

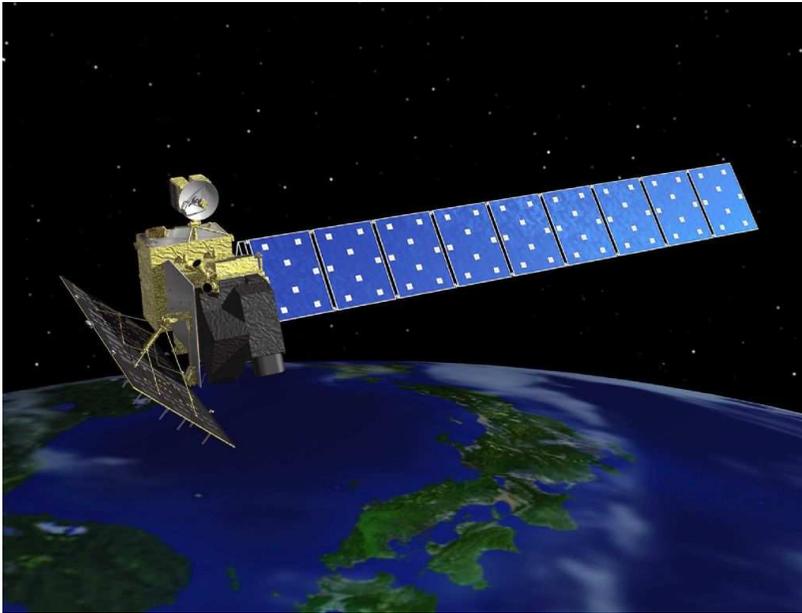


Югорский НИИ информационных технологий
г. Ханты–Мансийск

Определение смещений объектов нефтедобычи методом радарной интерферометрии

Евтюшкин А.В., Филатов А.В.

Радиолокационная интерферометрия



ALOS/PALSAR (JAXA)

Длина волны: 23см (L-диапазон)

