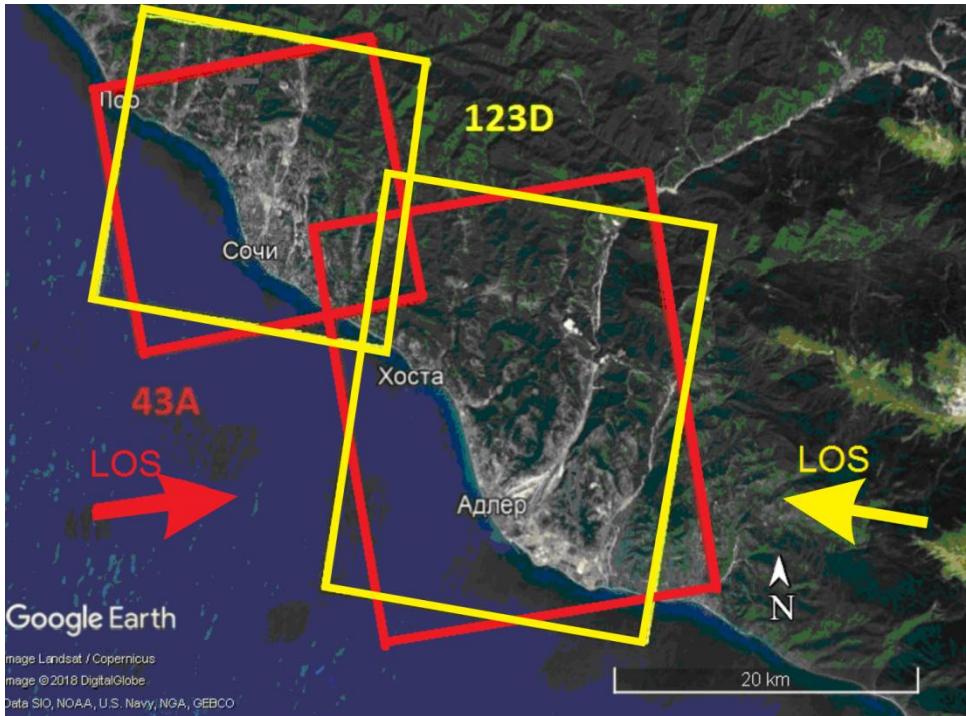


Поля смещений в прибрежном районе
Большого Сочи по снимкам спутника
Sentinel-1 за 2015-2025гг и их
интерпретация для оценки оползневой
активности склонов

Е.И. Смольянинова, В.О. Михайлов

Институт физики Земли им. О.Ю. Шмидта
Российской академии наук (ИФЗ РАН) Москва,
123242, Россия. E-mail: katsmol@mail.ru

