



Горный институт

Уральского отделения
Российской академии наук

Девятков Сергей Юрьевич

к.т.н., с.н.с. лаб. Механики горных пород

Горный институт УрО РАН, г. Пермь

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ОСЕДАНИЙ ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ ПО ДАННЫМ РАДАРНОЙ СЪЕМКИ

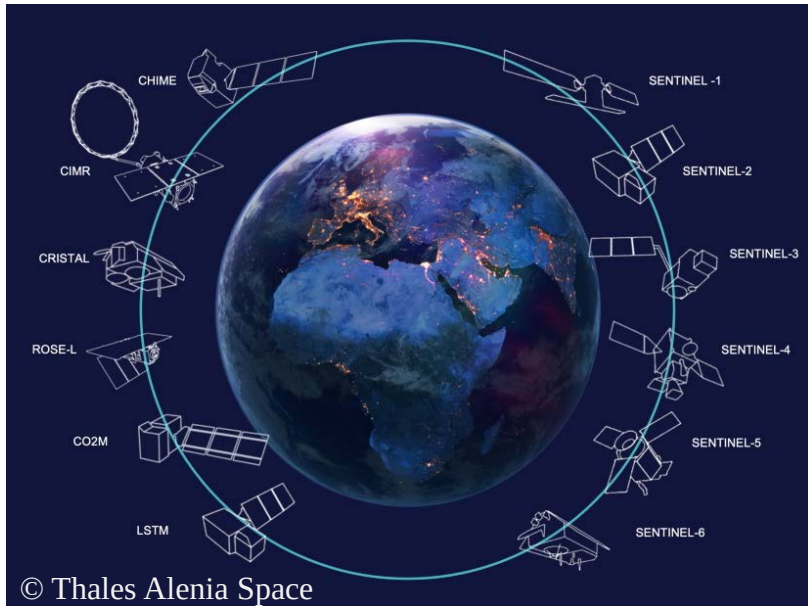


**ВТОРАЯ ВСЕРОССИЙСКАЯ
КОНФЕРЕНЦИЯ**

Разрушение горных пород и минералов

1-2 апреля 2025 г.

г. Екатеринбург

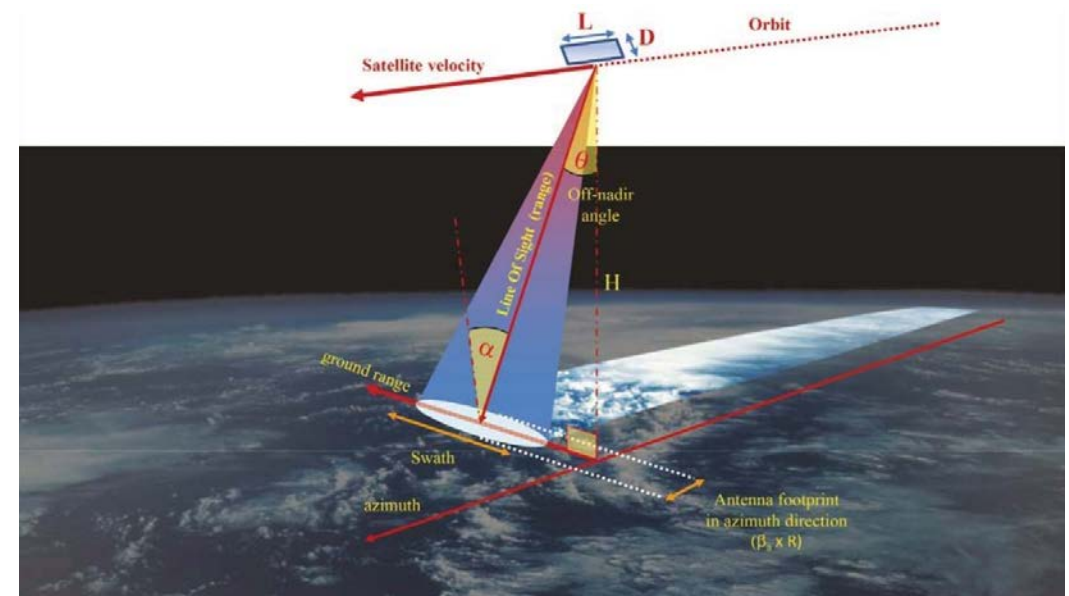


ESA / European Commission

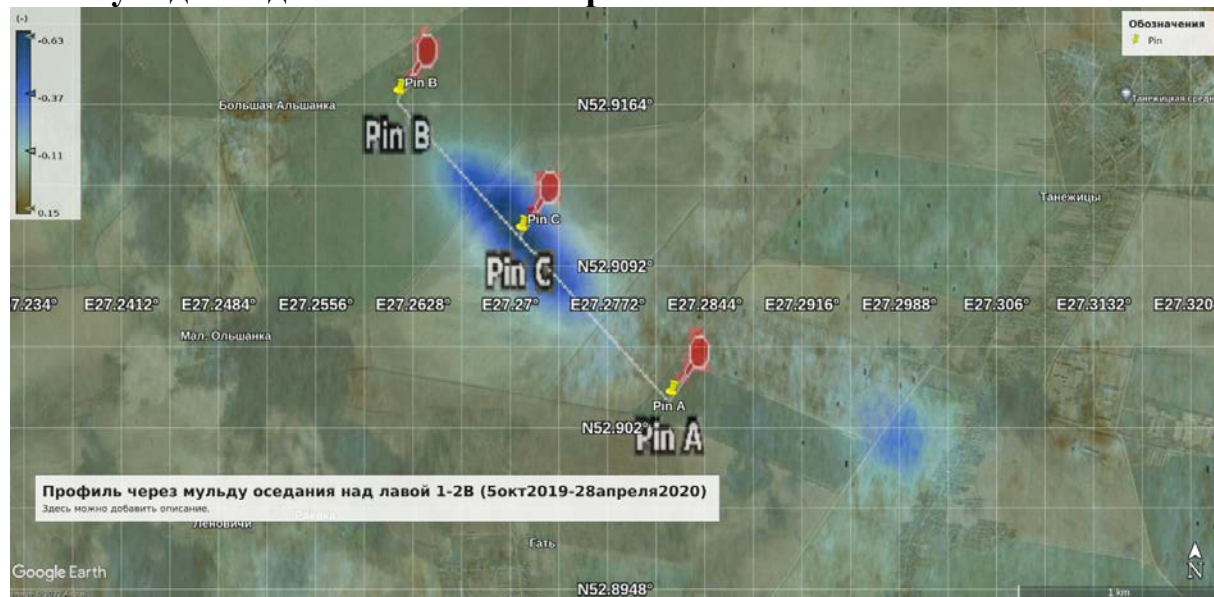
Европейское космическое агентство / Европейская комиссия

Запуск: Sentinel-1A: 3 апреля 2014 года,
Sentinel-1B: 25 апреля 2016 года (снят),
Sentinel-1C: 5 декабря 2024 года,
Sentinel-1D: 4 квартал 2025 года,
Sentinel-1NG: с 2032 года

- Инструмент: Радиолокационный прибор С-диапазона с синтезированной апертурой
- Частота повторения: 6 дней (с двумя спутниковыми группировками)
- Пространственное разрешение: 9м-40м в зависимости от режима съемки
- Орбита: солнечно-синхронная, 693 км
- Политика данных: свободная и открытая
- Программа: Copernicus



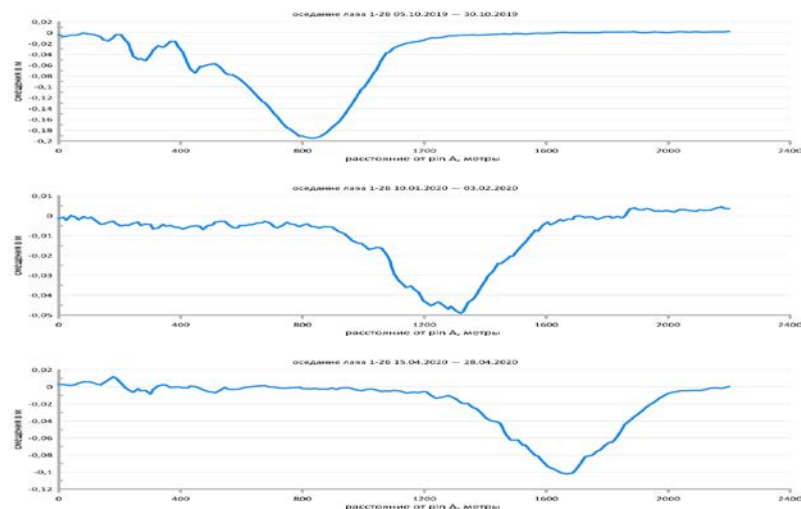
Мультиоседаний земной поверхности с 05.10.2019 по 28.04.2020



Суммарные вертикальные смещения с 05.10.2019 по 28.04.2020 вдоль профиля с юго-востока на северо-запад



Вертикальные смещения земной поверхности за интервалы времени с 05.10.2019 по 28.04.2020