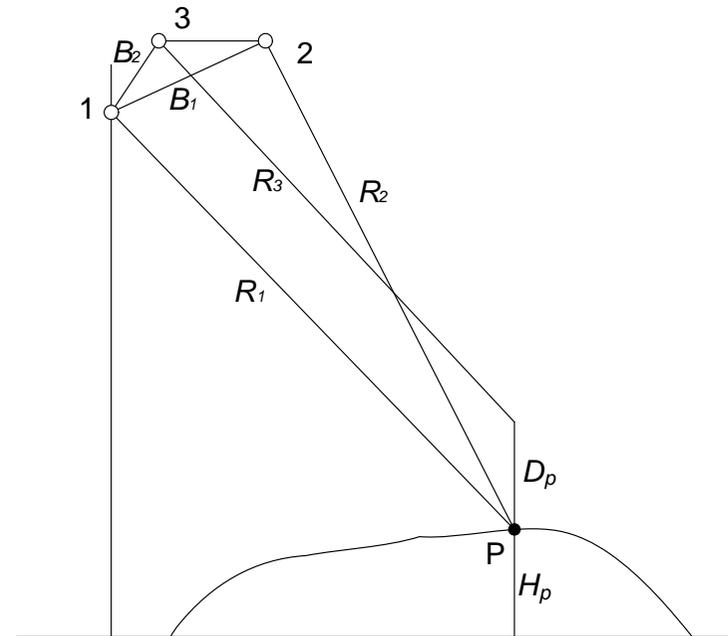
Минимальный интервал съемки: 46 суток

Режим съемки: Fine Beam Dual

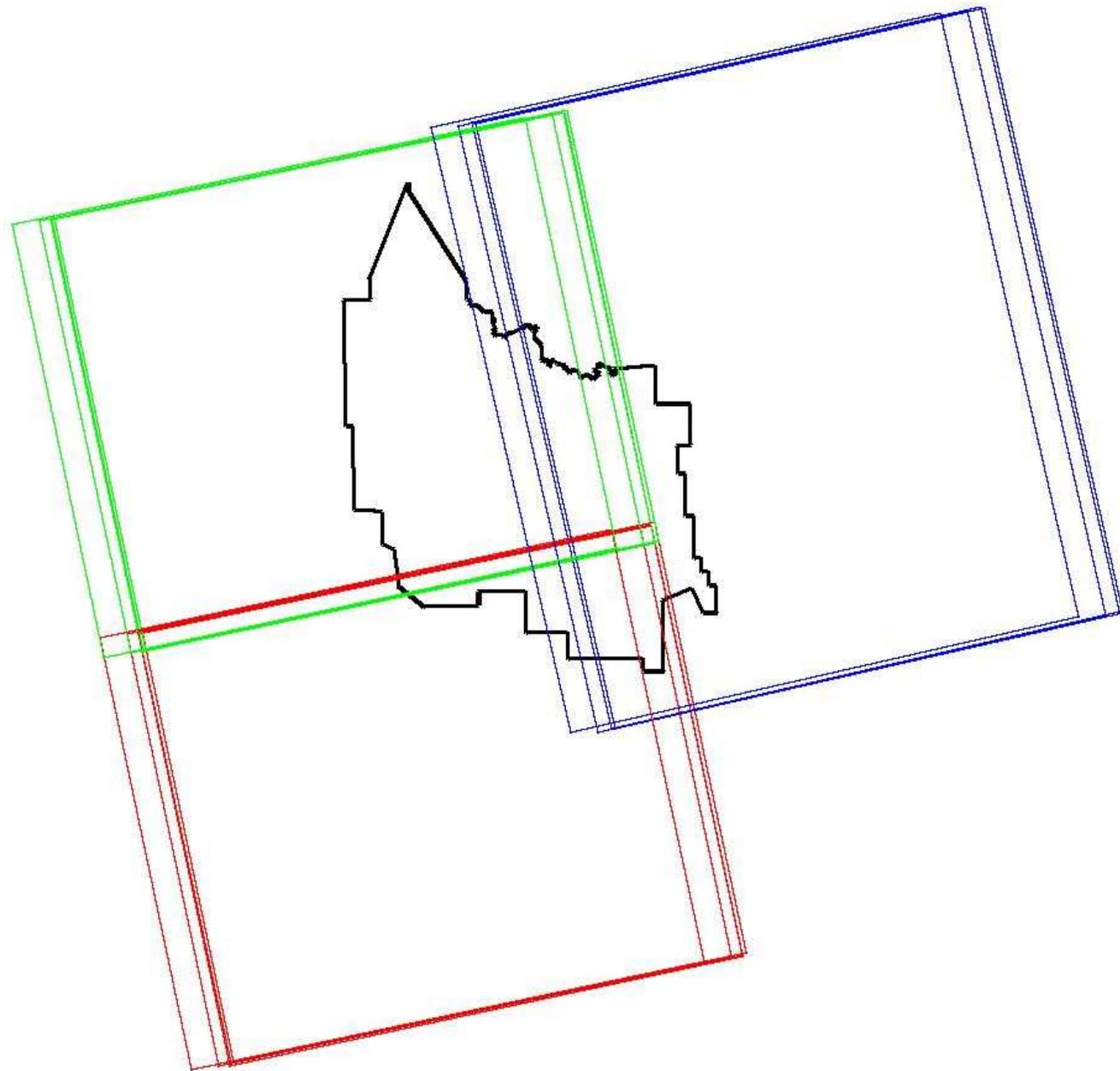
Разрешение на местности: 10м

Точность геопривязки: 10м

Данные получены в рамках гранта Японского
Аэрокосмического Агентства



Съемка с 3-х положений в разное время
