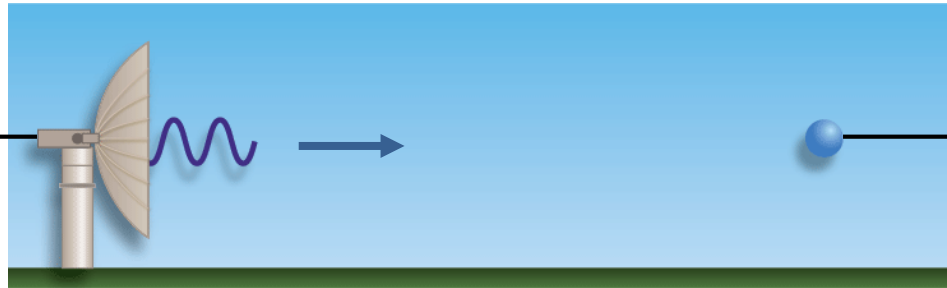


# Технологии интерферометрических радарных измерений для мониторинга деформаций инженерных сооружений и опасных геологических процессов

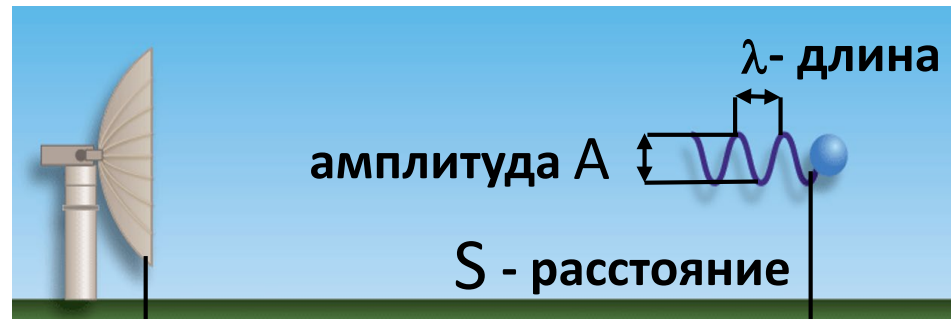


# Принципы работы радаров

Приемо-  
передаточное  
устройство



Объект  
сканирования



$t$  – время  
прохождения  
сигнала за  $2S$

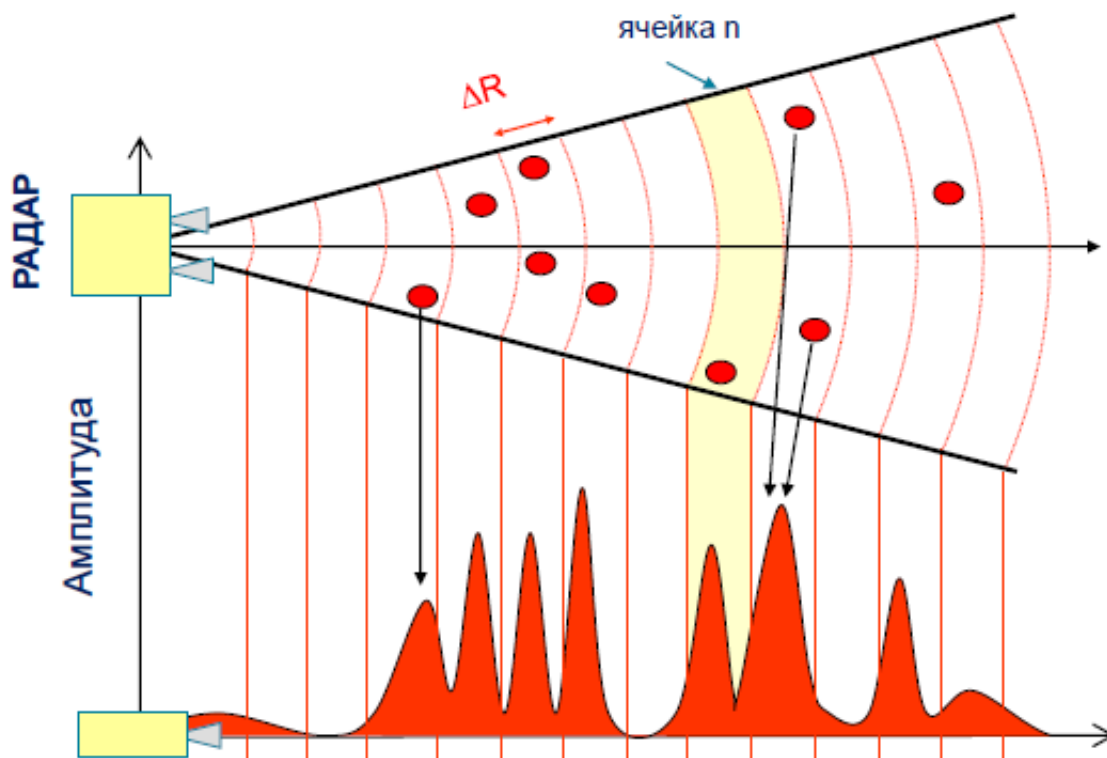


Смещение  $d$   
 $d = \frac{\lambda \Delta\phi}{4\pi}$   
 $\Delta\phi$  - разность  
фаз



# Принципы работы радаров

(статический режим - измерение расстояний)



$\Delta R \approx 0,5 \text{ м}$   
не зависит от дистанции  
до объекта

Ширина полосы  
пропускания:  $B = 300 \text{ МГц}$

Смещения определяются вдоль направления распространения волн (1 D)  
Вертикальные смещения определяются путем вычислений (2D)