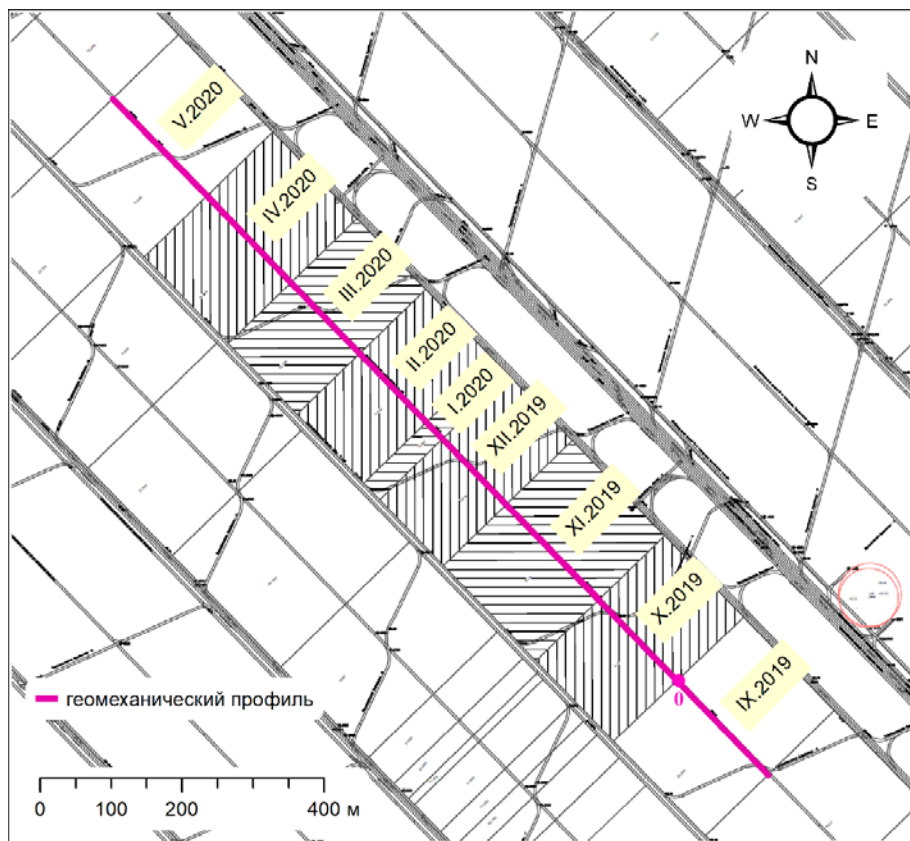


Мультиоседаний земной поверхности за осень 2020 г. и весну 2021 г.

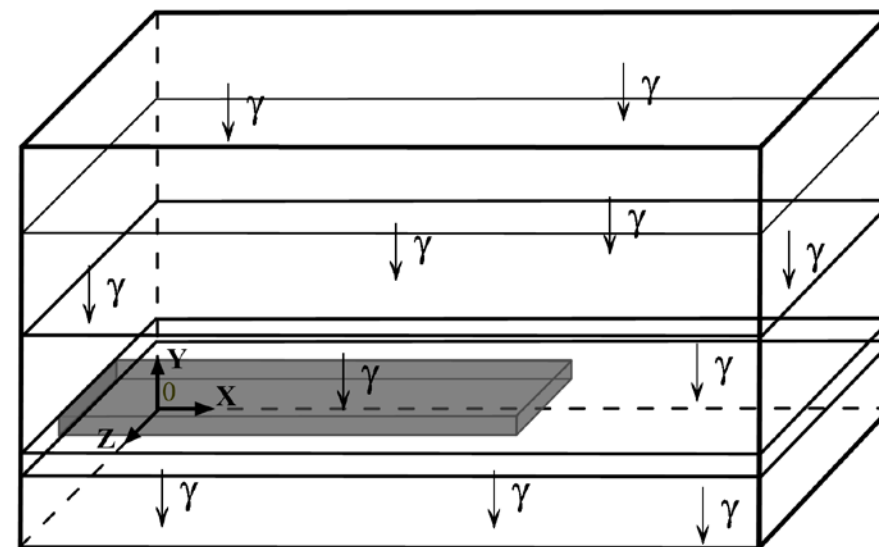


Оттенки синего цвета – осень 2020 г.
Фиолетовый цвет – весна 2021 г.

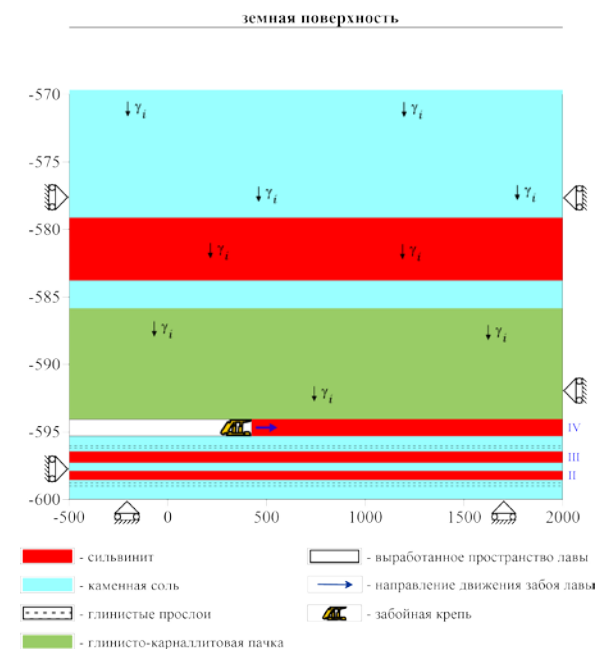
Обзорная схема района исследований



Расчётная схема



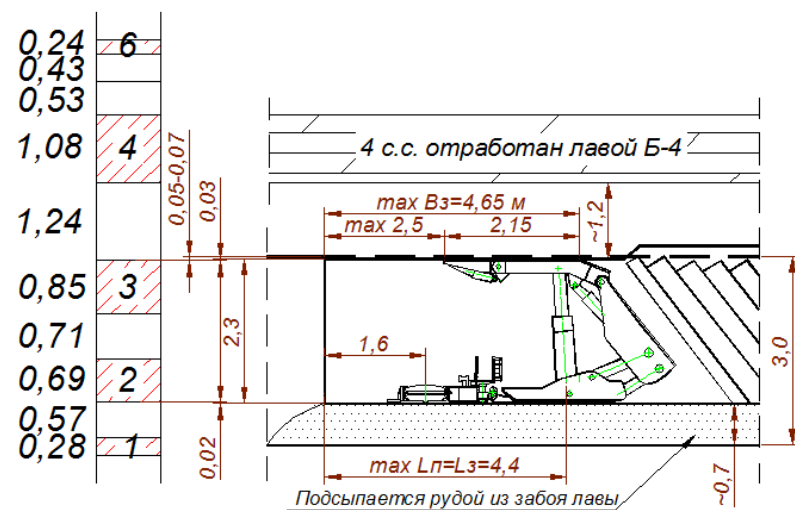
Вертикальный разрез



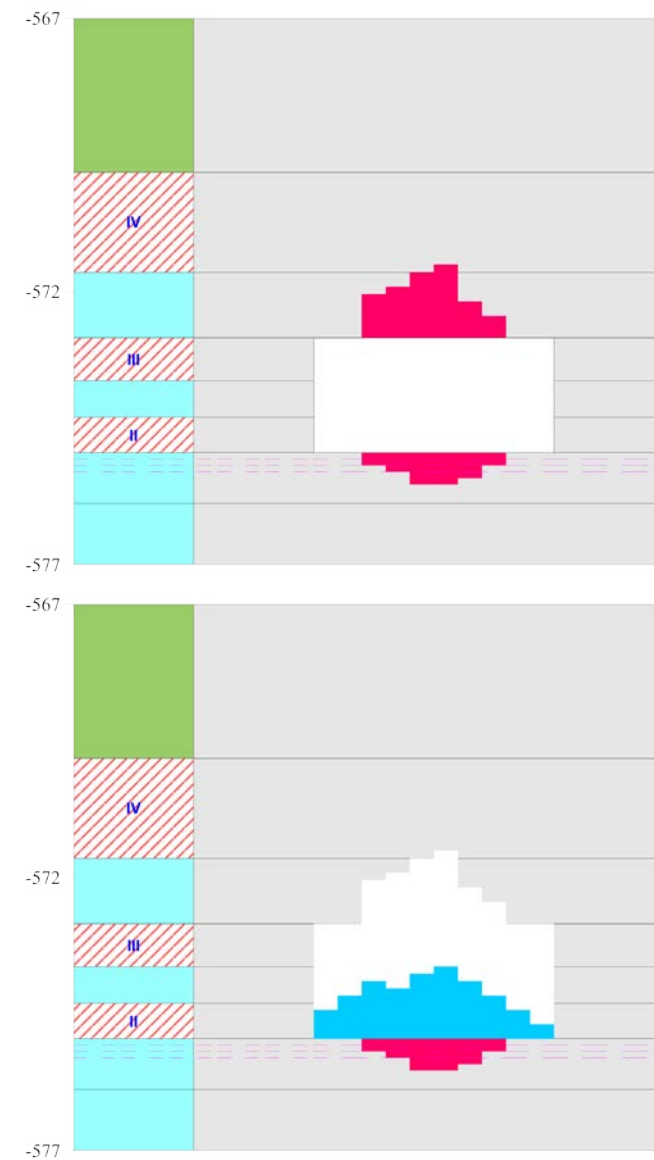
Длина лавы : 253 м
 Длина выемочного столба : 4000 м
 Средняя вынимаемая мощность : 1,25 м
 Глубина ведения очистной выемки : 600 м