позволяет восстановить высоты рельефа H_p
и смещения, произошедшие за время между
съемками D_p



Даты съемки:

	19.08.2007
	04.10.2007
	06.07.2008
	21.08.2008
	19.08.2007
	04.10.2007
	06.07.2008
	21.08.2008
	31.08.2007
	16.10.2007
	18.07.2008
	02.09.2008

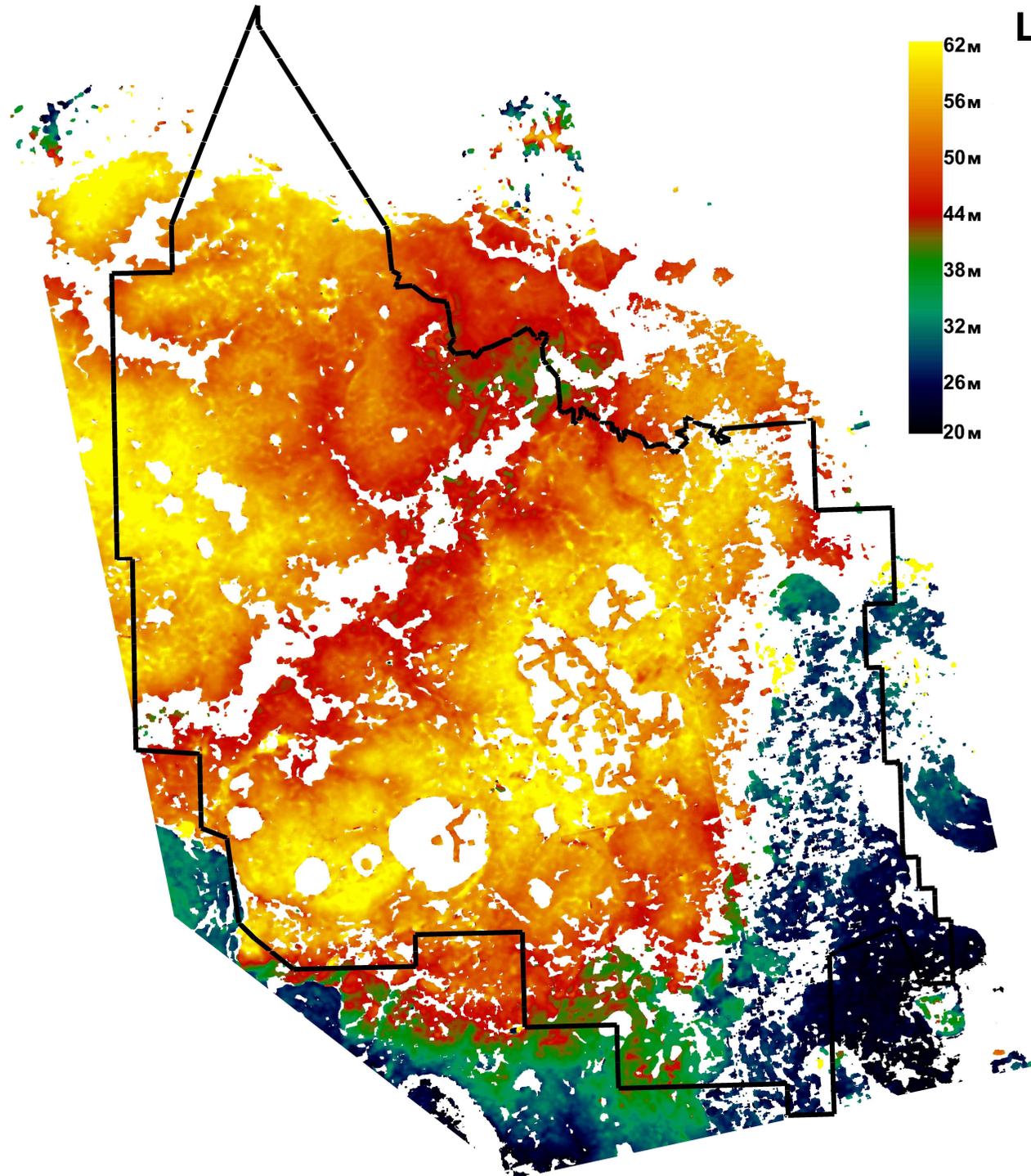
ALOS/PALSAR (JAXA)