Использованные снимки и их обработка

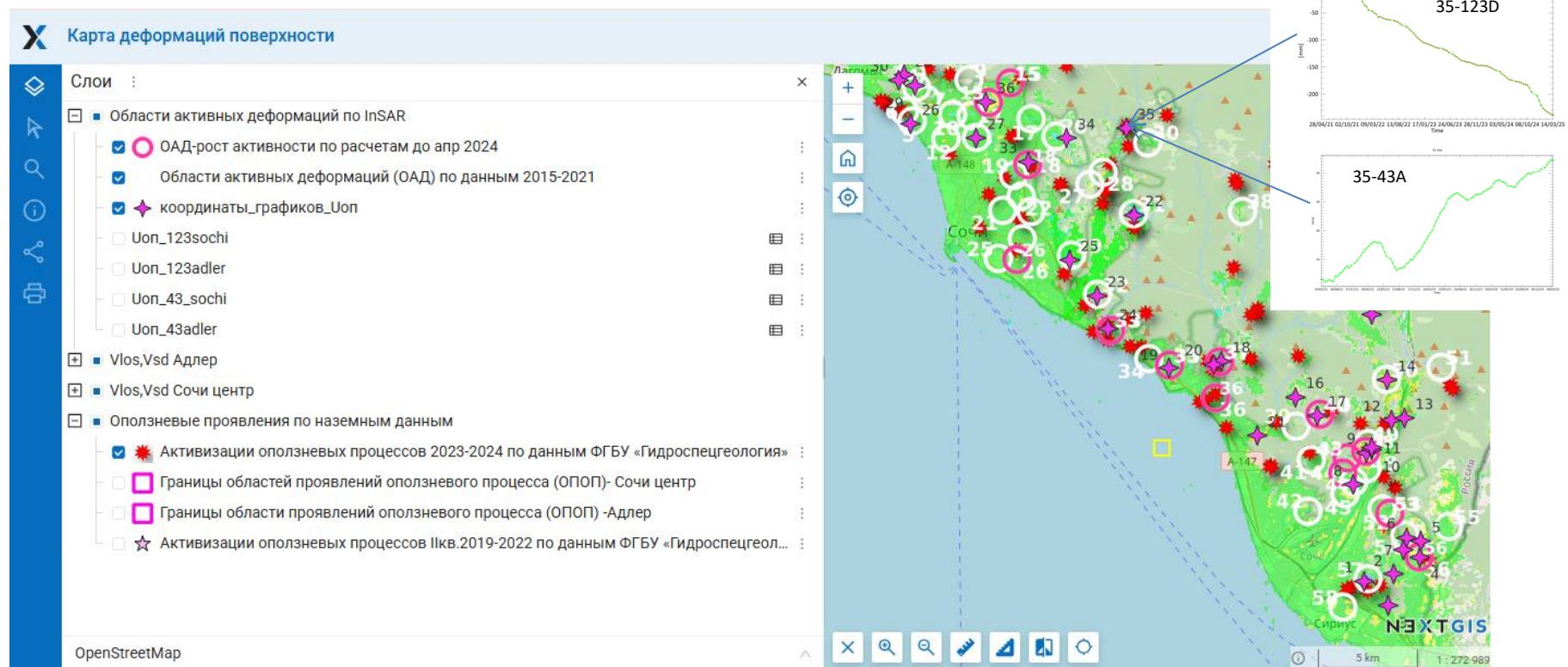


Использованы радарные снимки со спутника Sentinel-1A: 295 снимков с орбиты 43A, и 278 снимков с орбиты 123D, за период апрель 2015-март 2025гг. Для того, чтобы провести расчеты только в густонаселенной прибрежной полосе, а также для экономии машинных ресурсов при подборе параметров вычислений, из снимков были вырезаны по два участка с каждого трека (Центральный и Адлерский районы). Красными и желтыми прямоугольниками показаны расчетные области соответственно с восходящей и нисходящей орбитой. Для каждой области расчеты выполнены для двух периодов времени апрель 2015 - октябрь 2021 и ноябрь 2021 - март 2025, что упрощает периодическое обновление карты, т.к. очередные расчеты проводятся, начиная с 2021 года.

Интерферометрическая обработка снимков и расчеты полей смещений производились по методу SBAS (Small Baseline Subset) (Berardini et al., 2002), реализованном в пакете ENVI SARscape v. 5.3. Описание методики расчетов приведены в работах (Смольянинова и др., 2019, 2021). Карты построены с использованием бесплатной ознакомительной версии отечественного программного обеспечения NextGIS QGIS, которое включает технологию быстрого управления данными на сервере NextGIS Web (с помощью модуля NextGIS Connect <https://nextgis.ru/nextgis-web>).

