

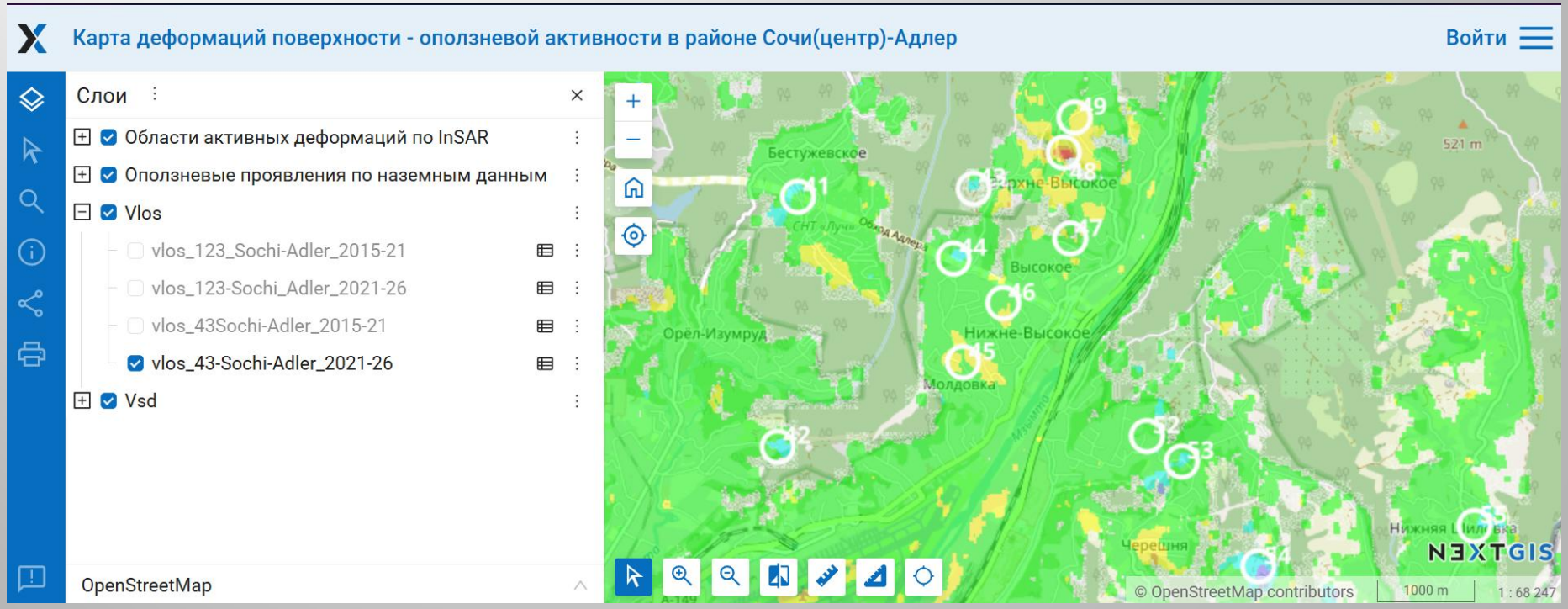


ОБНОВЛЁННАЯ ИНТЕРАКТИВНАЯ КАРТА ДЕФОРМАЦИЙ ПОВЕРХНОСТИ ПРИБРЕЖНОГО УЧАСТКА БОЛЬШОГО СОЧИ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ РСА-ИНТЕРФЕРОМЕТРИИ СНИМКОВ СО СПУТНИКА SENTINEL-1 ЗА 2015-2026 ГГ И ЕЕ ПРИМЕНЕНИЕ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ОПОЛЗНЕВОЙ АКТИВНОСТИ СКЛОНОВ

Обновлённая интерактивная карта деформаций поверхности прибрежного участка Большого Сочи