Размер снимка – 70x70км

Пространственное разрешение – 10м

Период повторного пролета – 46 суток

**Цифровая модель рельефа
Самотлорского
месторождения по
результатам
интерферометрической
обработки пар снимков
ALOS/PALSAR
(06.07.2008 – 21.08.2008
18.07.2008 – 02.09.2008)**

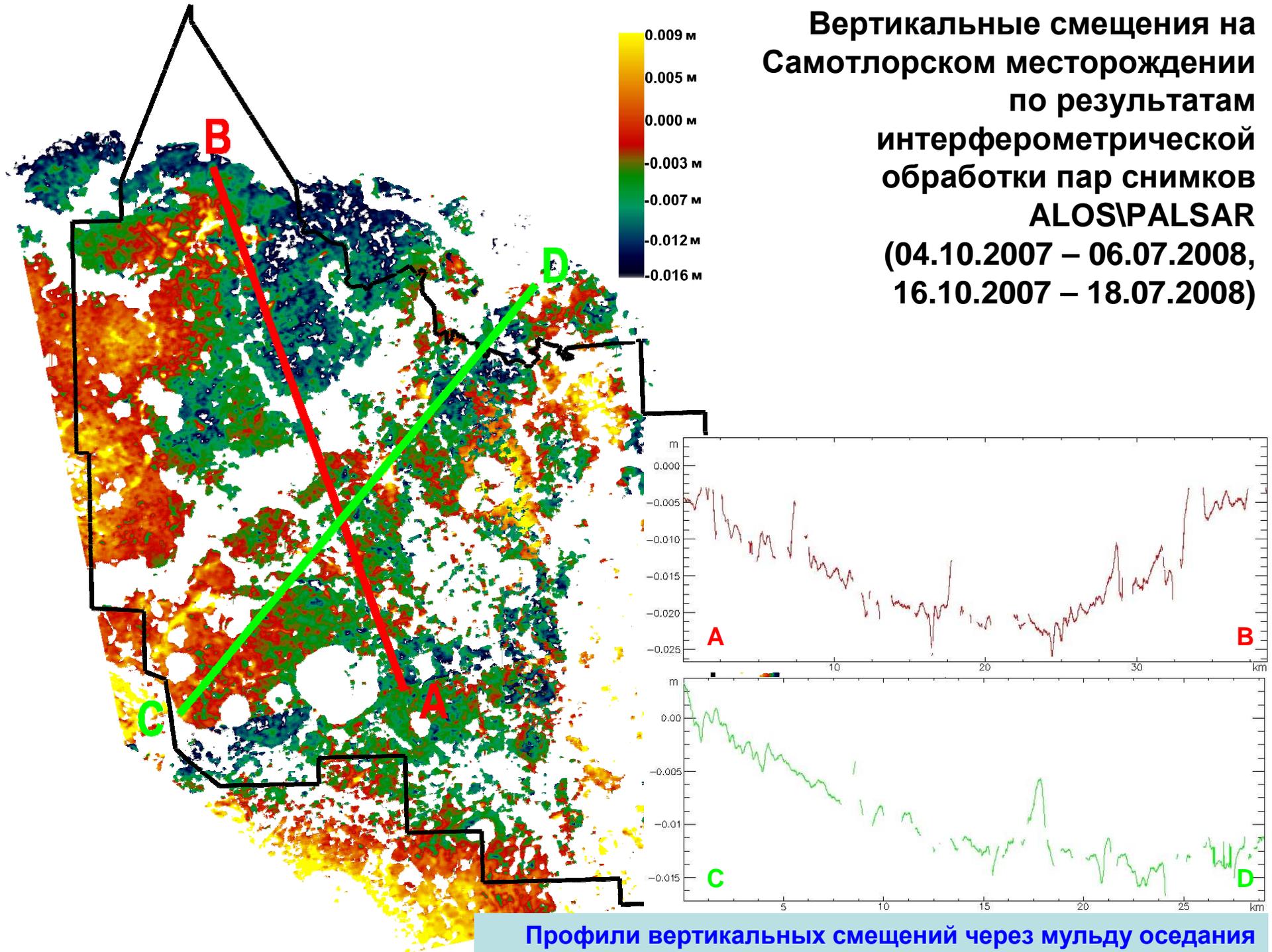


Погрешность – 5м

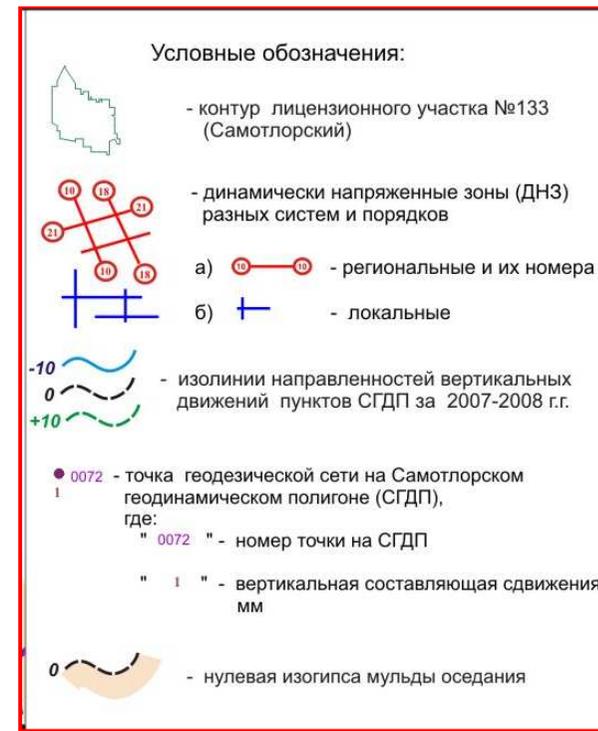
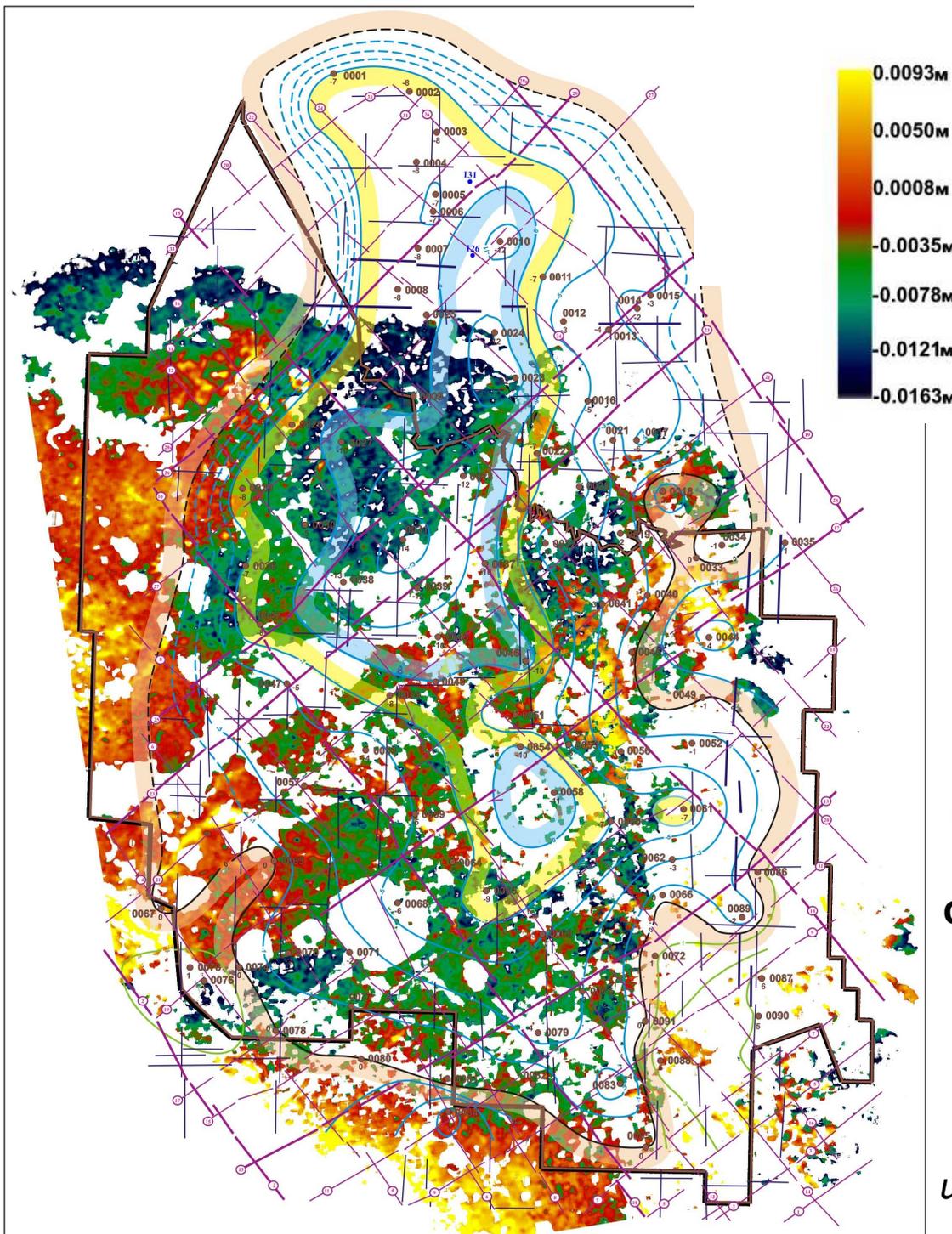
Обработка в ENVI/SARscape