Непрерывный период наблюдений : 206 дней
 Подвигание забоя лавы : 900 м

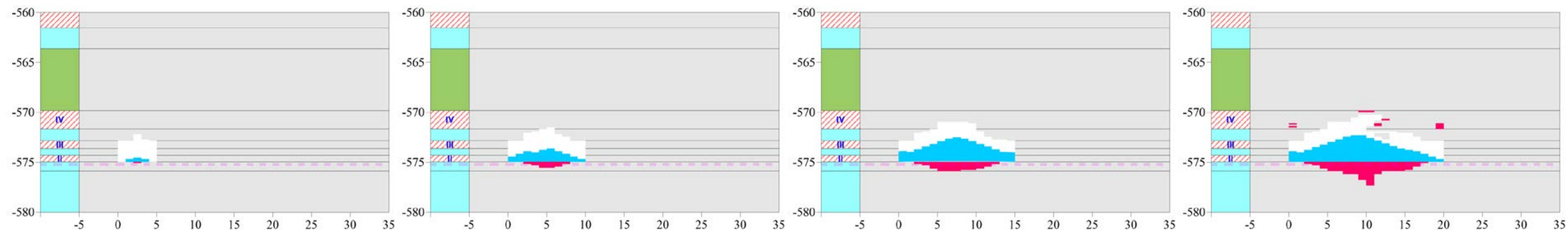
Механизированная крепь



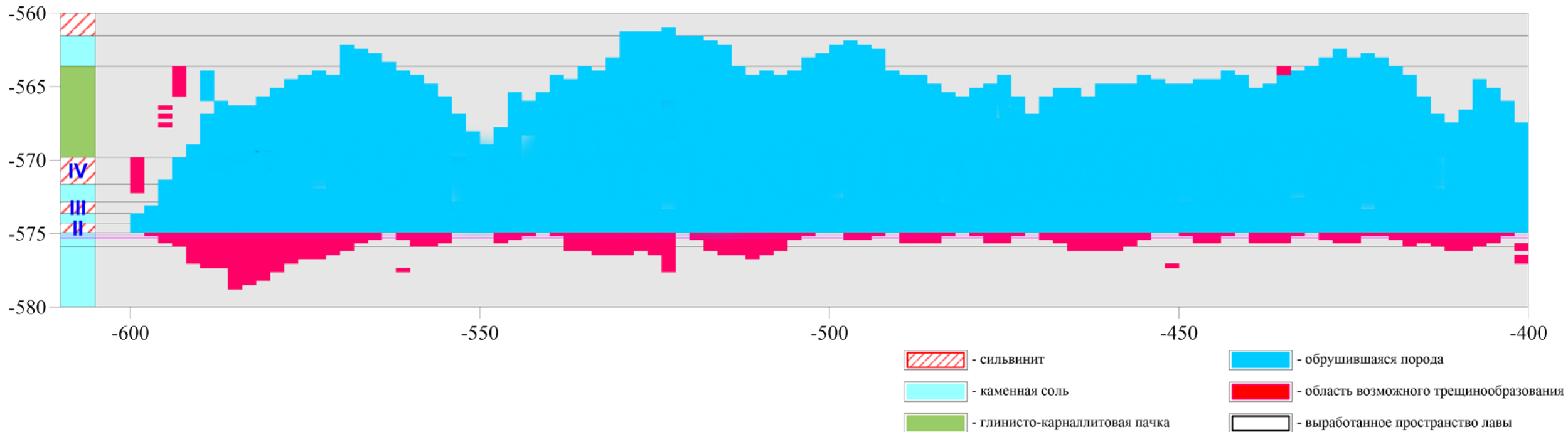
Характер разрушения породного массива

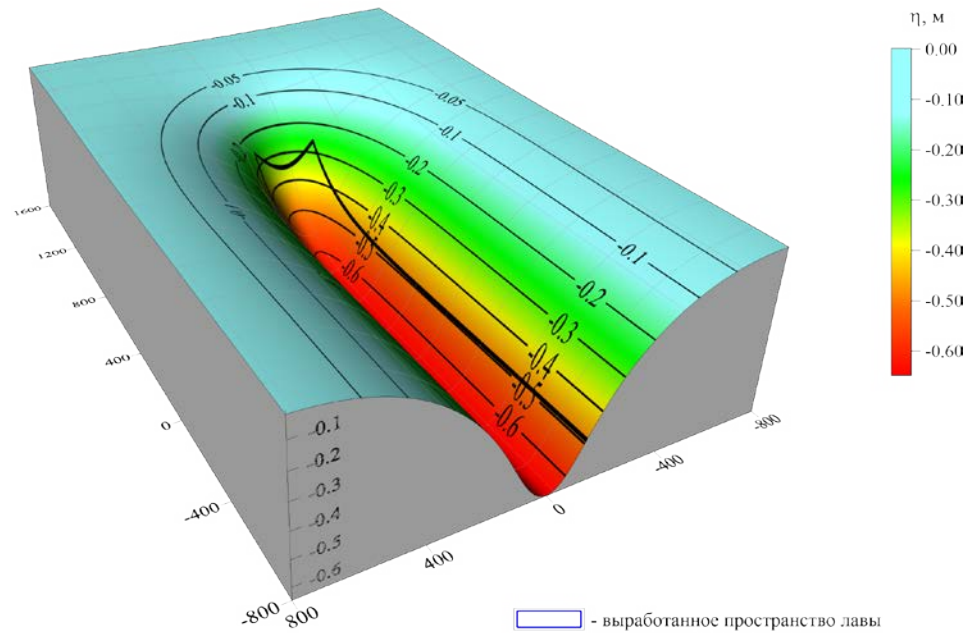


Характер разрушения породного массива в процессе движения фронта очистных работ

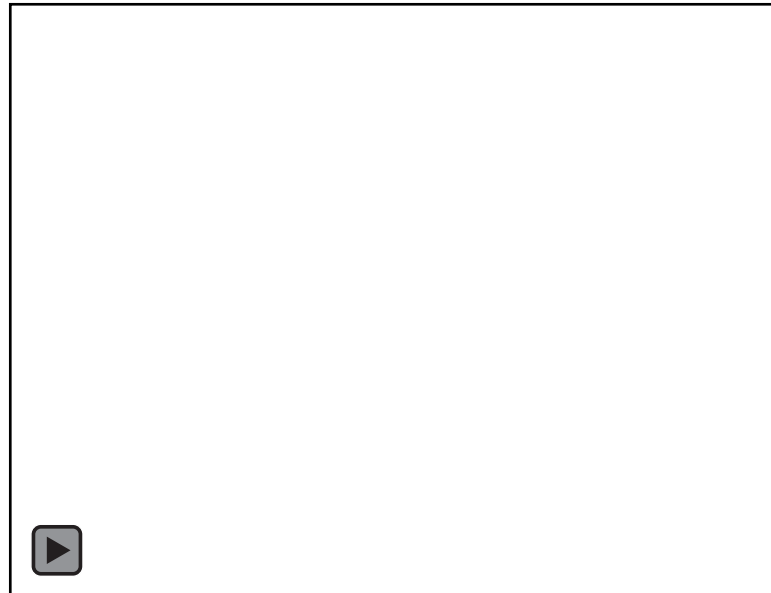


Характерный вид разрушения породного массива в процессе движения фронта очистных работ