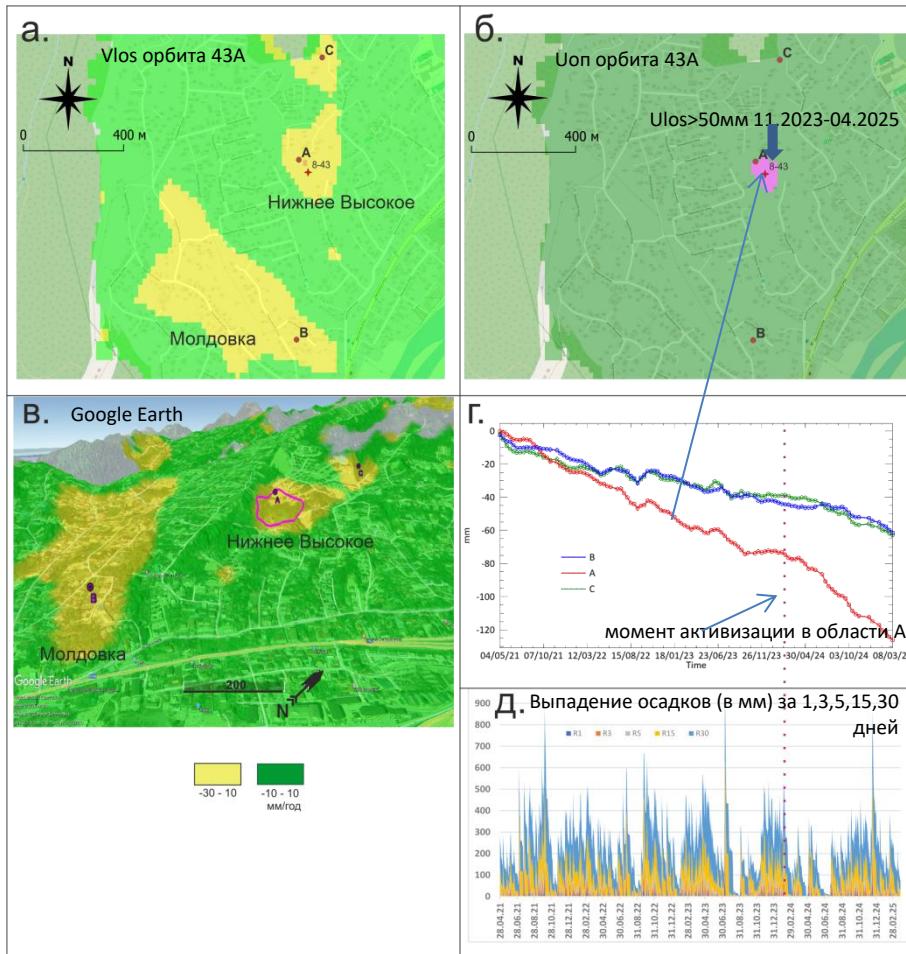
Карта деформаций поверхности по снимкам со спутника Sentinel-1 2015-2025гг.

На обновленной карте для периода 2021-2025 в виде слоев показаны средние скорости смещений в направлении визирования спутника Vlos (LOS- line-of-site) и вдоль максимального градиента склонов Vsd (<https://adler.nextgis.com/resource/1214/display?panel=layers>). Пояснения к расчетам Vsd и отображению этих слоев на карте приведены в работе (Смольянинова, Михайлов, 2025).



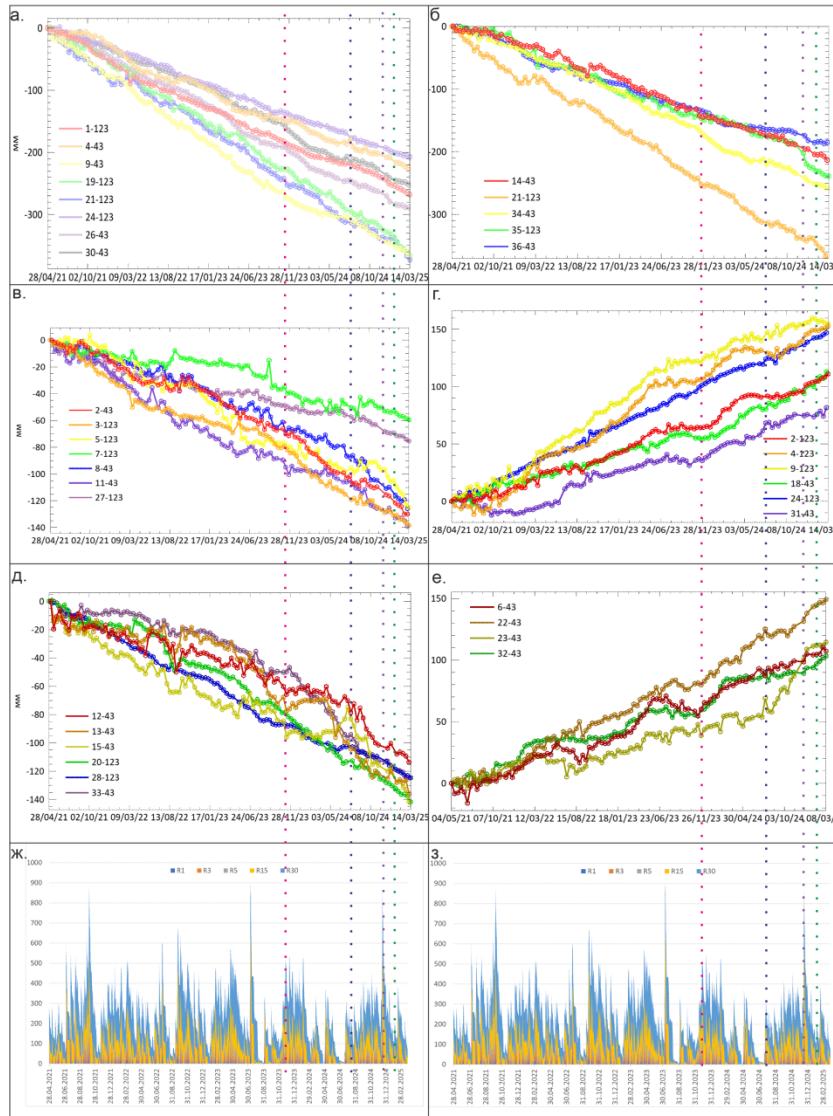
При щелчке мышью на значке появляется окно, где во вкладке «Вложения» можно увидеть пиктограммы графиков временных серий смещений Ulos в соответствующей точке. Щелчок мыши на пиктограмме открывает график на весь экран.