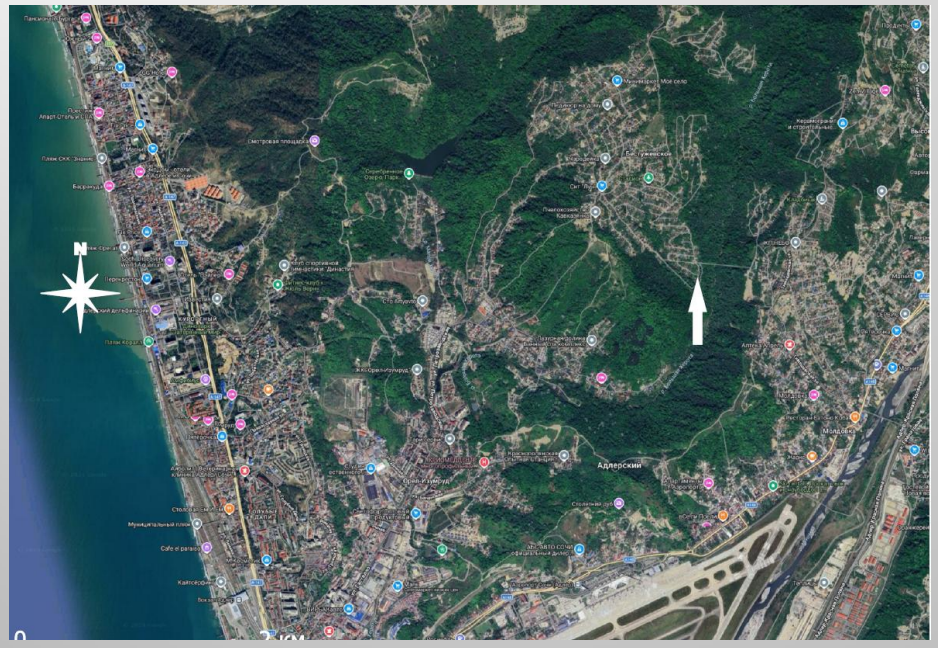
https://adler.nextgis.com/resource/1214/display?panel=info

Актуализированная интерактивная карта деформаций земной поверхности для Центрального и Адлерского районов, создана на основе обработки 634 радарных снимков Sentinel-1A (орбиты 43A и 123D) за 2015–2026 гг. с применением алгоритма SBAS в среде ENVI (модуль SARscape v.5.3). В текущую версию карты включены расчеты, учитывающие данные спутниковой съемки за 2025–2026 годы. Кроме того, была проведена оптимизация структуры слоев, содержащих сведения о смещениях поверхности по спутниковым и наземным данным.
По выполненным расчетам для любого участка карты можно построить графики временных серий смещений за весь период наблюдений с 2015 по 2026 год, которые позволяют детально анализировать динамику оползневых процессов.



Оползневой склон в с. Бестужевское Адлерского района Большого Сочи

На примере этого объекта показаны возможности использования интерактивной карты деформаций при анализе конкретных оползневых явлений. Расположение участка отмечено белой стрелкой После ливневых осадков 17-18 декабря 2024 на территории Большого Сочи наблюдалась сильнейшая активизация оползневых процессов. Только вдоль дорог было зафиксировано порядка 30 оползней, повредивших дорожную инфраструктуру.



В с. Бестужевское Адлерского района произошла катастрофическая подвижка грунтовых масс, приведшая с разрушению четырех жилых домов и дороги.