*Белые участки –
невосстановленный
рельеф лесных и водных
ландшафтов в виду
пространственной
декорреляции пары
снимков*

**Вертикальные смещения на
Самотлорском месторождении
по результатам
интерферометрической
обработки пар снимков
ALOS/PALSAR
(04.10.2007 – 06.07.2008,
16.10.2007 – 18.07.2008)**

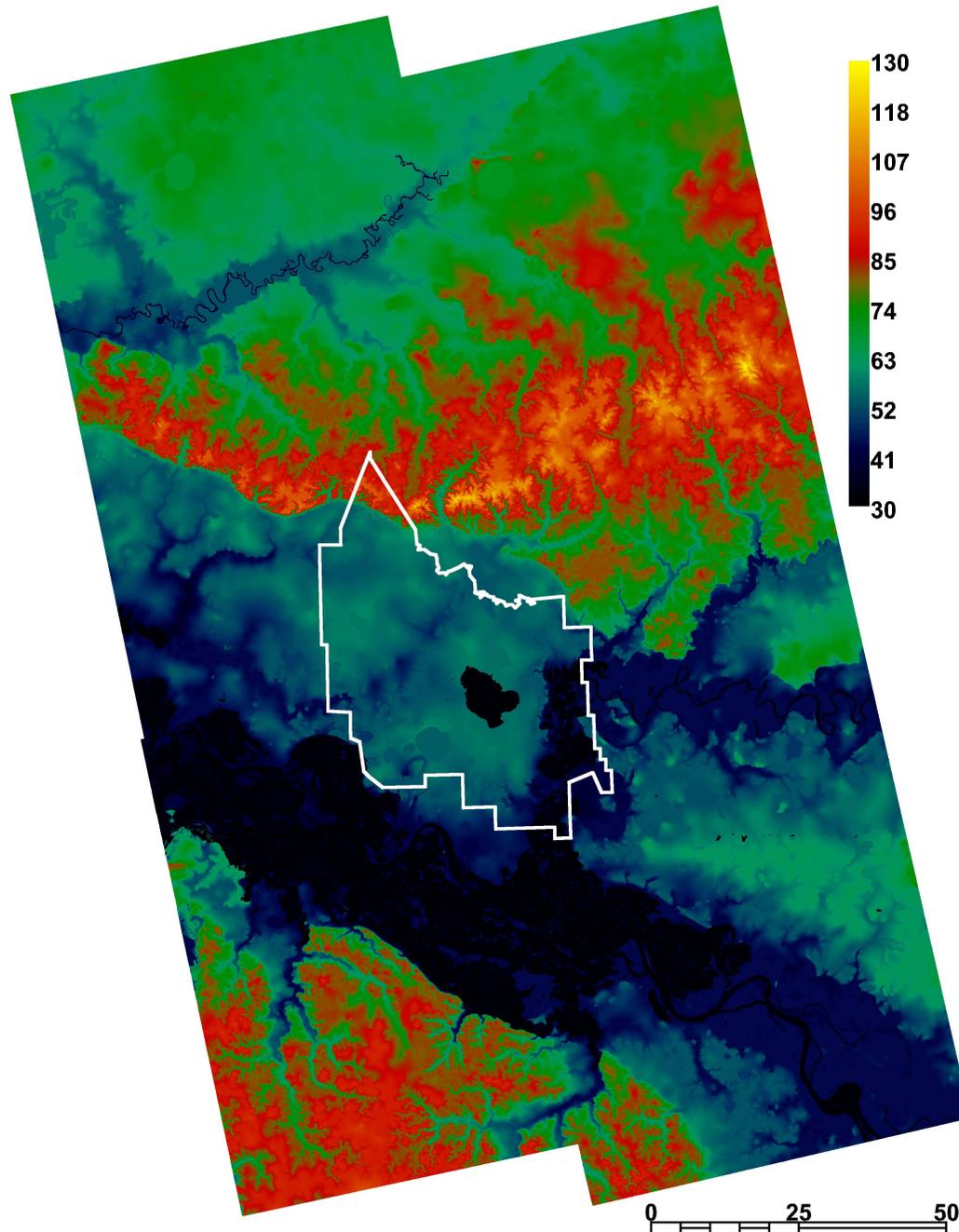


Профили вертикальных смещений через мульду оседания



Карта-схема вертикальных смещений Самотлорского месторождения за 2007-08 гг построенная методом радарной интерферометрии с наложением мульды оседания и реперов геодинамического полигона
(по данным Западно-Сибирского филиала Института нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А.Трофимука СО РАН, г.Тюмень)