Фрагменты карт со слоями Vlos и Uop для участка Адлерского района



Значения средних скоростей Vlos за четырехлетний период наблюдений в области А составляют около 20 мм/год и аналогичны таковым в соседних областях В и С (рис. а). Однако, в области А зафиксирован участок, где смещения за последние полтора года - Ulos23-25 превышают установленный уровень опасности Uop=50мм (рис.б), что может говорить об активизации оползневых процессов в этот период. Иллюстрирующие этот факт графики временных серий показаны на рис. г. На графике для области А выделяется момент активизации в феврале 2024 года после обильных и продолжительных дождей в ноябре-декабре 2023 года.

Графики временных серий смещений для областей, где $U_{los}23-25 > U_{op} = 50\text{мм}$



Номера графиков показывают номер области на интерактивной карте, через дефис – номер орбиты. Выпадение осадков (в мм), суммированное за 1,3,5,15,30 дней (соответственно R1,R3,R5,R15,R30) (ж,з). Вертикальные точечные линии-моменты максимумов суммарного выпадения осадков, инициировавшие активизации на оползневых склонах .

Графики временных серий смещений объединены в соответствии с величинами смещений в направлении LOS. В работах (Handwerger et.al., 2022, Liu et.al., 2024) отмечалось, что непрерывные медленные смещения при отсутствии значительных изменений внешних факторов редко приводят к сходам оползней. Существенно более опасными являются области деформации со ступенчатыми графиками временных серий смещений, отражающими чередование ускоренных движений с периодами их отсутствия. По представленным графикам было выделено 11 областей, поведение которых представляется наиболее потенциально опасным. На интерактивной карте это области с номерами: 2, 4, 5, 12, 13, 15, 18, 21, 23, 33, 35.

ВЫВОДЫ

- В прибрежной части района Большого Сочи методы PCA-интерферометрии (InSAR) весьма эффективны при выделении областей активных деформаций и оценке оползневой опасности склонов. В результате интерпретации полей смещений, полученных методами PCA-интерферометрии за период 2021-25 гг, было выявлено 36 потенциально опасных областей активных деформаций, из которых 11 предполагаются наиболее опасными. Эти участки отмечены на интерактивной карте (<https://adler.nextgis.com/resource/1214/display?panel=layers>). Для зафиксированных потенциально опасных областей представлены графики временных серий, которые позволяют выделять периоды относительного покоя и активизации. Совместное рассмотрение этих графиков с данными о выпадении осадков позволяет анализировать оползневую опасность склонов.
- Изучение поведения конкретных оползневых склонов при выпадении осадков может помочь в прогнозировании их активизаций, сопровождающейся значительными подвижками, в том числе и катастрофическими.
- Использование данных PCA-интерферометрия может быть полезным при проектировании и мониторинге эффективности сооружений инженерной защиты, предотвращающих негативное воздействие оползневых процессов.
- Работа выполнена в рамках госзадания ИФЗ РАН.