Фрагменты интерактивной карты

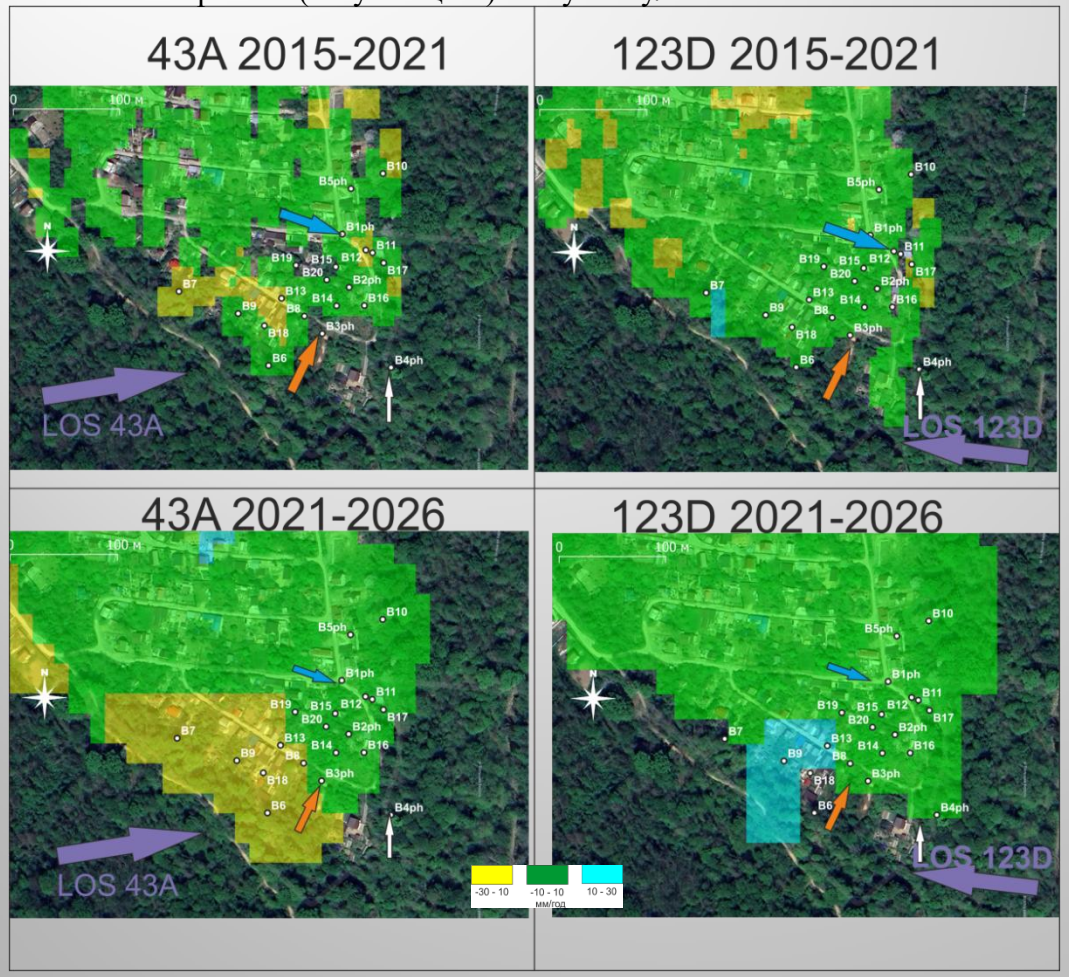
https://adler.nextgis.com/resource/1214/display?panel=info

для участка оползневого склона в с. Бестужевское

Слои средних скоростей смещений Vlos

с восходящей 43A и нисходящей 123D орбит для двух периодов 2015-2021 и 2021-2026

Направление видения спутника с восходящей и нисходящей орбит (LOS –line of sight) показано сиреневыми стрелками. Отрицательные значения скоростей (желтый цвет) соответствуют смещениям в направлении от спутника, а положительные значения скоростей (голубой цвет)-к спутнику.