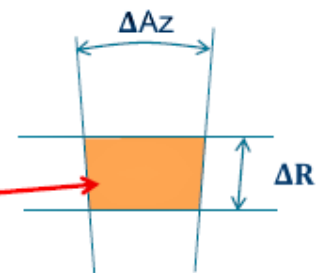


# Технологии радарных съемок

динамический режим - измерение расстояний и углов

Радар с для работы в режиме РВ

Технология ARCSAR - обеспечивает разрешение по Азимуту



$\Delta R = 0,2\text{ м}$   
 $\Delta Az = 4,4\text{ мрад}^1$

<sup>1</sup>Зависит от типа рупорной антенны

@100м



Вращение сенсора радара синтезирует антенну большого диаметра

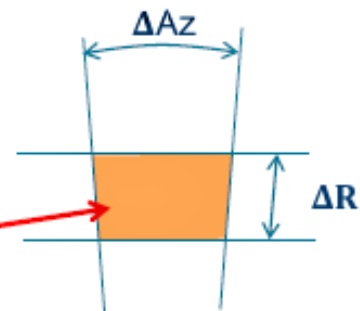
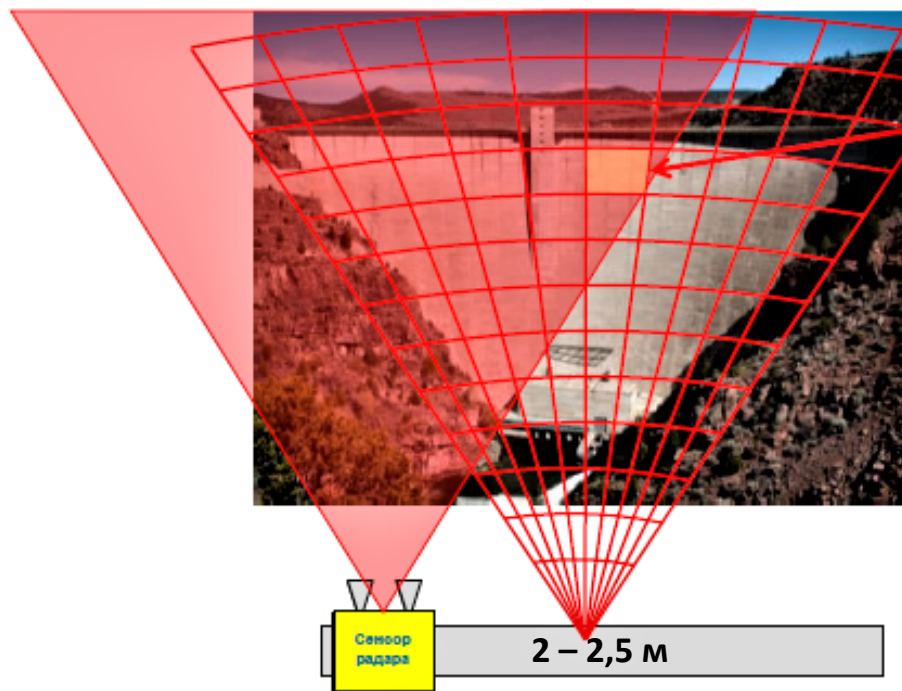


# Технологии радарных съемок

динамический режим - измерение расстояний и углов

## Интерферометрический радар с технологией SAR

Технология SAR - обеспечивает разрешение по Азимуту



$$\Delta R = 0,5 \text{ м}$$

$$\Delta Az = \frac{\lambda}{2L} = 4,3 \text{ мрад}$$

@1км



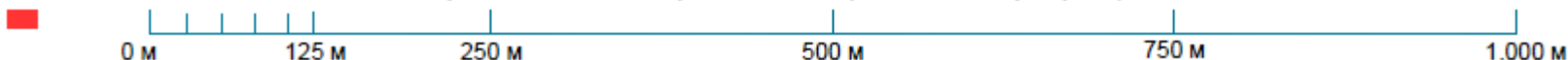
Сенсор радара движется по рельсе: симулируется антенна большого размера



# Технические характеристики



- Темп измерений: до 200 Гц.
- Точность: до 0,01 мм.
- Дальность: до 1 км.
- Одновременные измерения множества точек
- Быстрая установка и подготовка к измерениям (~20 мин)
- Не требуются отражатели
- Всепогодность (день / ночь / туман / дождь)
- Отсутствует необходимость в доступе на объект + безопасность техперсонала
- Одновременные измерения смещений и вибраций (статические и динамические измерения)





# Технические характеристики

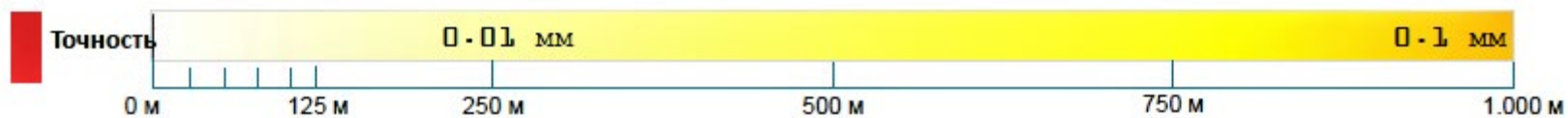
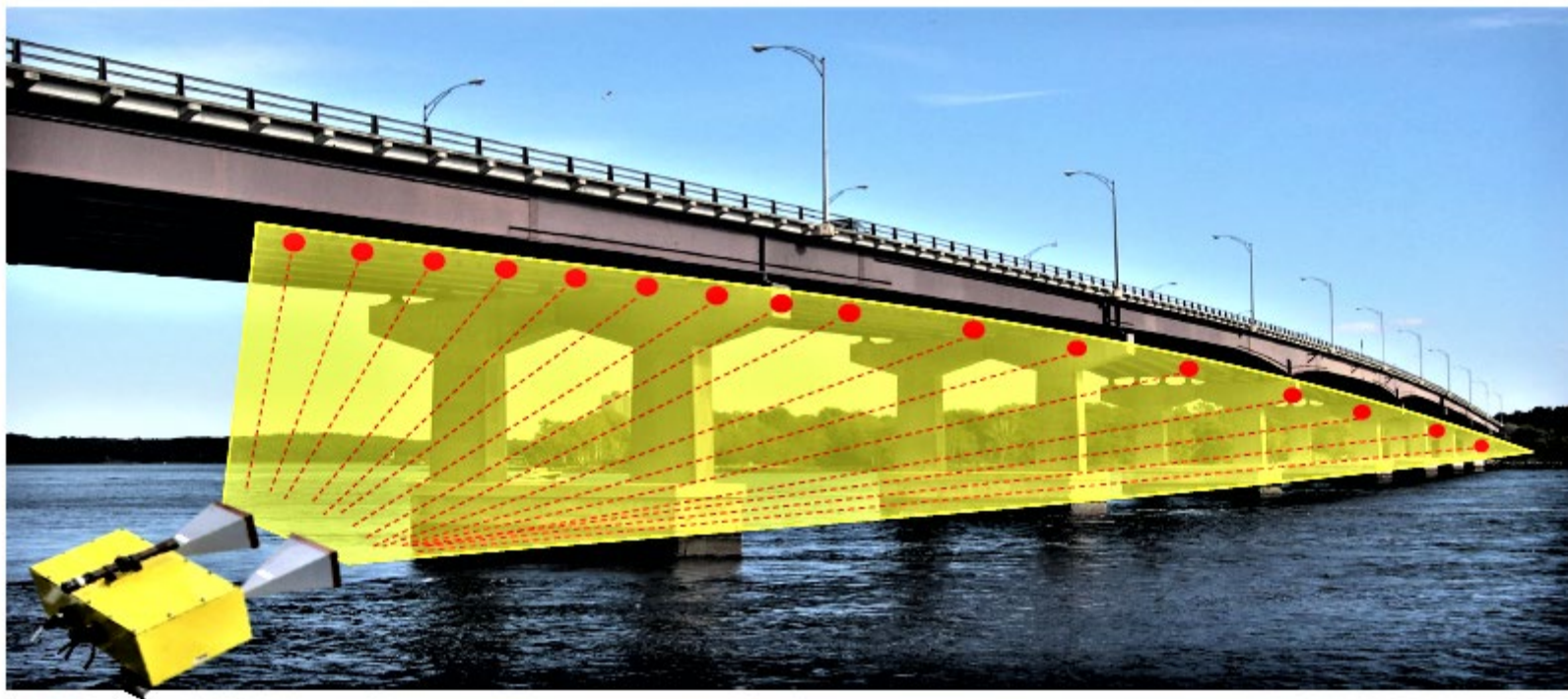
- Угол обзора по горизонтали: **360°**
- Угол обзора по вертикали: **30°**
- Точность: **<0.1 мм**
- Разрешение: 0.2x0.22 м @ 50 м  
0.2x0.44 м @ 100 м  
0.2x0.88 м @ 200 м
- Дальность: до **800 м**
- Время измерений: **30с** (120°)
- Легкий в транспортировке и установке