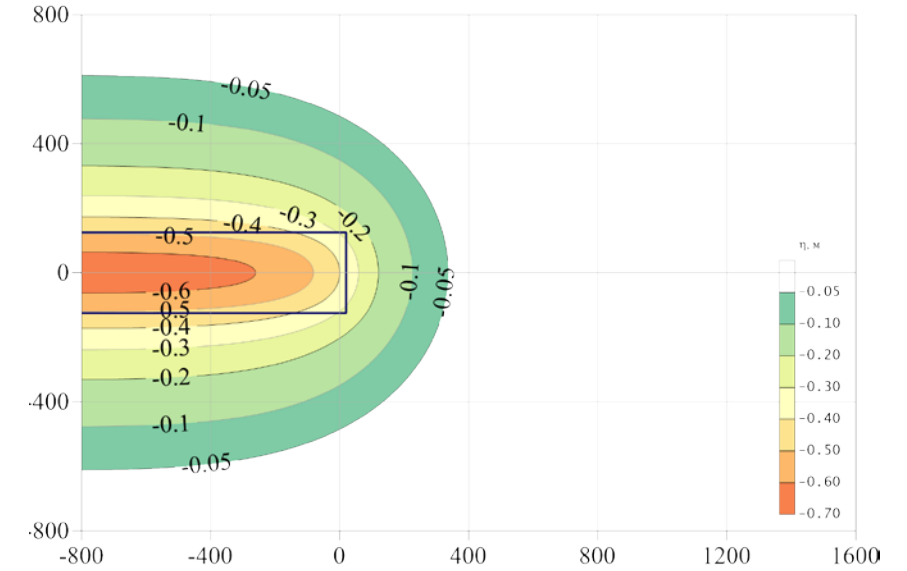




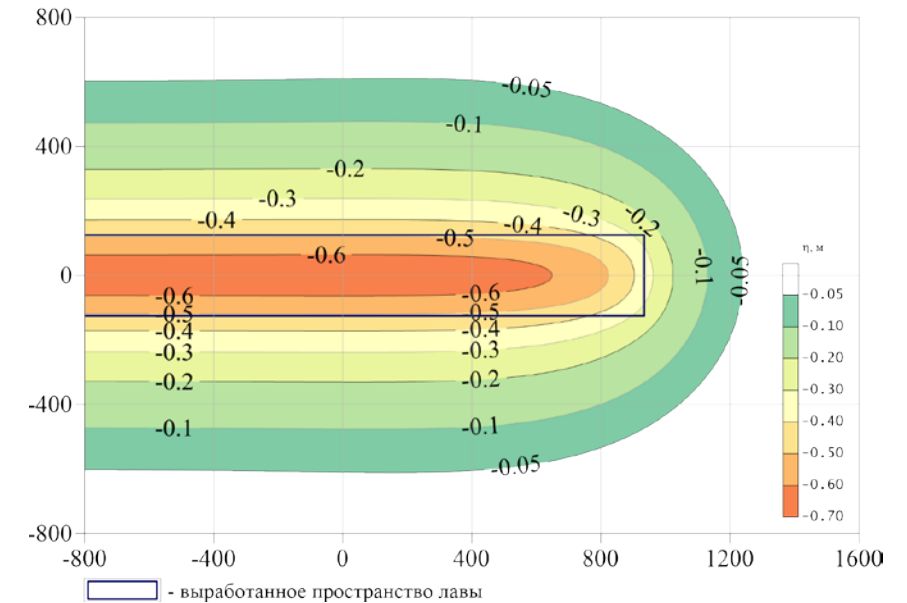
□ - выработанное пространство лавы



начало радарного мониторинга

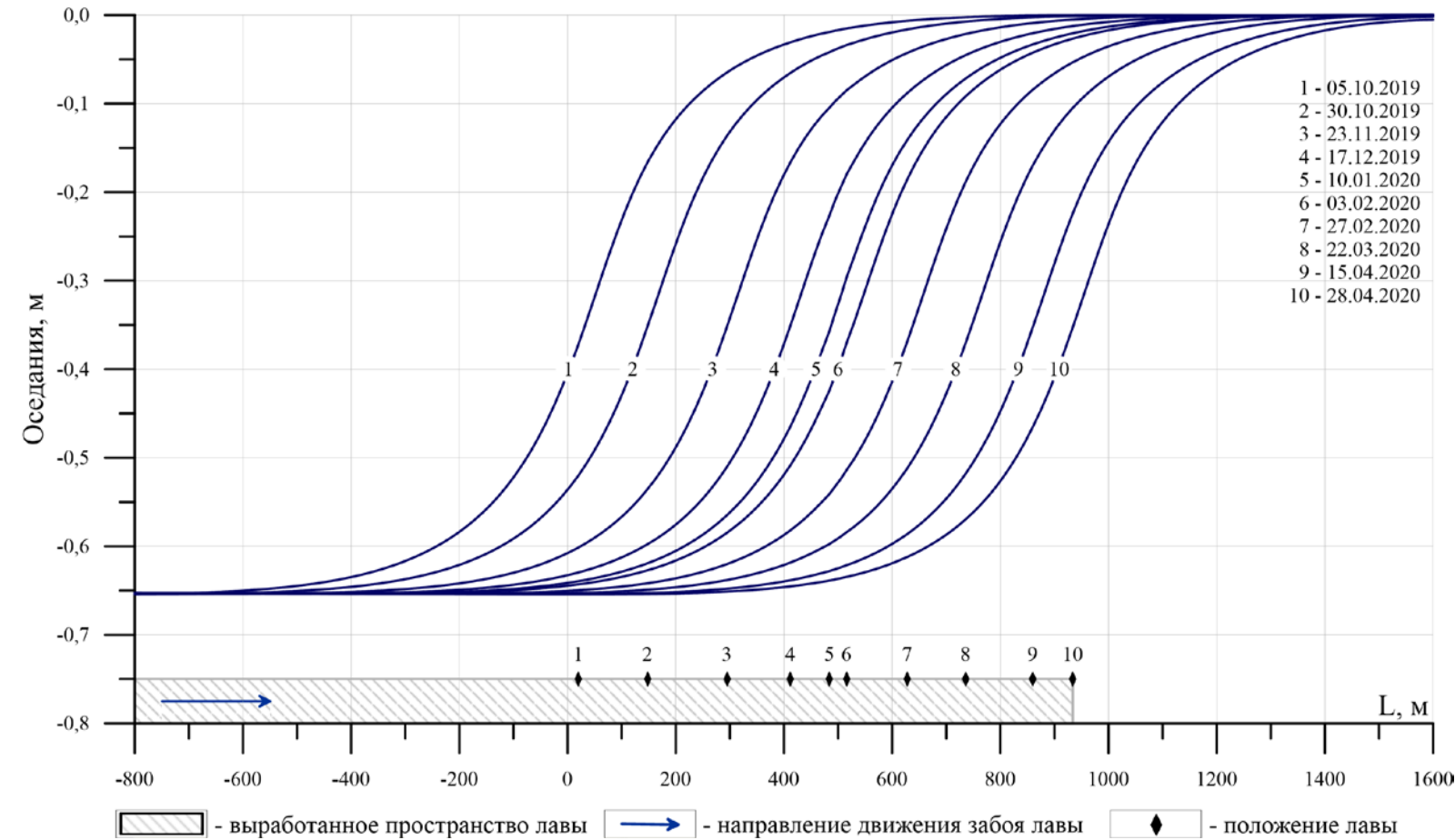


завершение радарного мониторинга

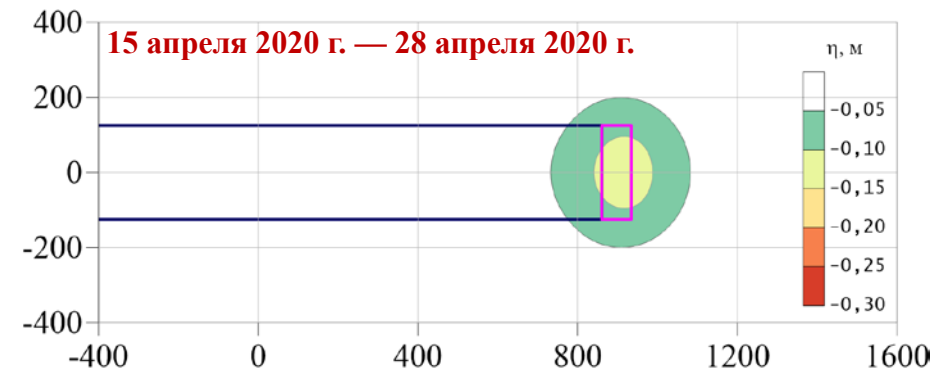
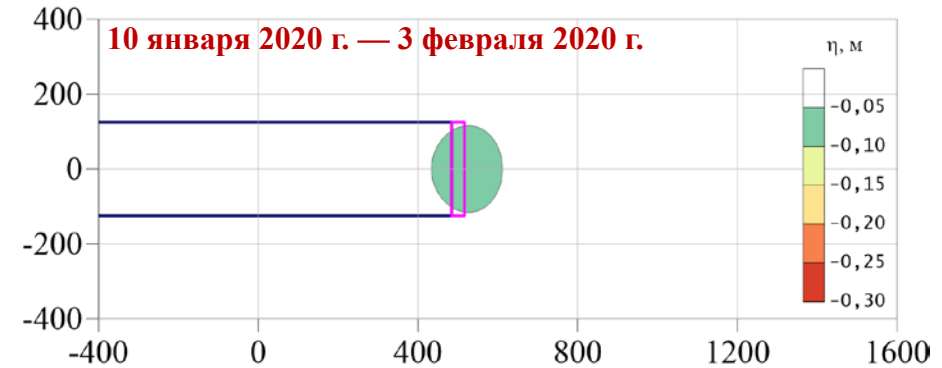
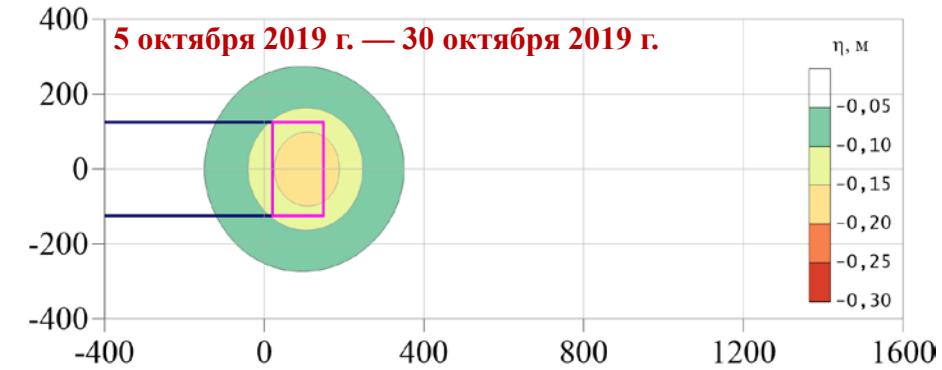