Опорная цифровая модель рельефа



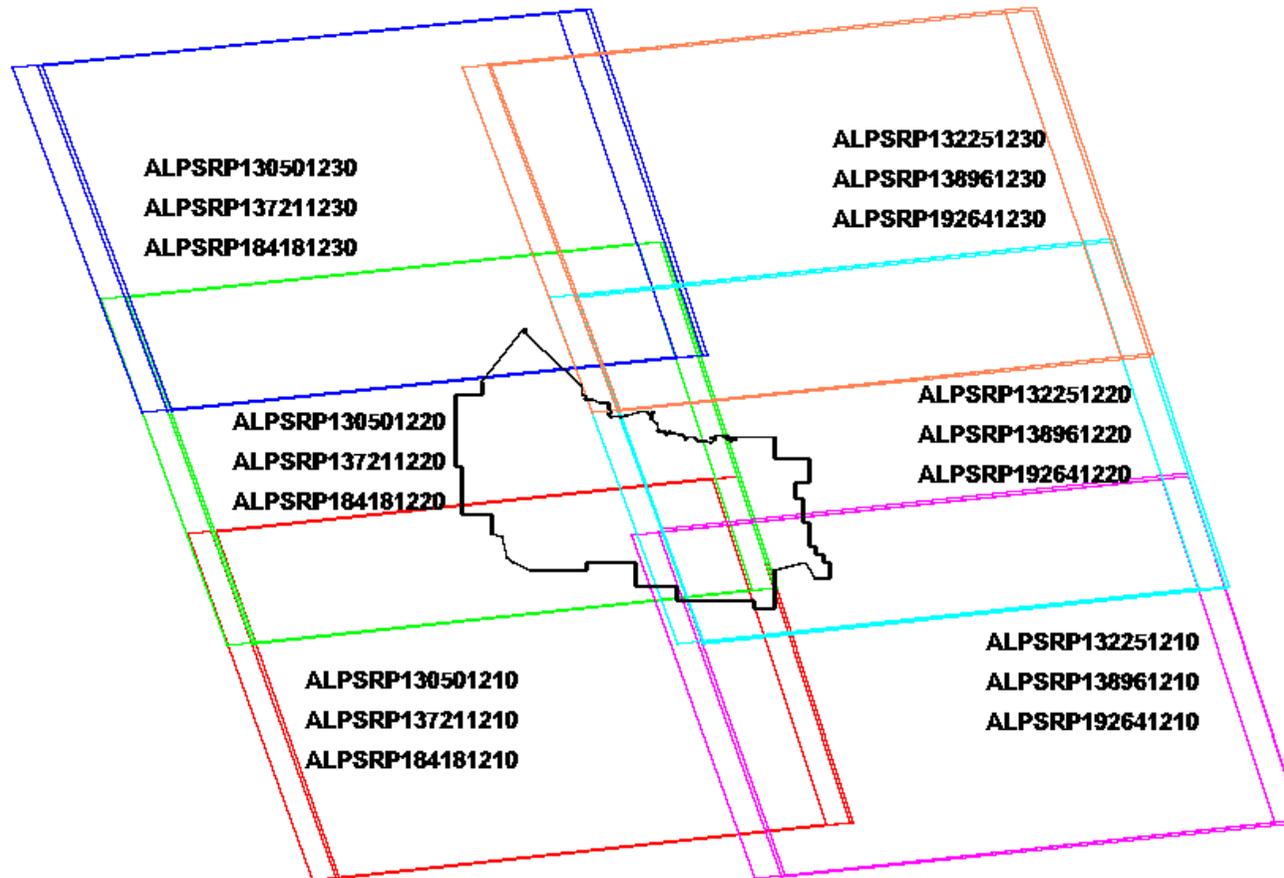
Цифровая модель рельефа, построенная путем оцифровки топоосновы масштаба 1:100000.

Точность по высоте 10м.

Универсальная проекция меркатора зона 43, плановое разрешение 50м.

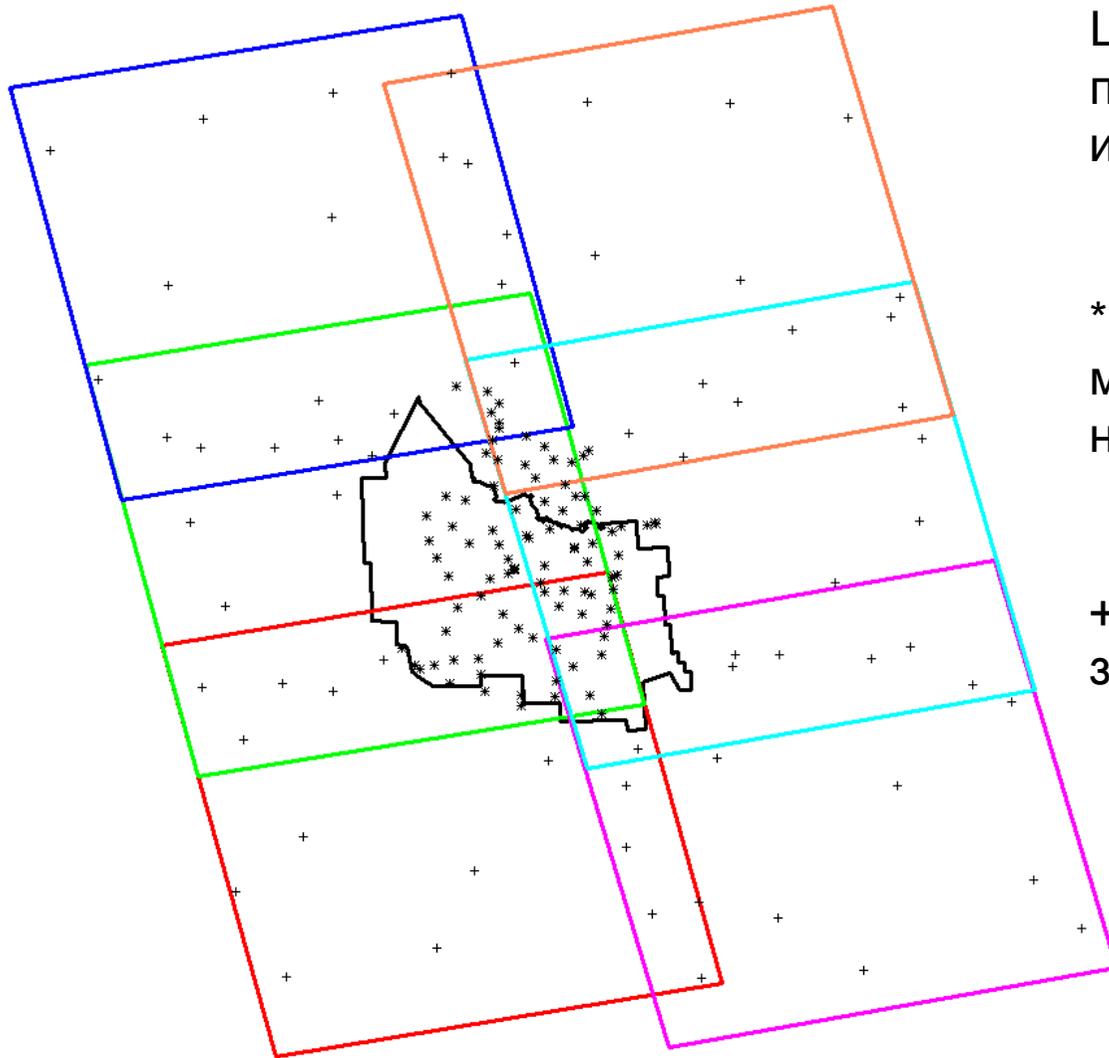
Топографические пары ALOS\PALSAR обладали низкой когерентностью, что не позволило построить опорную ЦМР интерферометрическим методом.