@50м  
0,20 м  
0,22 м

@100м  
0,20 м  
0,44 м



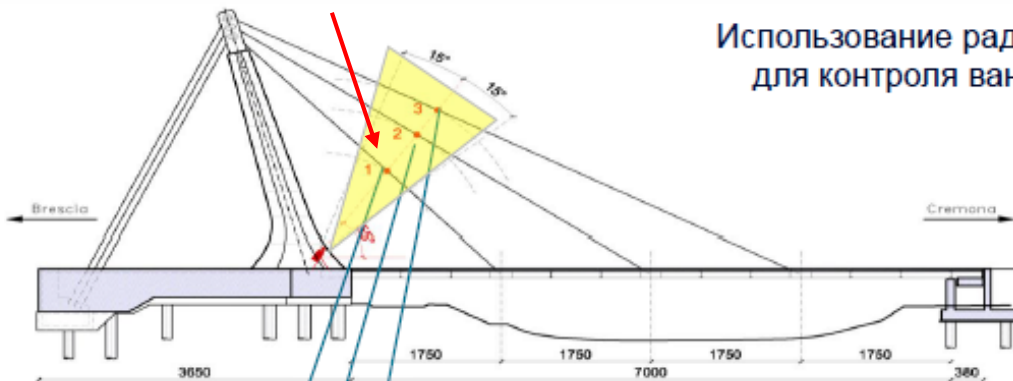
# Мониторинг устойчивости моста (прогиба)



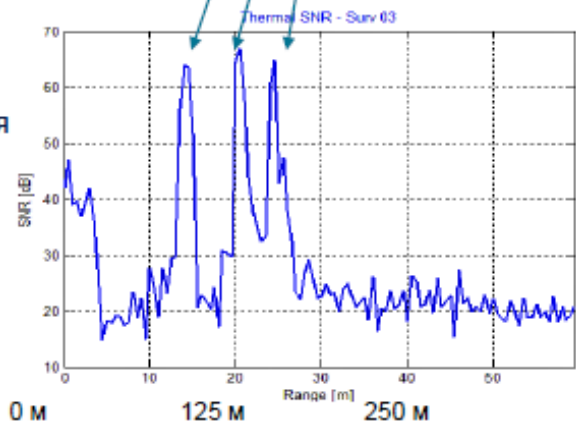


# Контроль провисания вант

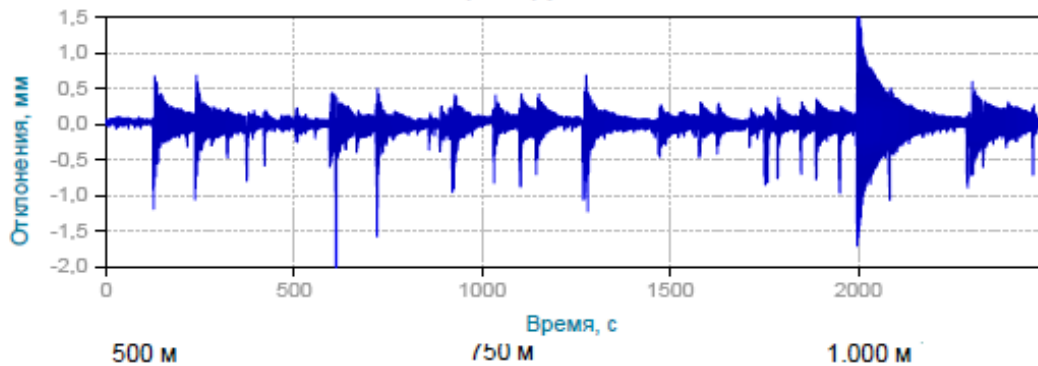
Использование радара для контроля вант



Профиль расстояния



Контролируемая точка №1



# Мониторинг устойчивости моста (прогиба)



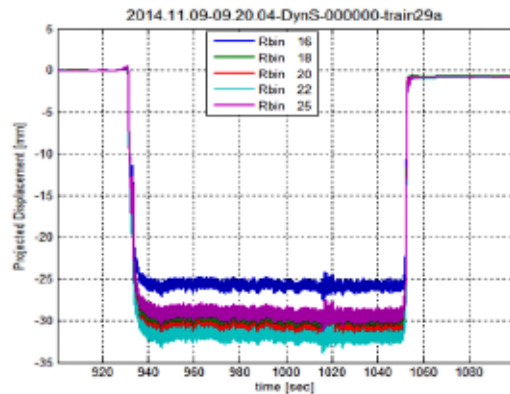
## Задача

увеличить пропускную способность за счёт:

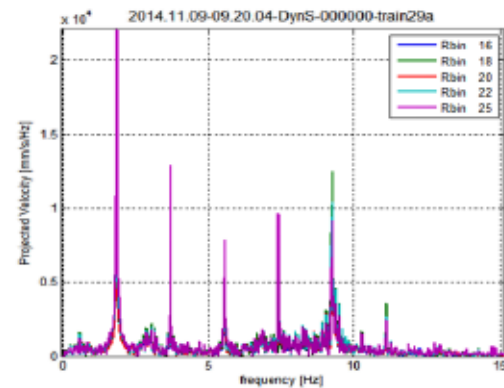
- увеличения веса вагонов с материалом
- увеличения скорости состава



