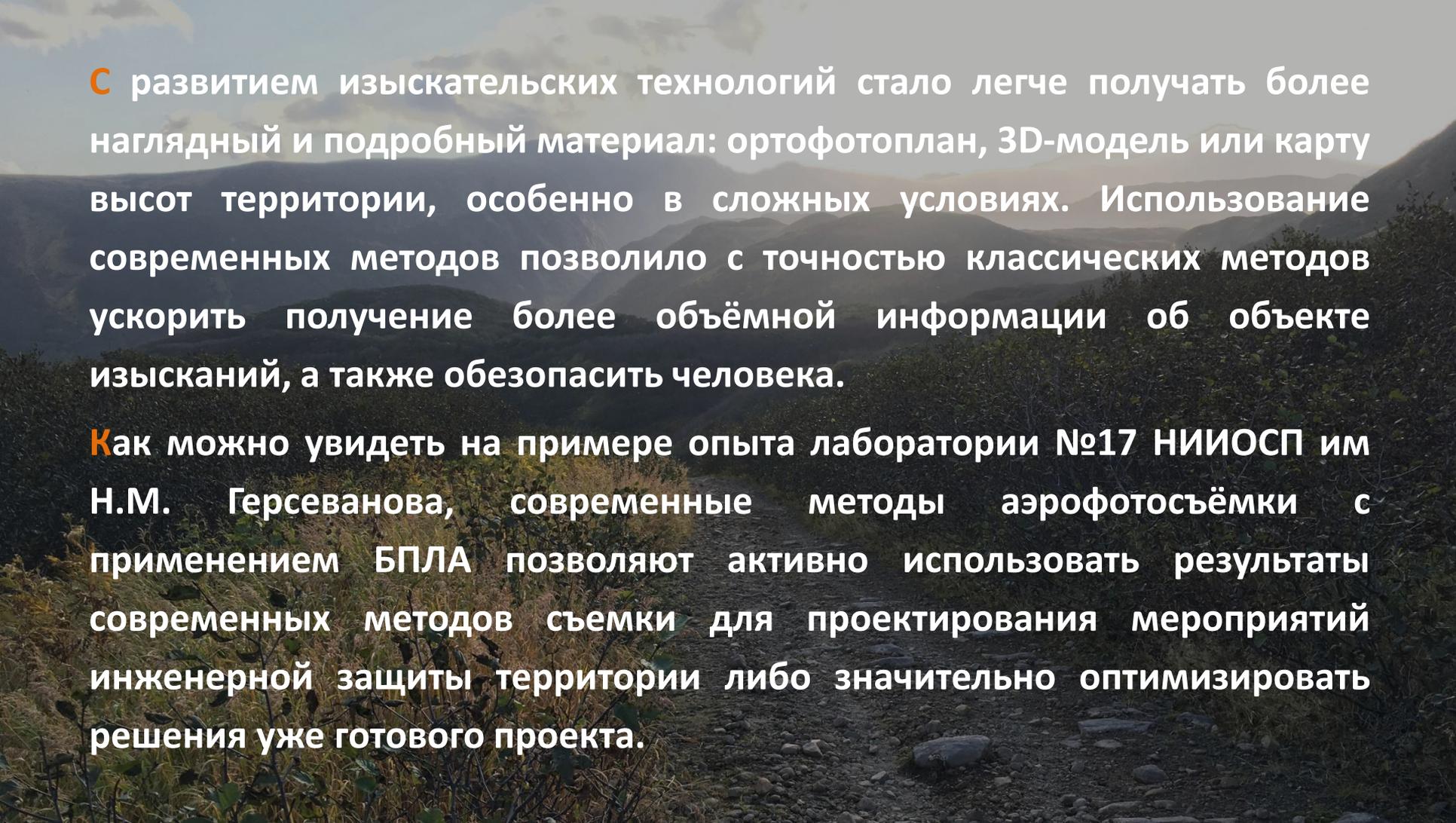
# Облако точек в Pix4D mapper

## В результате:

**1** Получены ортофотоплан, 3D- модель и карта высот (с горизонталями) местности

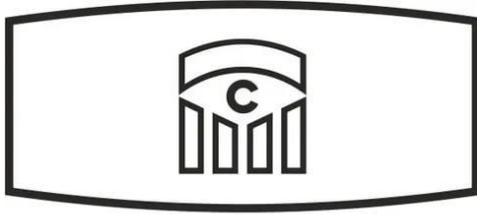
**2** Созданы топографические планы масштаба 1:2000 опасных геологических процессов и инженерно-геокриологического районирования, а также облегчен анализ новых и архивных материалов

**3** В процессе проведения работ были заново переопределены выходы скальных грунтов на поверхность, в зонах с крутизной уклона свыше  $40^\circ$ , что позволило значительно сократить объемы мероприятий инженерной защиты



**С** развитием изыскательских технологий стало легче получать более наглядный и подробный материал: ортофотоплан, 3D-модель или карту высот территории, особенно в сложных условиях. Использование современных методов позволило с точностью классических методов ускорить получение более объёмной информации об объекте изысканий, а также обезопасить человека.

**Как** можно увидеть на примере опыта лаборатории №17 НИИОСП им Н.М. Герсевича, современные методы аэрофотосъёмки с применением БПЛА позволяют активно использовать результаты современных методов съёмки для проектирования мероприятий инженерной защиты территории либо значительно оптимизировать решения уже готового проекта.



**НИЦ** строительство  
научно-исследовательский центр



**НИИОСП**  
ИМ. Н.М. ГЕРСЕВАНОВА

Андрей Игоревич ХАРИЧКИН, научный сотрудник  
лаборатории механики грунтов НИИОСП им. Н. М.  
Герсеванова АО «НИЦ «Строительство», Москва  
e-mail: [Andrei.Kharichkin@googlemail.com](mailto:Andrei.Kharichkin@googlemail.com)

тел.: +7 (926) 853-29-07

Кирилл Сергеевич РОГОВ, инженер НИИОСП им. Н. М.  
Герсеванова АО «НИЦ «Строительство», Москва  
e-mail: [buttersrogov@gmail.com](mailto:buttersrogov@gmail.com)

тел.: +7 (925) 035-40-75