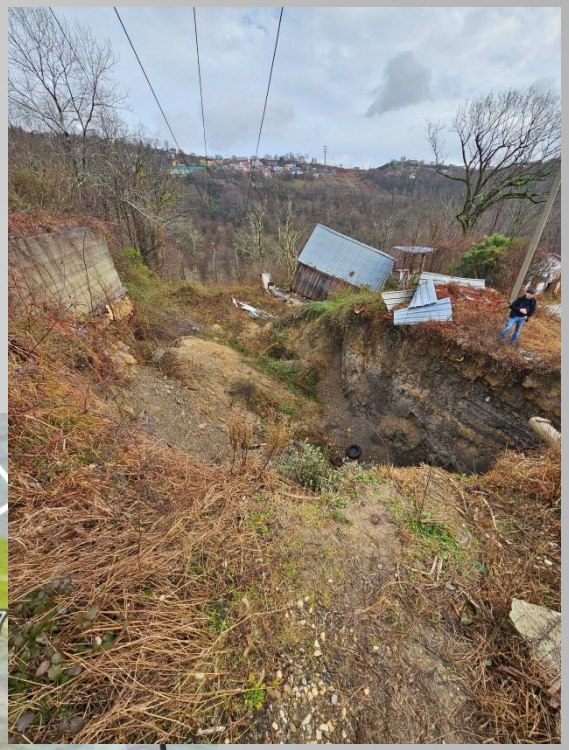


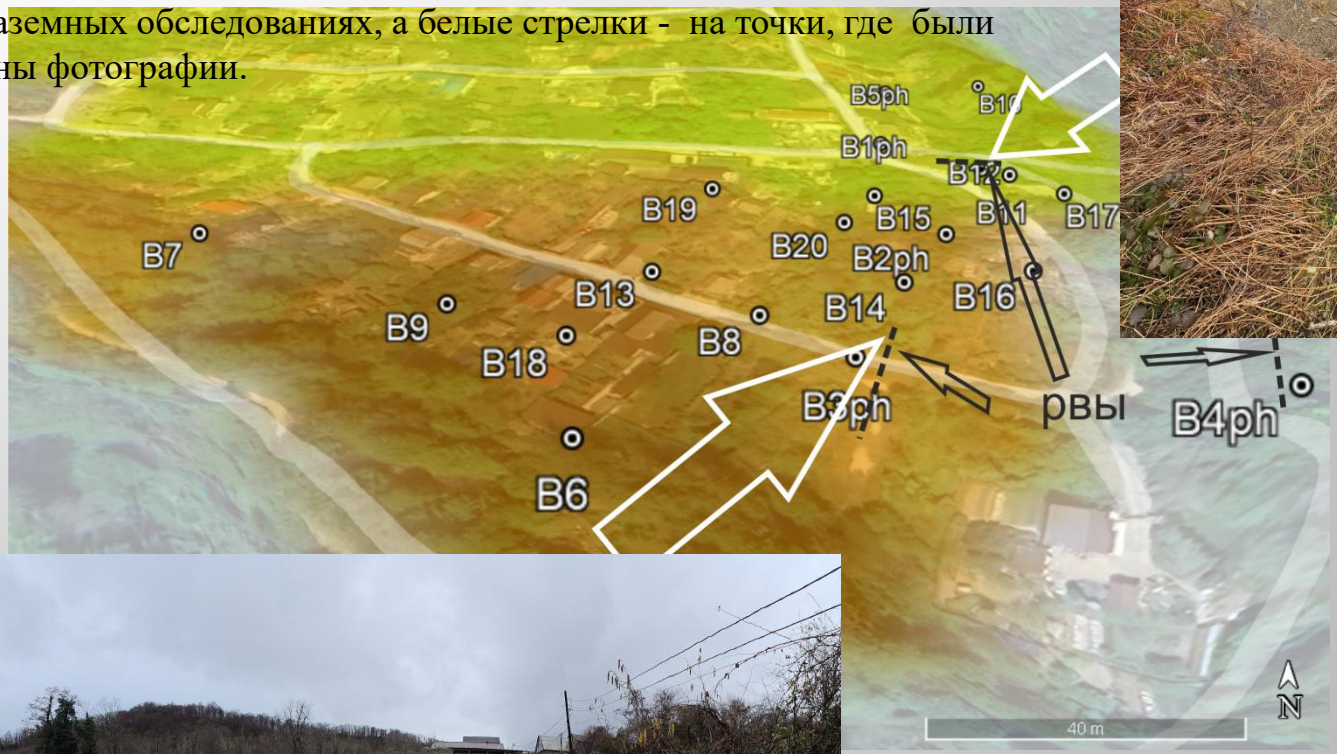
На карте отчетливо выделяется рост оползневой активности в период 2021-2026 по сравнению с периодом 2015-2021 (увеличение площади поверхности со скоростями деформаций в диапазоне от 10 до 30мм/год).