## Результаты



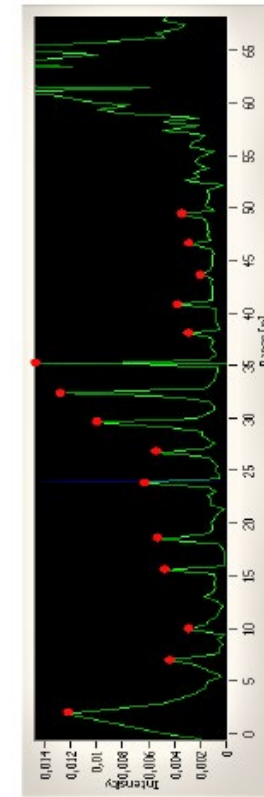
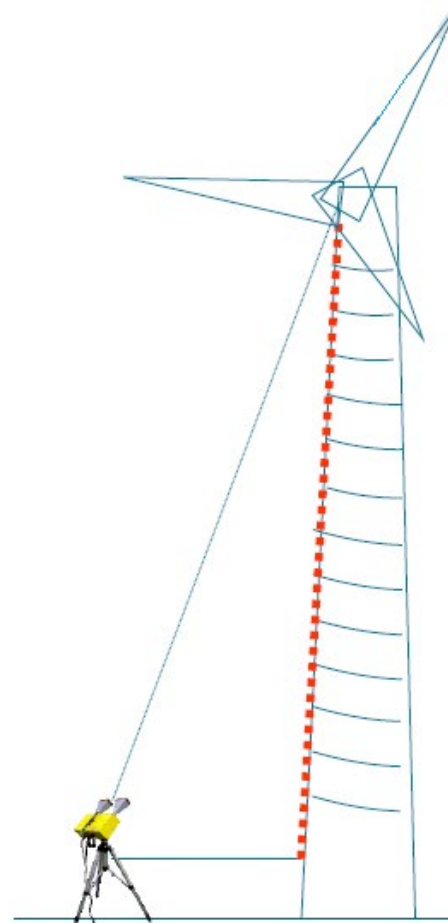
Отклонения контролируемых точек



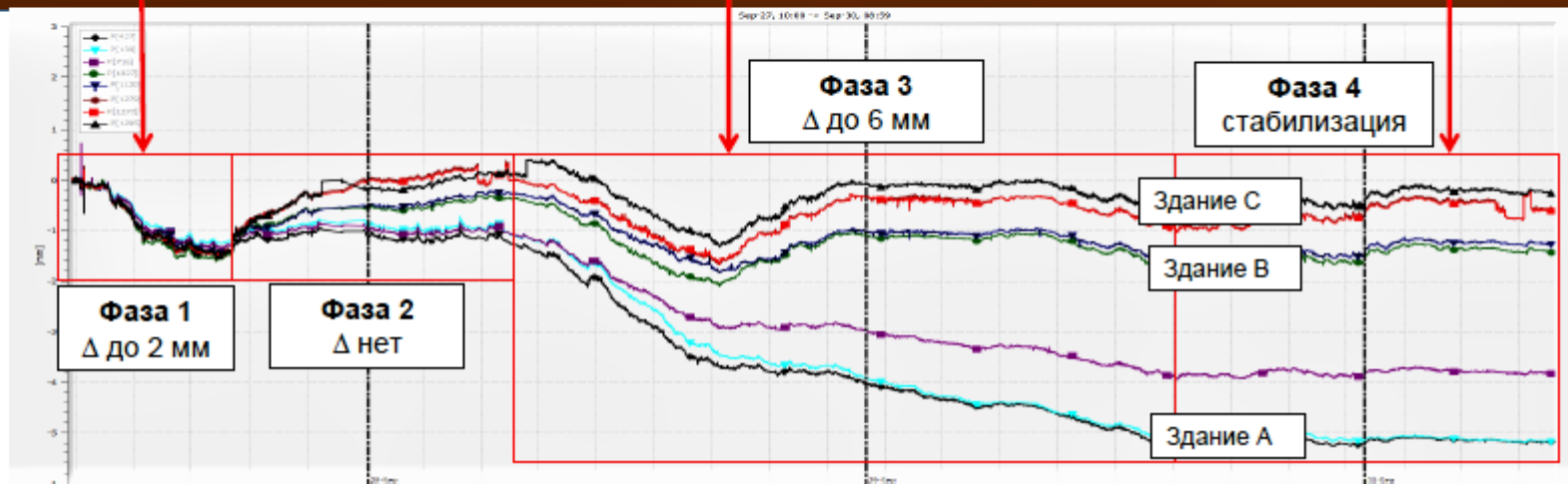
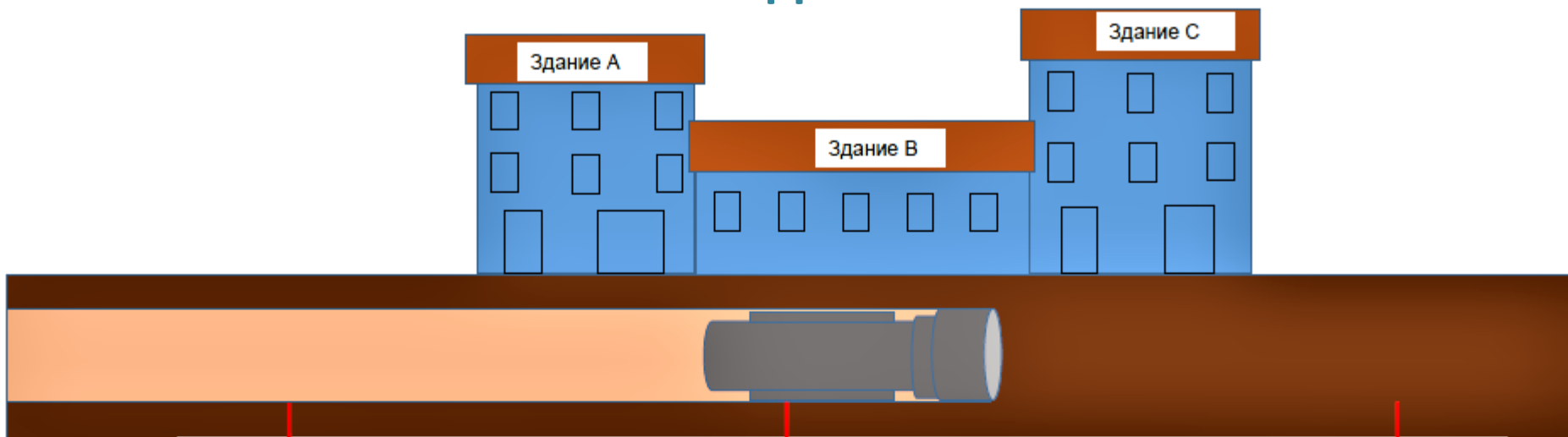
Частотный анализ