□ - выработанное пространство лавы

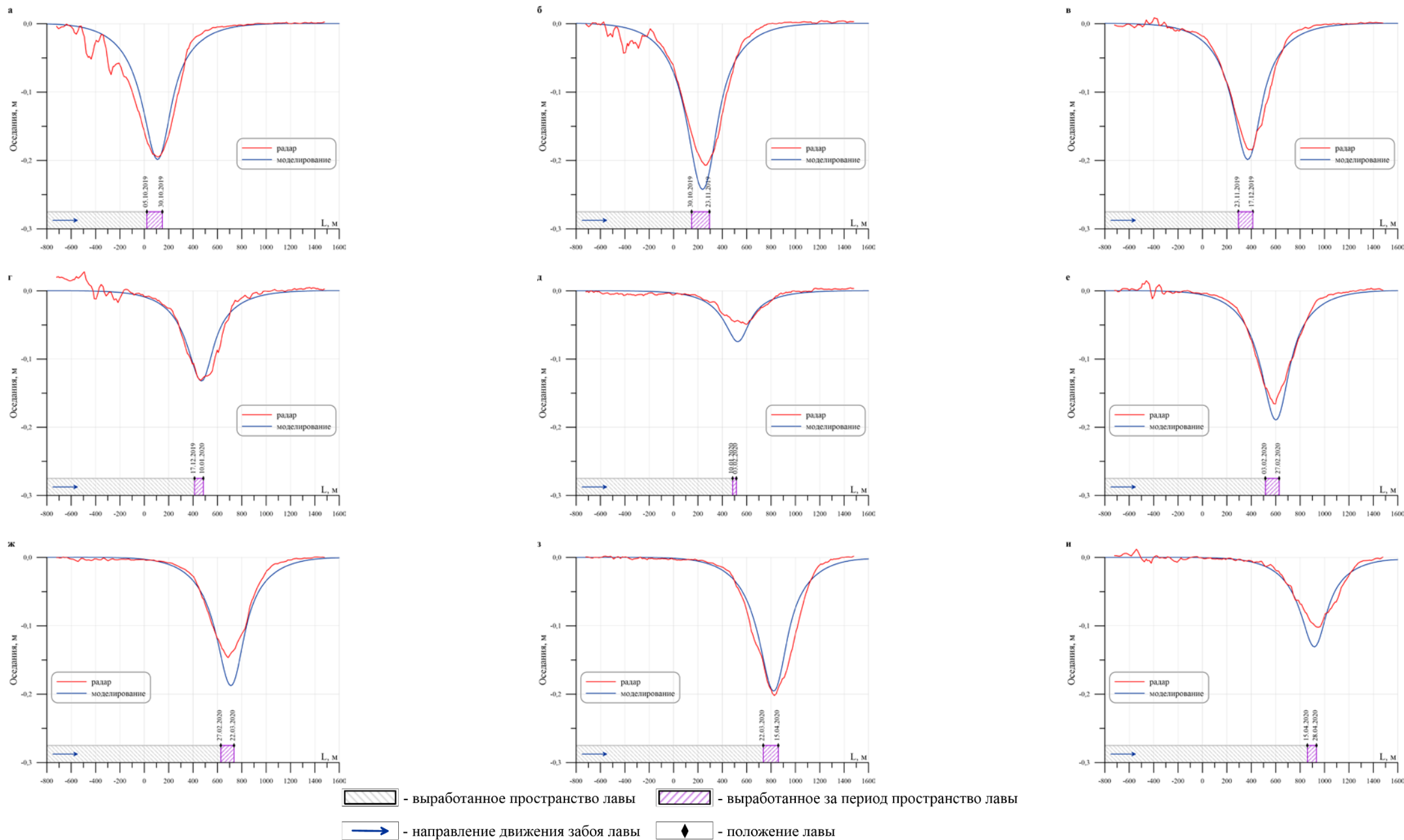
Оседания на даты спутниковой съемки
(продольный разрез по центру выработанного пространства лавы)



Вертикальные смещения за интервалы времени

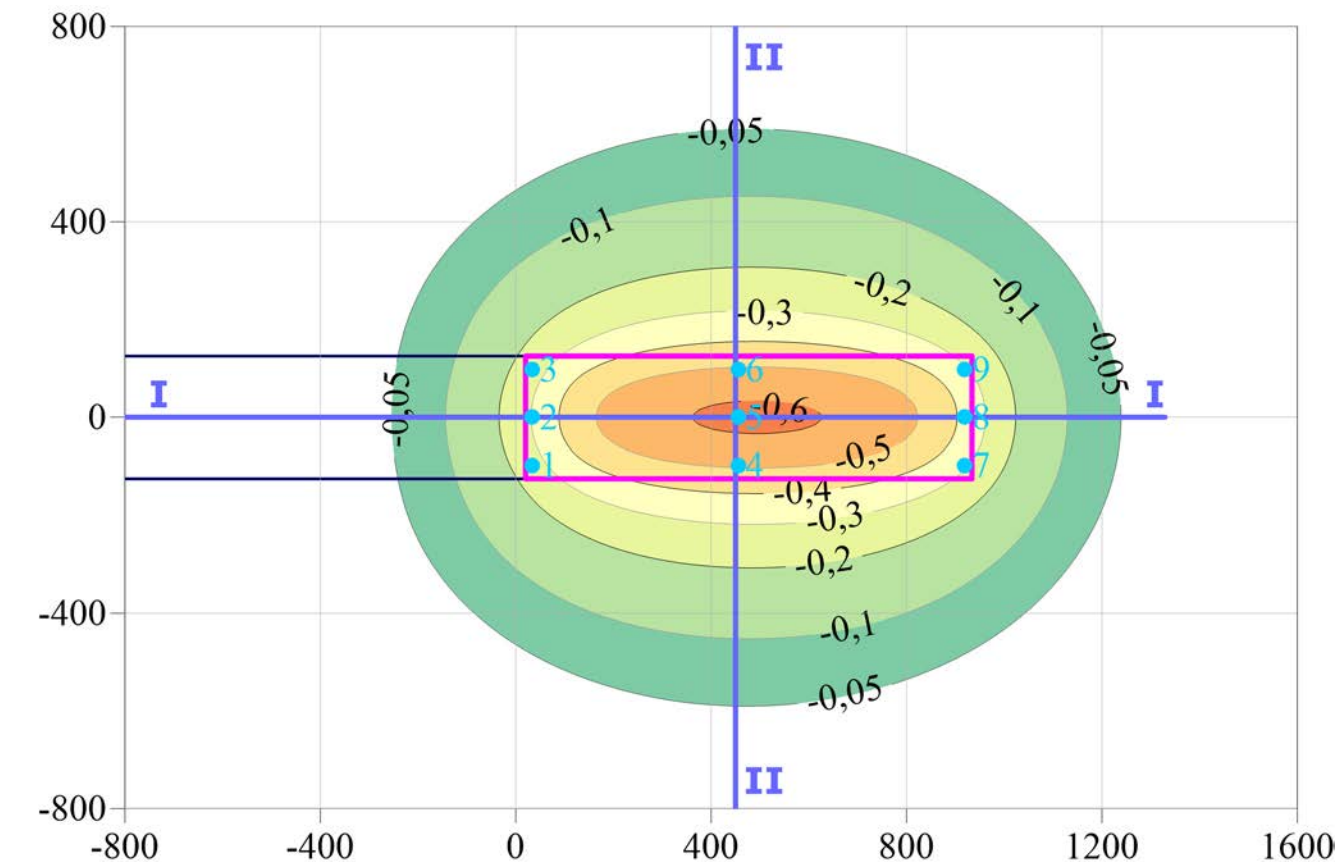


Сравнение результатов геомеханического моделирования с данными радарной интерферометрии (по временным интервалам)