В январе 2026 года было произведено обследование территории, подвергшейся воздействию оползня. Сфотографированные участки склона отмечены метками с буквами “ph”. Было зафиксировано три рва глубиной до 5-6 метров, местонахождение которых показано голубой, оранжевой и белой стрелками. Область с наиболее сильными подвижками грунта, визуально выделенными в результате наземного обследования (между концами стрелок), на картах средних скоростей Vlos почти не выделяется. Смещения на этом участке происходят преимущественно в направлении С-Ю, так что проекции на LOS оказываются очень малыми. Белыми точками с черной окантовкой отмечены участки для которых построены графики временных серий смещений, представленные на слайде 6.

Смещения Ulos на оползневом склоне в с. Бестужевское за период 2021-2026 на подложке Google Earth

В поле общих смещений за последние 5 лет (Ulos) выделяется область активных деформаций (ОАД) с величинами до 200 мм. Метки B1-B20 – участки, для которых построены графики временных серий смещений. Черные стрелки указывают на ранее упомянутые рвы, зафиксированные при наземных обследованиях, а белые стрелки - на точки, где были сделаны фотографии.

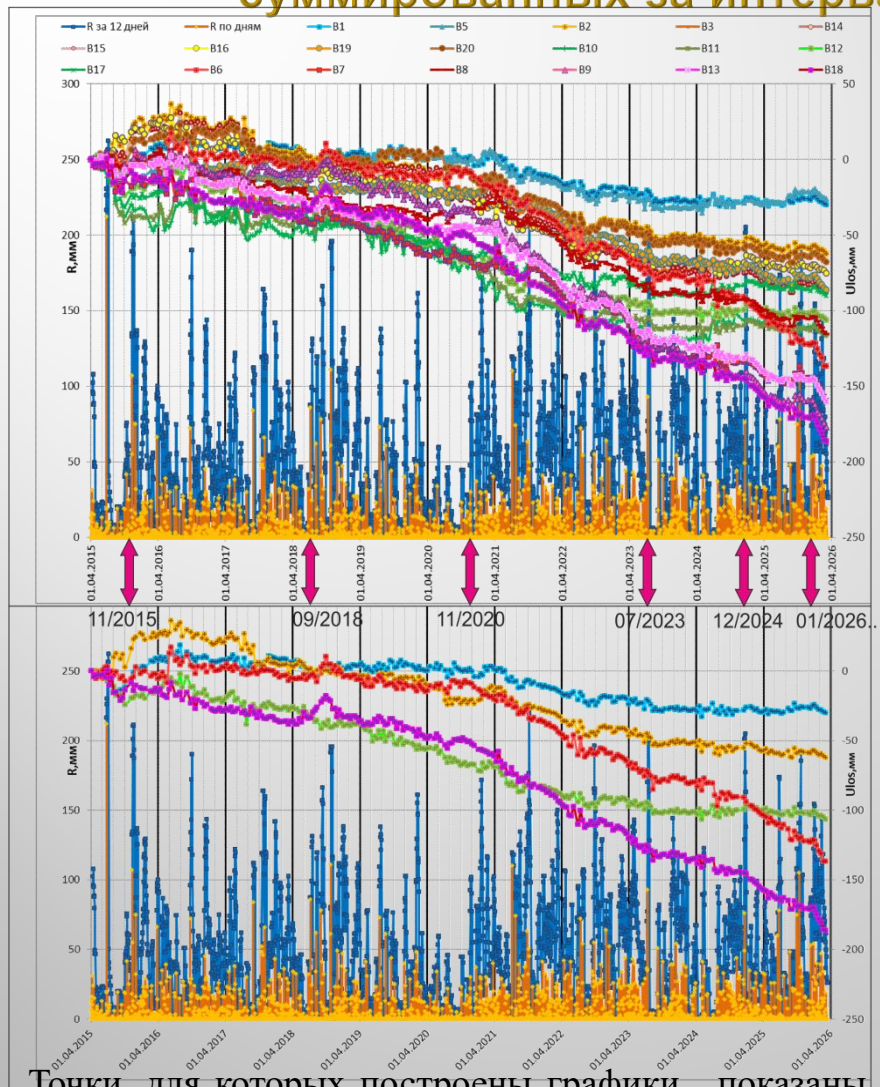






Фотографии сделаны автором 9.01.2026.

Графики временных серий смещений в направлении визирования спутника Ulos 2015-2026 и выпавших осадков R (по дням и суммированных за интервалы между съемками – 12дней)



Точки, для которых построены графики, показаны далее на карте Google Earth, в соответствии с цветом кривых.

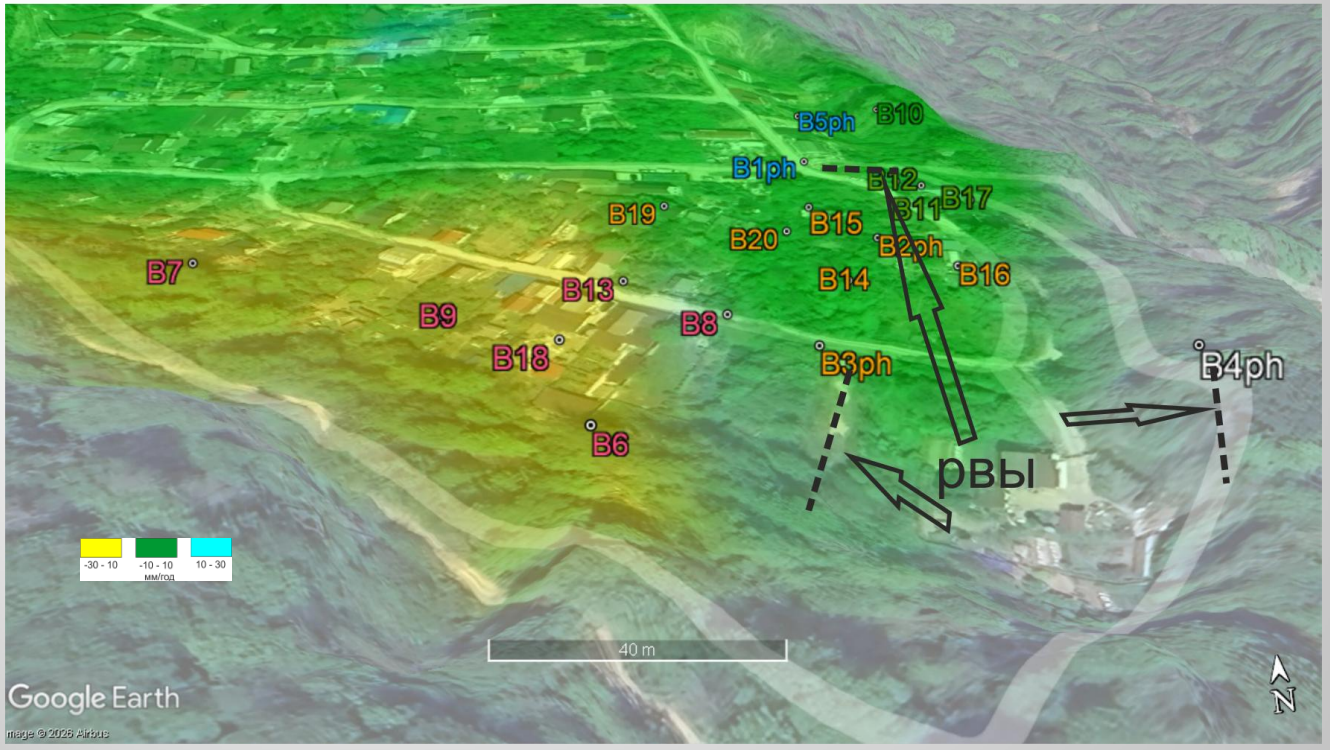
Анализ построенных графиков временных серий позволяет разделить рассматриваемый оползневой склон на четыре зоны со сходным характером смещений:
1/ точки B1ph, B5ph (голубые кривые).
2/точки B2ph,B3ph,B14, B15,B16,B19,B20 (желто-коричневые кривые).
3/B10, B11,B12,B17 (зеленые кривые)
4/B6,B7,B8,B9,B13,B18 (розово-красные кривые)