# Мониторинг устойчивости ветряной электростанции

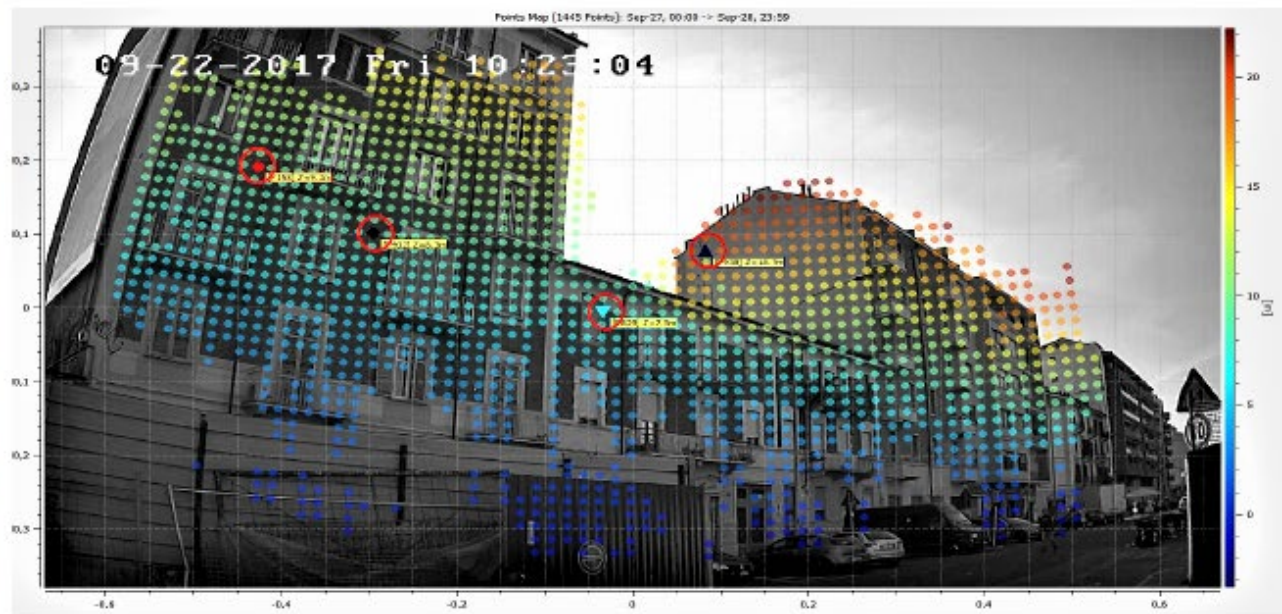


# Строительство метро – мониторинг деформаций зданий





# Строительство метро – мониторинг деформаций зданий





# Радары для мониторинга в горной промышленности, опасных геологических процессов – обвалов, камнепадов, оползней



# Интерферометрические радары в горной промышленности

- Мониторинг стабильности бортов карьеров, отвалов и дамб хвостохранилищ с целью повышения промышленной безопасности и увеличения производительности
- Выявление потенциально опасных зон с деформационными процессами
- Прогнозирование и своевременное предупреждение о критических деформациях



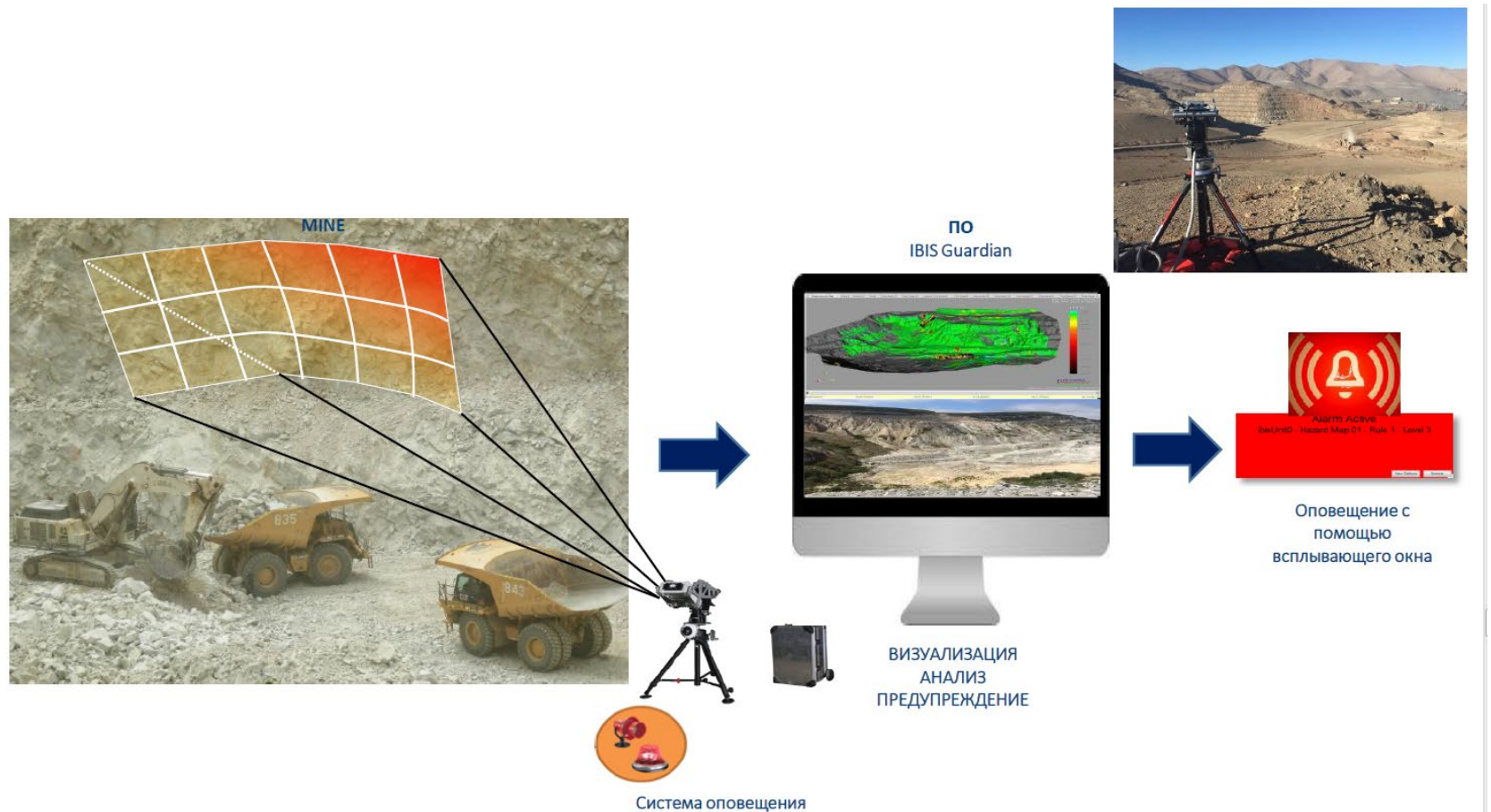
# Интерферометрические радары в горной промышленности

## Преимущества

- **Точность**  $\Rightarrow$  Субмиллиметровая точность в режиме реального времени
- **Скорость**  $\Rightarrow$  Время сканирования от 40 сек до 4 мин.
- **Простота в эксплуатации**  $\Rightarrow$  Нет необходимости в установке дополнительных датчиков или отражателей непосредственно в зоне мониторинга
- **Надежность**  $\Rightarrow$  Работа в любых погодных условиях