Зона покриття снимками ALOS/PALSAR 2008-09гг.



Дати съемок: 06.07.2008, 21.08.2008
18.07.2008, 02.09.2008
09.07.2009, 05.09.2009

Калибровка значений смещений

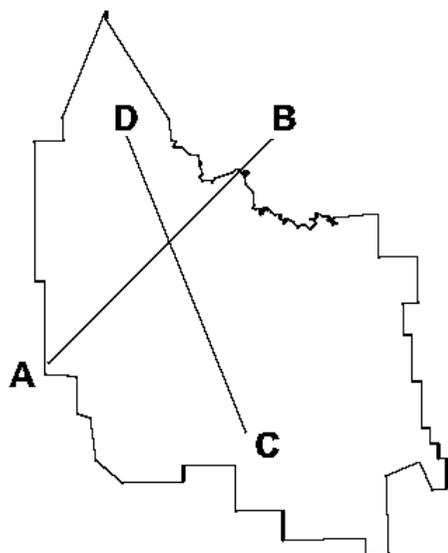


Цветом выделены карты смещений, полученные в результате интерферометрической обработки.

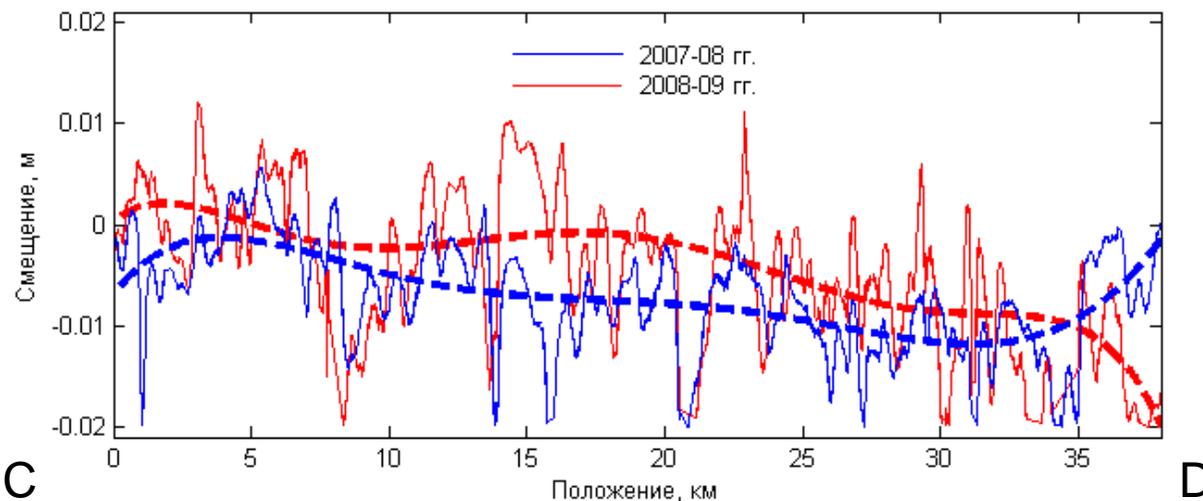
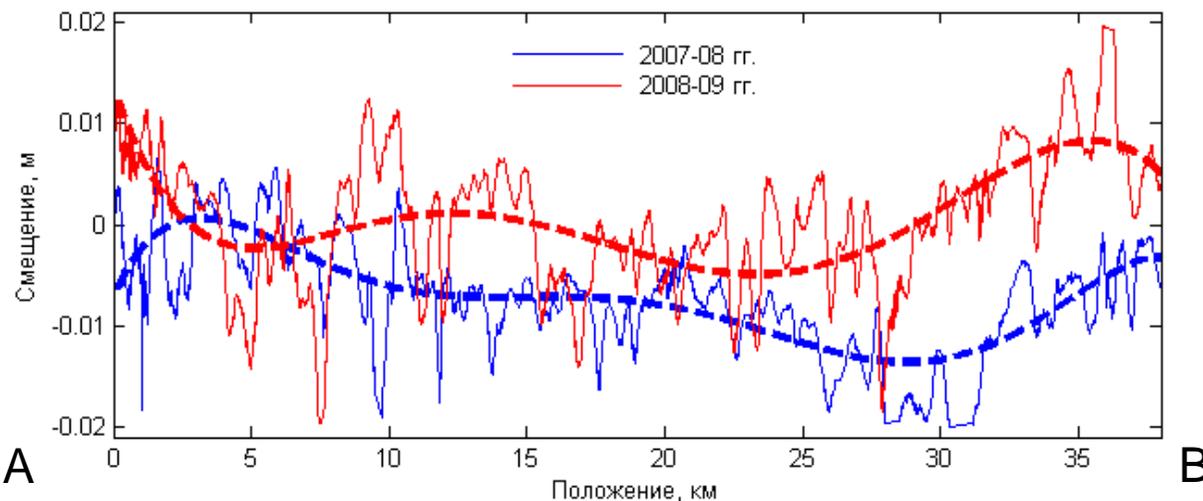
* - наземные опорные точки по материалам геодезической съемки на СГДП за 2008-09 гг.