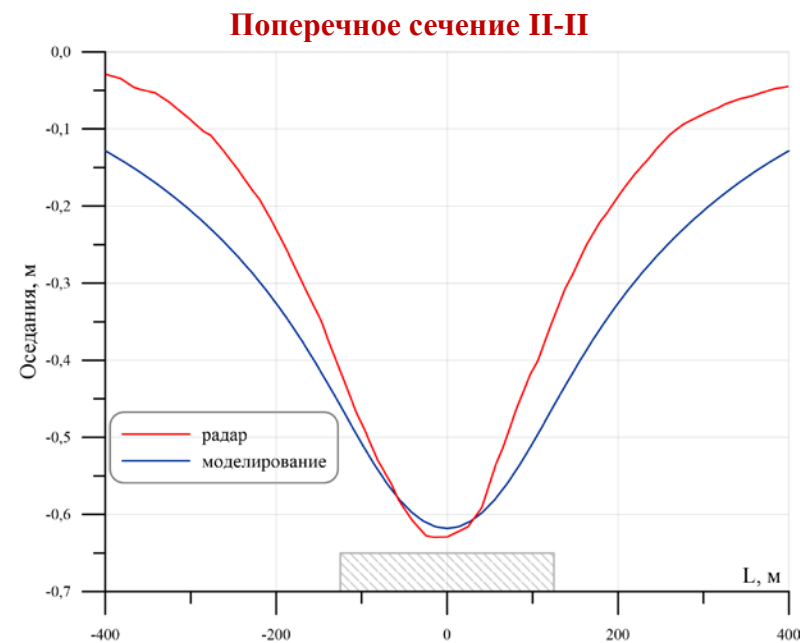
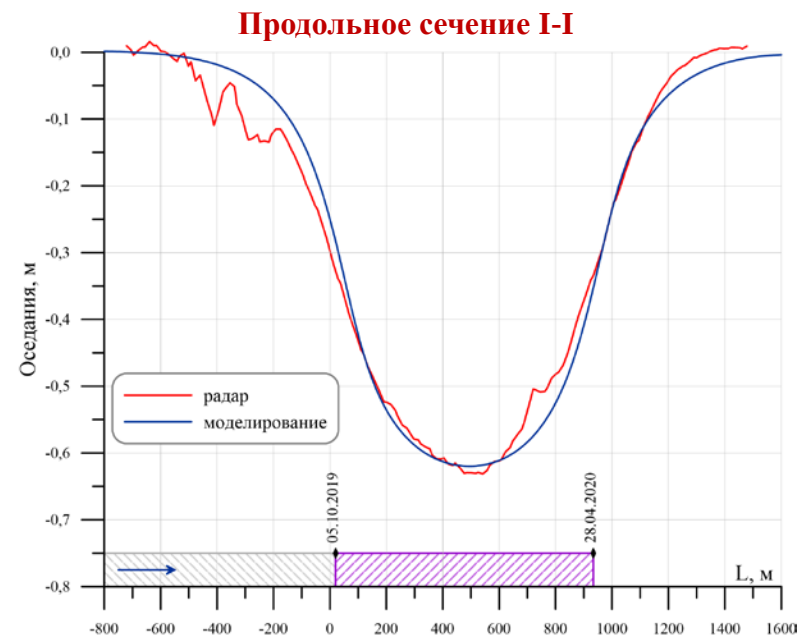


Сравнение результатов геомеханического моделирования с данными радарной интерферометрии (за весь период наблюдений)

10

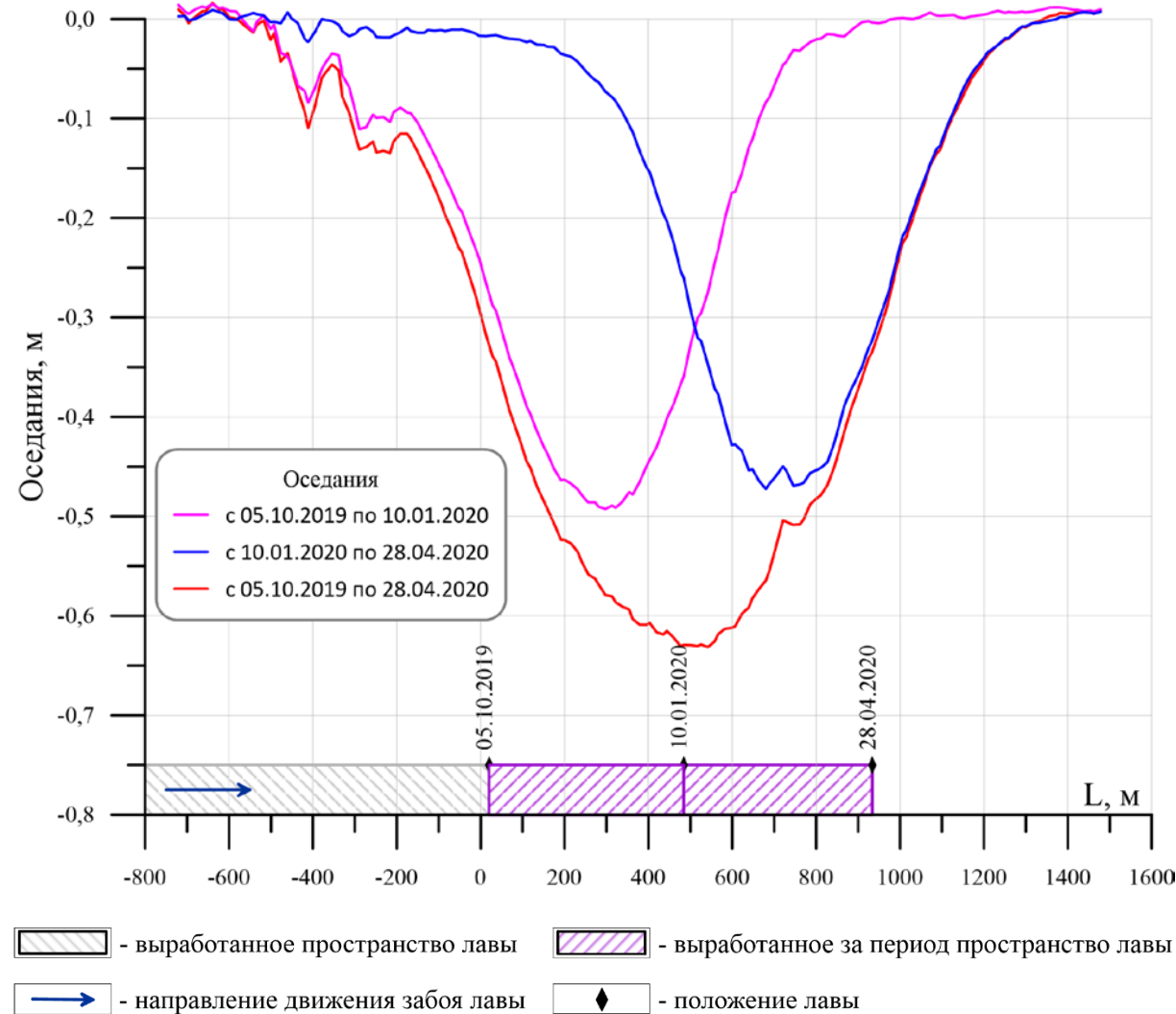
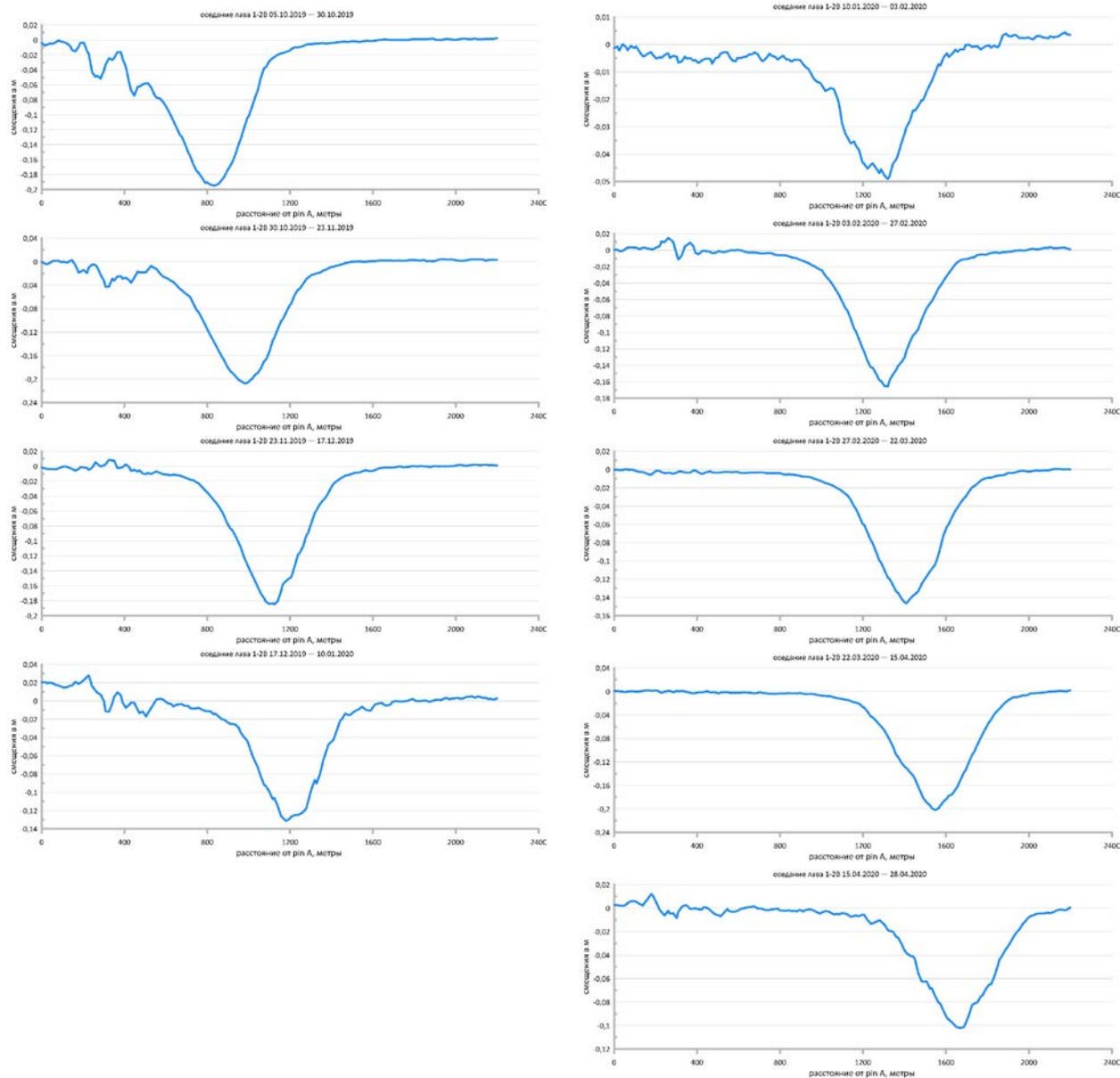