# Мониторинг локальных участков в открытых выработках

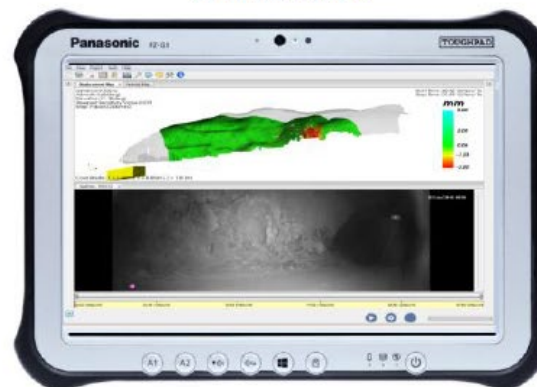




# Мониторинг устойчивости в закрытых выработках

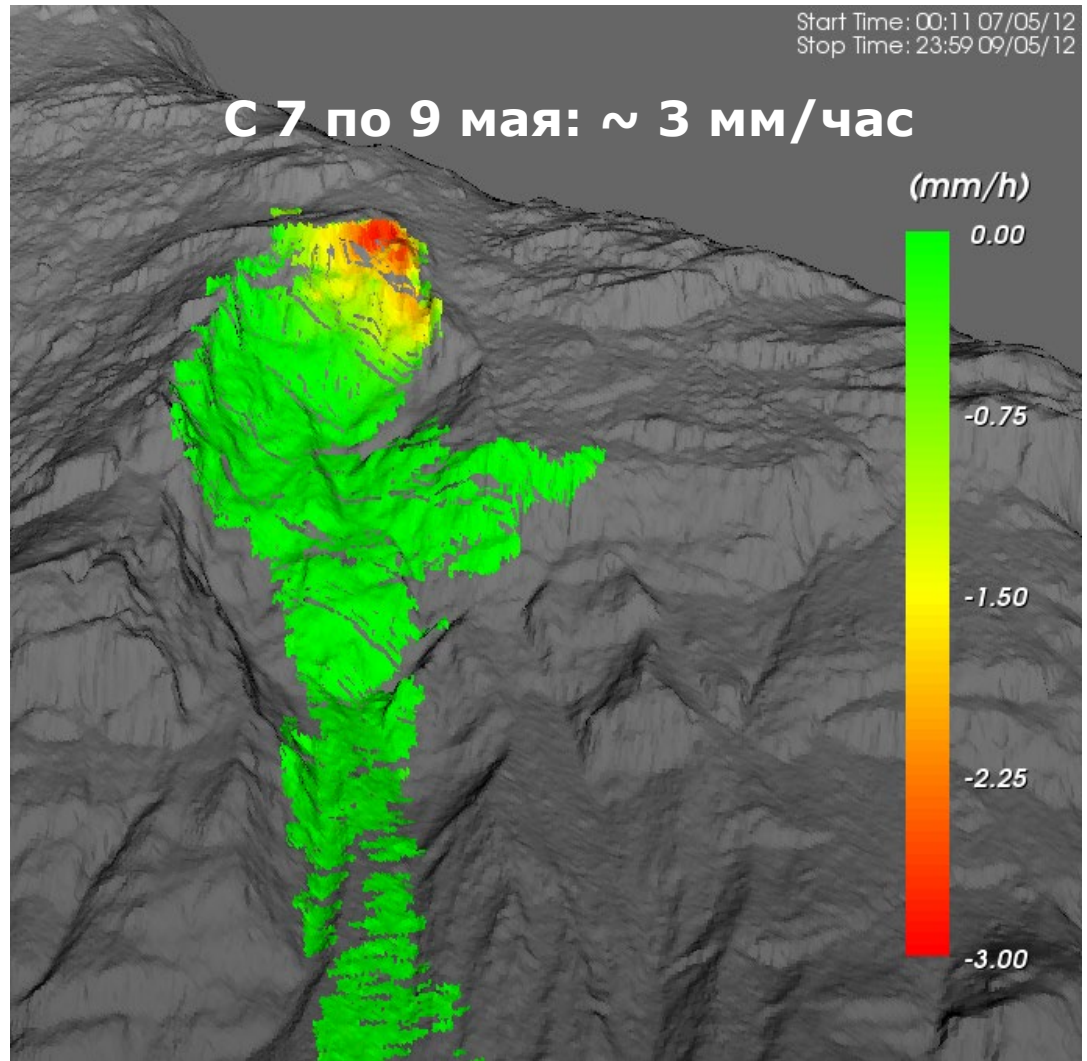
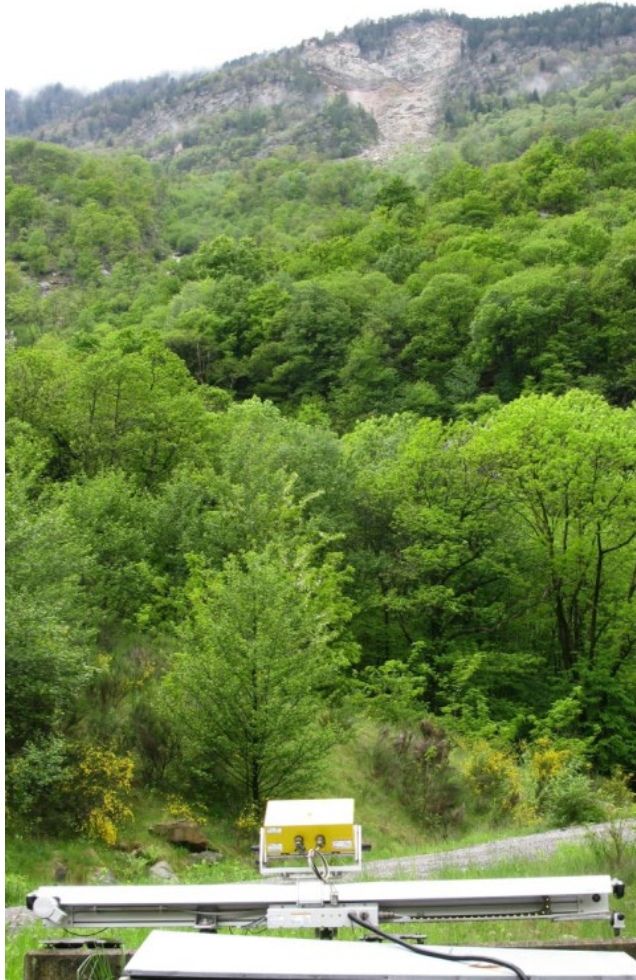