На нижнем графике для удобства восприятия информации представлены по одной кривой соответствующего цвета из каждой группы.

Малиновыми стрелками с метками по временной оси отмечены моменты времени, когда на выделенных участках происходили изменения характера смещений. Все эти моменты совпадают с максимумами суммарного за 12 дней количества выпавших осадков (синие пики).

Движение различных участков оползневого склона на подложке Vlos 2021-2026

Метки одного цвета обозначают участки со сходным характером смещений. Графики временных серий приведены на предыдущем рисунке.



Зона 1:
B1ph, B5ph (голубые кривые)
Зона 2:
B2ph,B3ph,B14, B15,B16,B19,B20 (желто-коричневые кривые)
Зона 3:
B10, B11,B12,B17 (зеленые кривые)
Зона 4:
B6,B7,B8,B9,B13,B18 (розово-красные кривые)

Анализируя графики временных серий на предыдущем рисунке можно выделить четыре основных периода:

04.2015-11.2020. До осени 2020 года склон находился в основном в стабильном состоянии. Отмечаются небольшие смещения (до 20 мм за год) как в направлении от спутника (ЮВ) в зонах 3 и 4, так и в направлении к спутнику (ЮЗ) в зоне 2 (09.2018).

11.2020-07.2023. С осени 2020 года стал наблюдаться существенный рост смещений в нижней части склона (зона 4 - розово-красные кривые) – около 100мм за три года. В остальных частях склона также наблюдаются смещения, но существенно меньшие – около 30 мм за тот же период.

07.2023-12.2024. С лета 2023 года в смещения наблюдались только в нижней части склона.

12.2024-01-2026. В декабре 2024 года после аномальных осадков, приведших к сходу оползневых масс, в нижней части склона отмечался рост величины смещений. В верхней части в этот момент (голубые, зеленые и коричневые кривые) можно заметить только небольшие кратковременные смещения.

Следует особо отметить существенный рост смещений на всех участках в январе 2026 года, что свидетельствует о продолжающейся активности оползневых процессов на этом склоне и необходимости дальнейшего мониторинга.

Выводы

- Представленная карта деформаций поверхности, построенная по данным РСА-интерферометрии для прибрежного участка Большого Сочи, может оказать существенную помощь при разработке проектов инженерных защитных сооружений и последующем контроле их эффективности в предотвращении негативного воздействия оползневых процессов.
- Отмеченные по спутниковым данным моменты начала активизации склона в с. Бестужевское совпадают с максимумами количества осадков, выпадающих за период между съемками, т.е за 12 дней.
- Анализ локального отклика оползневых массивов на интенсивность атмосферных осадков дает возможность прогнозировать периоды активизации оползней, которые могут сопровождаться масштабными деформациями.