- выработанное пространство лавы
- выработанное за период пространство лавы
- направление движения забоя лавы
- положение лавы

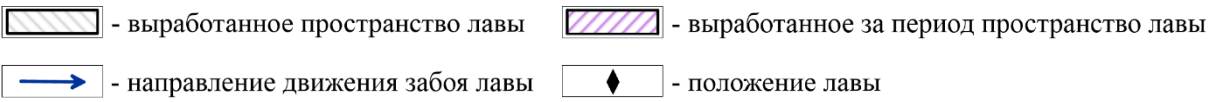
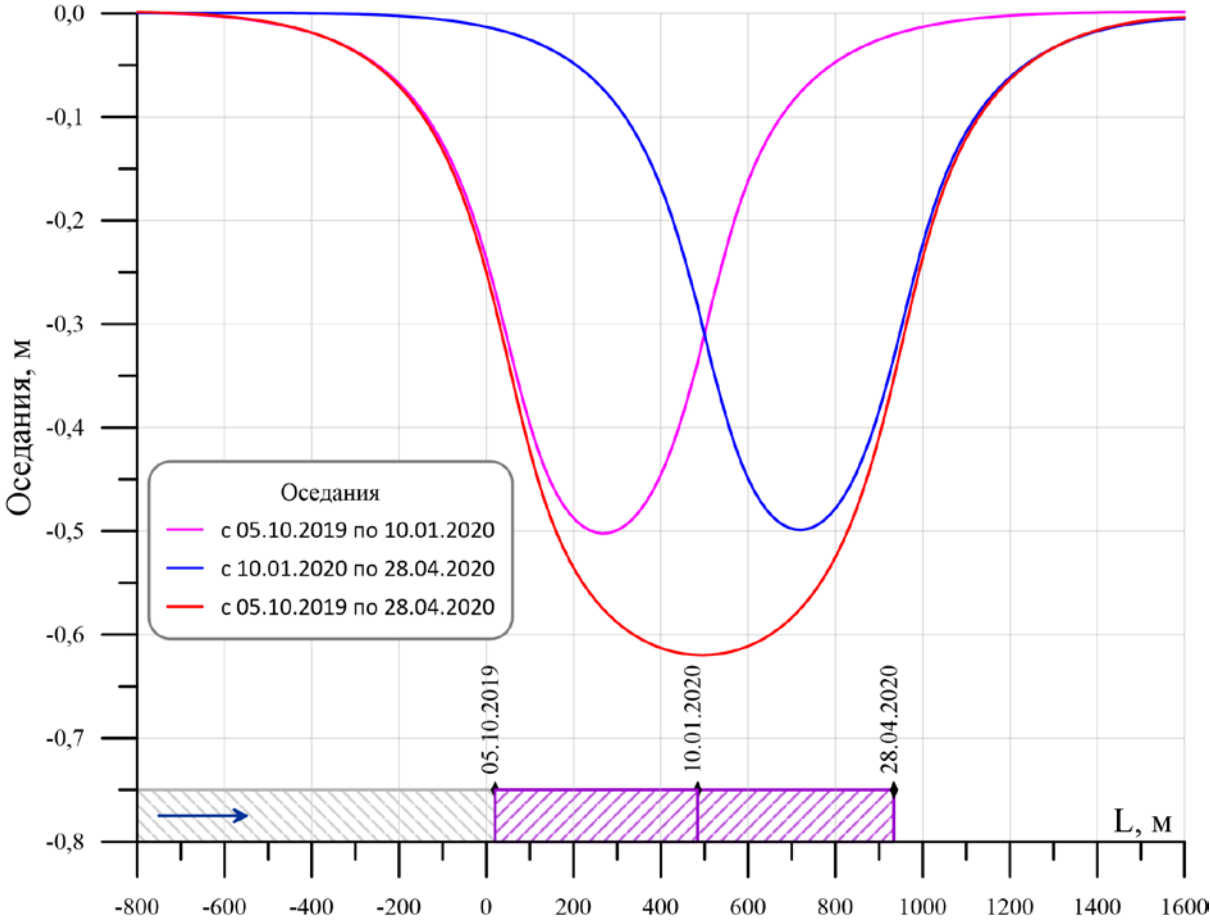
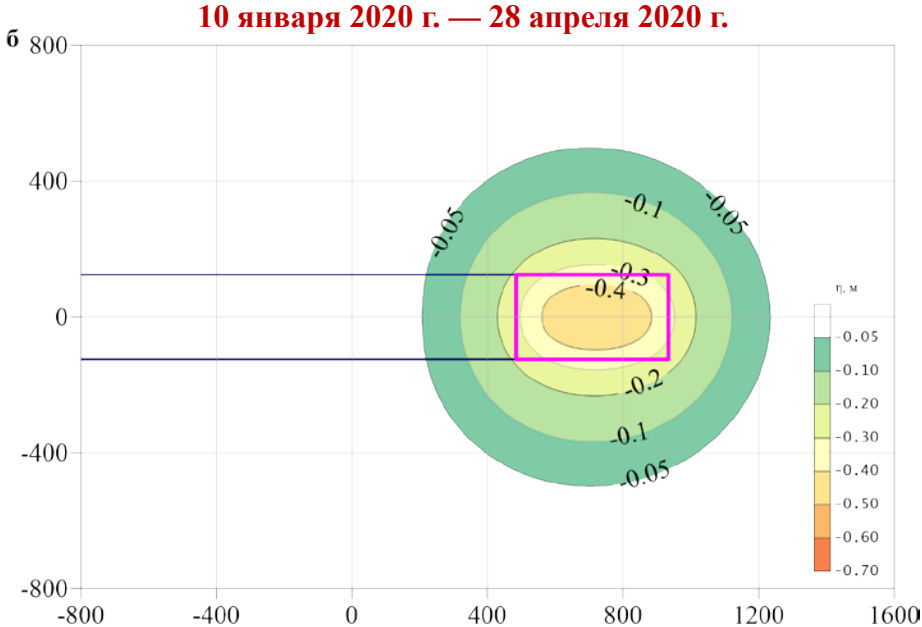
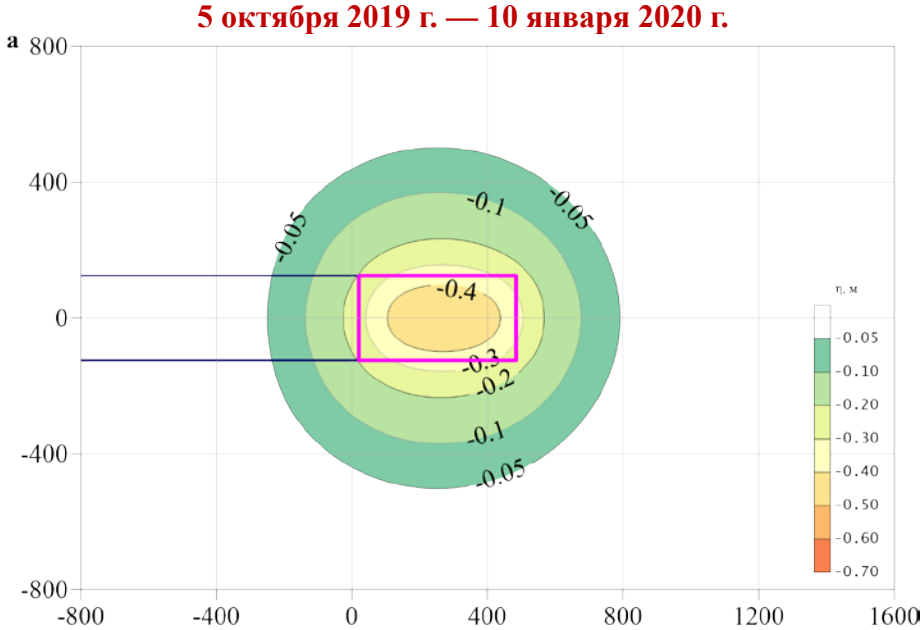