IBIS Guardian



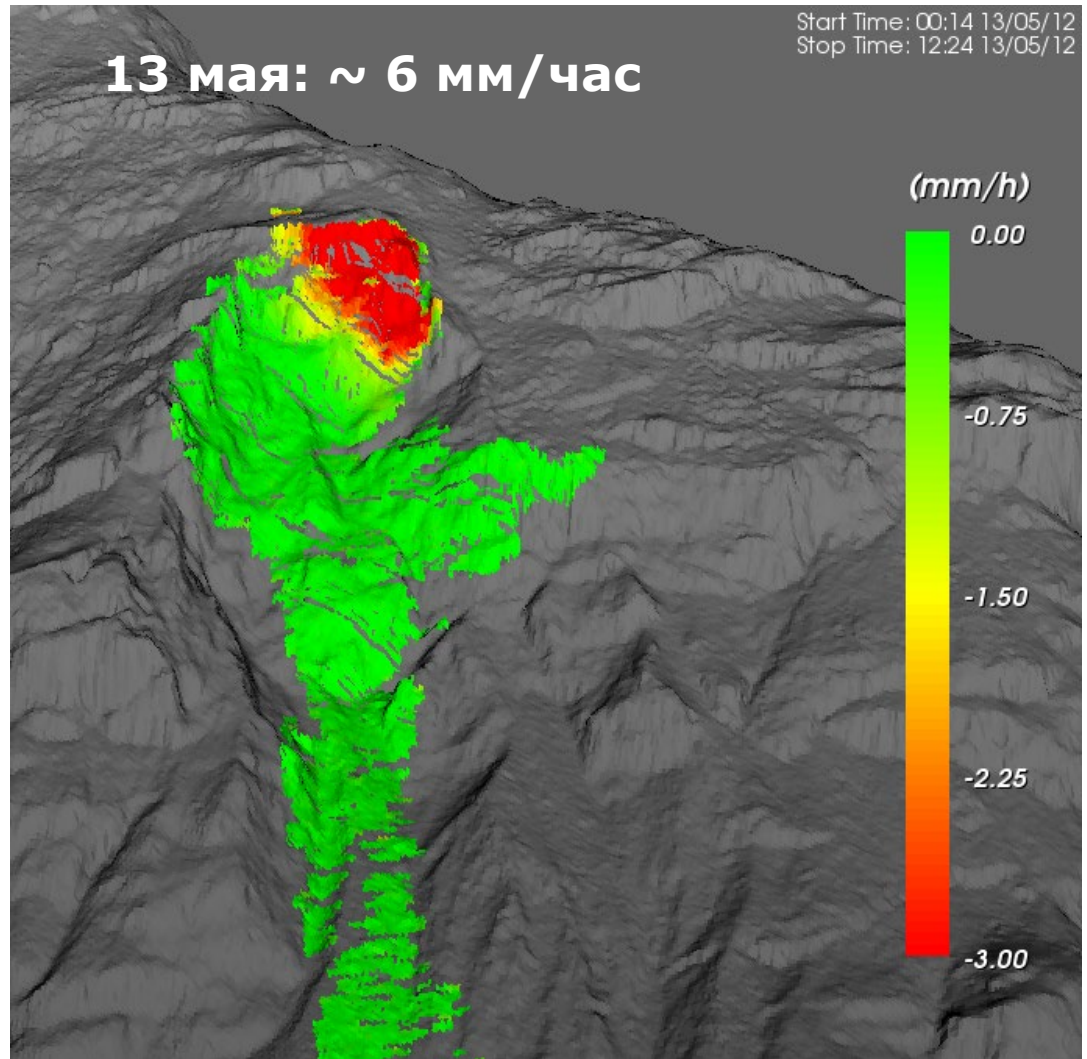
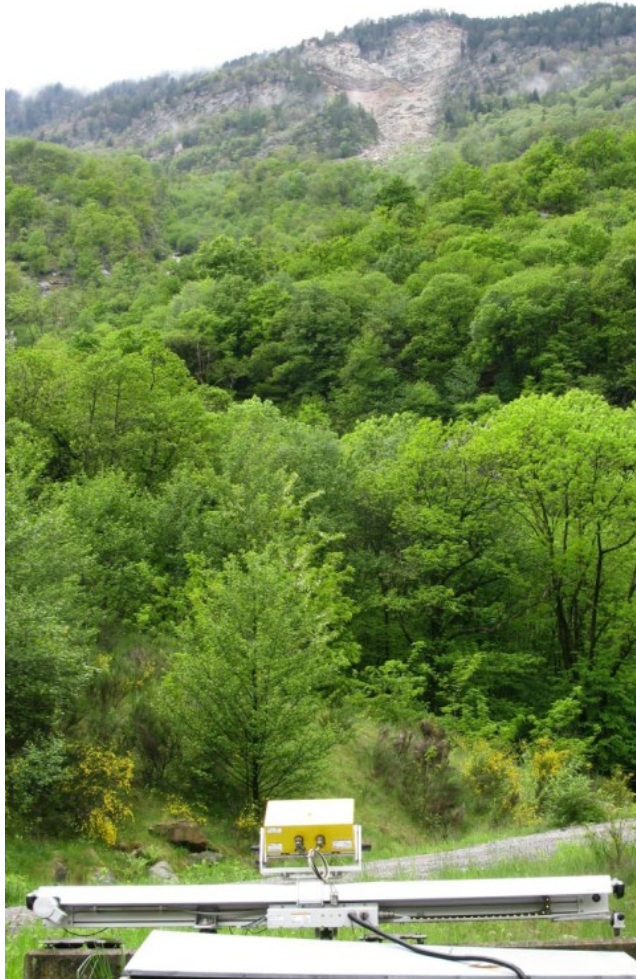