Оседания земной поверхности по данным радарной интерферометрии (за весь период наблюдений)

11

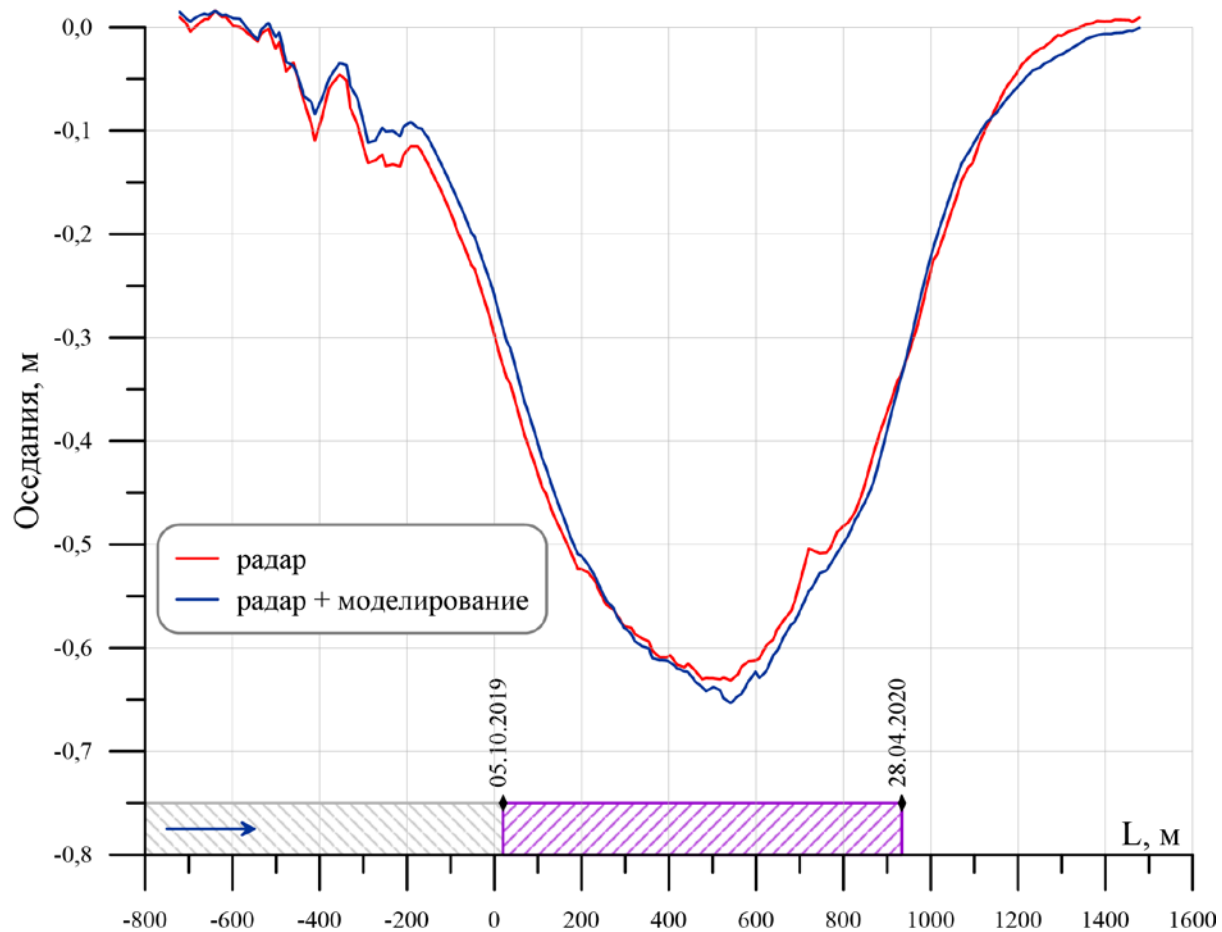


Оседания земной поверхности по результатам геомеханического моделирования (за весь период наблюдений)

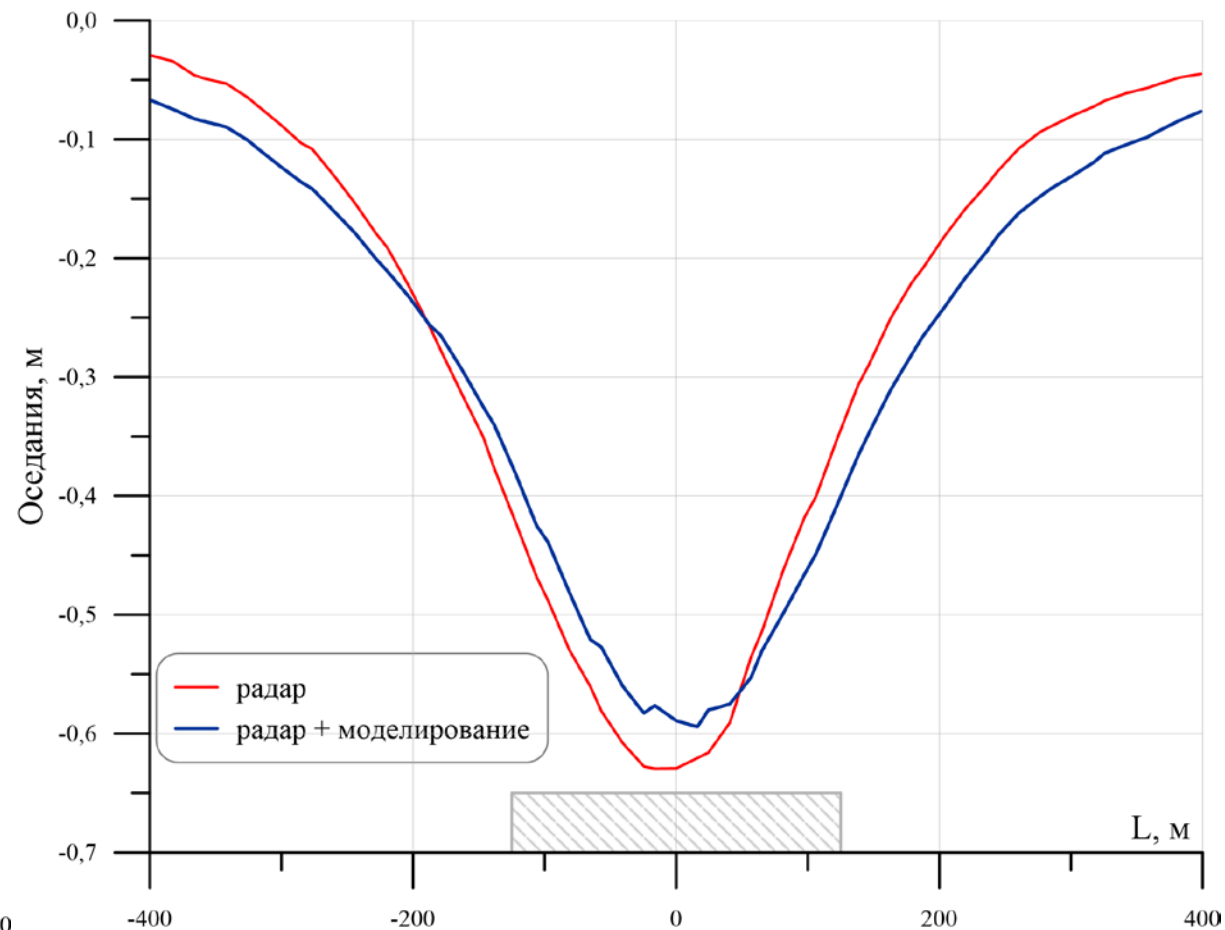


Суммарные оседания земной поверхности по данным геомеханического моделирования и радарной интерферометрии

Продольное сечение I-I



Поперечное сечение II-II



- выработанное пространство лавы
- выработанное за период пространство лавы
- направление движения забоя лавы
- положение лавы



Выводы

- 1. Сопоставление результатов математического моделирования процесса сдвижений земной поверхности вследствие деформирования породного массива, подработанного длинными очистными забоями, с данными спутниковой радарной интерферометрии показало их приемлемое соответствие. Имеющиеся расхождения на небольших временных интервалах как правило нивелируются на длительных периодах наблюдений.**
- 2. Показана возможность «восстановления» и прогноза оседаний земной поверхности на временных интервалах, где отсутствуют данные радарной интерферометрии.**
- 3. Результаты геомеханического моделирования совместно с данными системного площадного радарного мониторинга могут быть использованы при анализе и прогнозе развития процесса сдвижения земной поверхности при слоевой выемке сильвинитовых пластов длинными очистными забоями. Эта информация представляет собой необходимое параметрическое обеспечение почти всех геомеханических задач, стоящих перед горной практикой (анализ напряженно-деформированного состояния подработанного массива, оценка безопасных условий подработки ВЗТ, прогноз опасности ГДЯ, анализ надработки и подработки и т.д.).**