# Неустойчивость пород - оползень



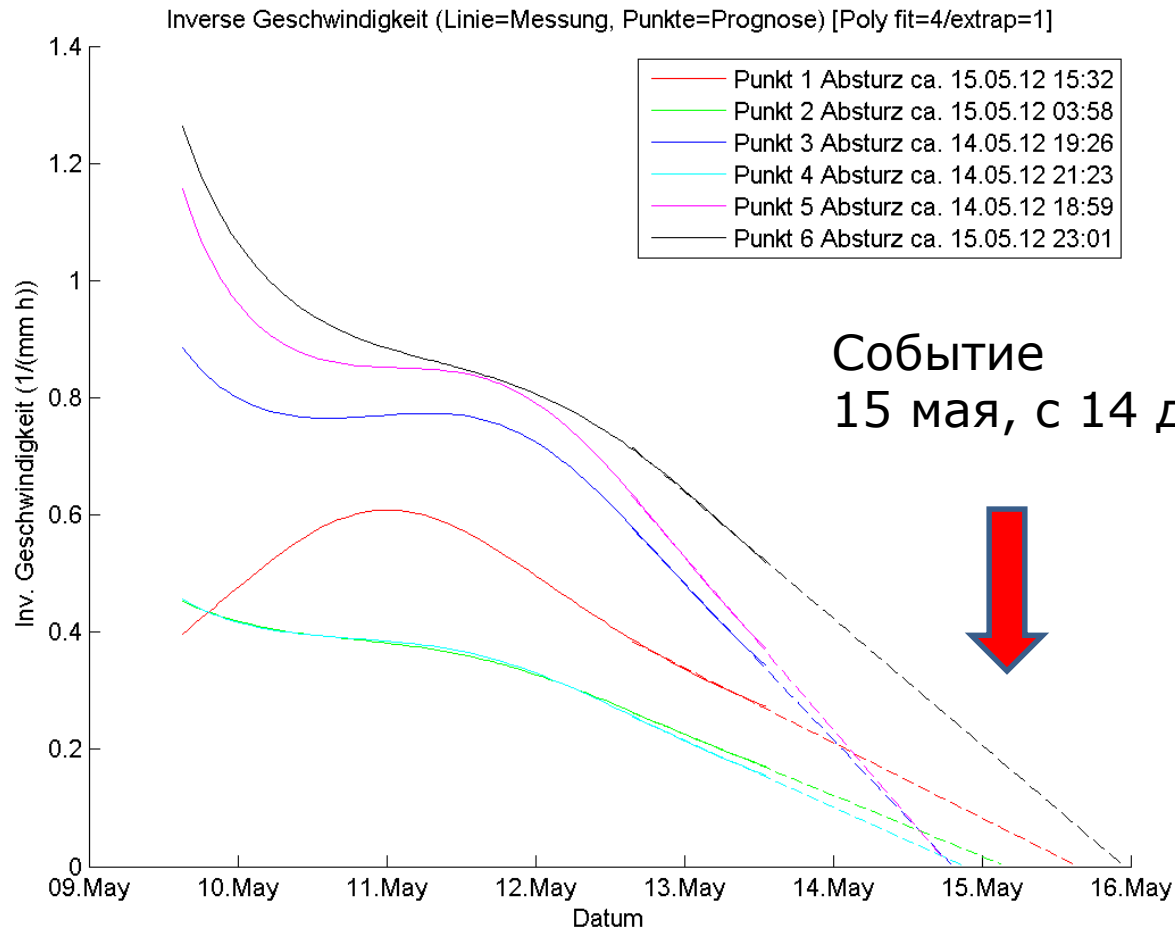


# Неустойчивость пород - оползень



# Неустойчивость пород - оползень

Прогноз на 13 мая 2012, 15:00 часов





# Неустойчивость пород – горный обвал



Б. Хиллер, к.т.н., Генеральный директор ООО «Фирма Г.Ф.К.»



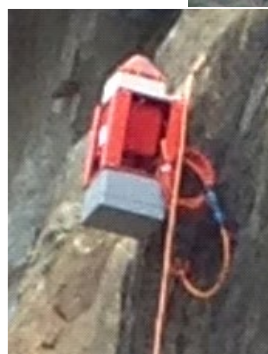
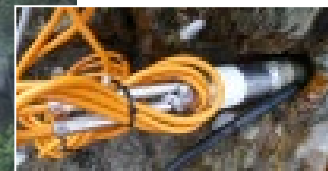
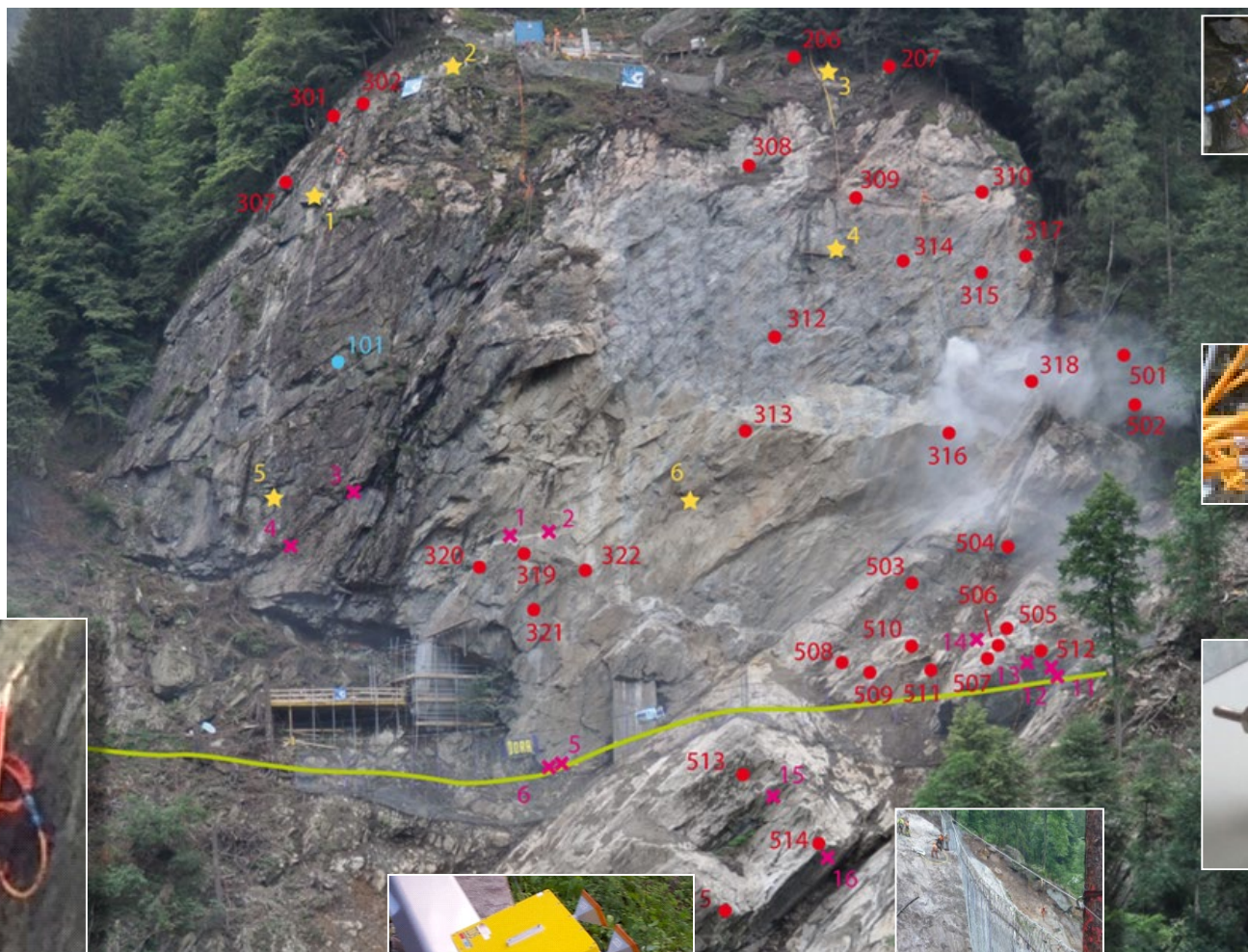
# Неустойчивость пород – горный обвал



Б. Хиллер, к.т.н., Генеральный директор ООО «Фирма Г.Ф.К.»



# Неустойчивость пород – горный обвал



Б. Хиллер, к.т.н., Генеральный директор ООО «Фирма Г.Ф.К.»

# Неустойчивость пород – горный обвал