+ - опорные точки с нулевыми значениями смещений

Сравнение вертикальных смещений за разные годы измерений



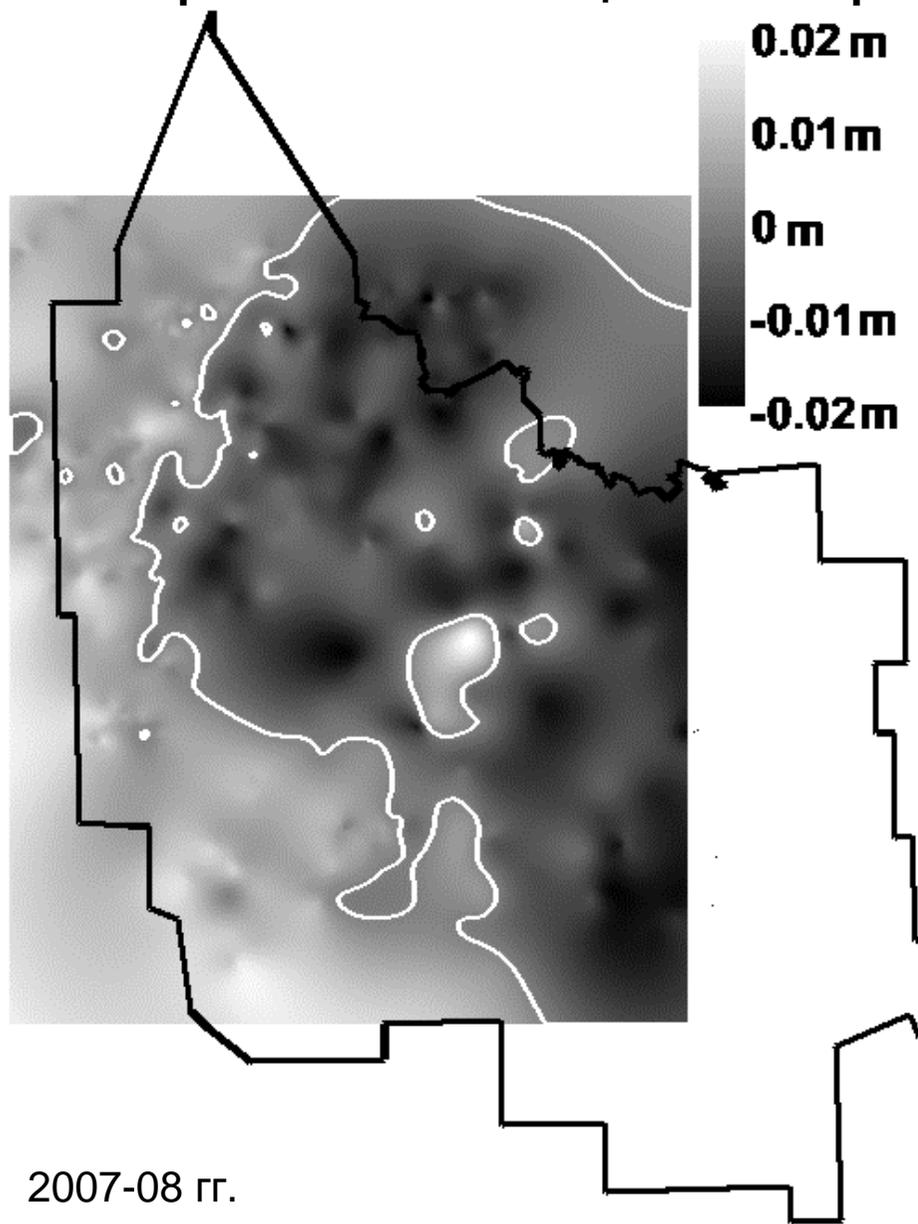
Расположение пространственных профилей в границах Самотлорского месторождения



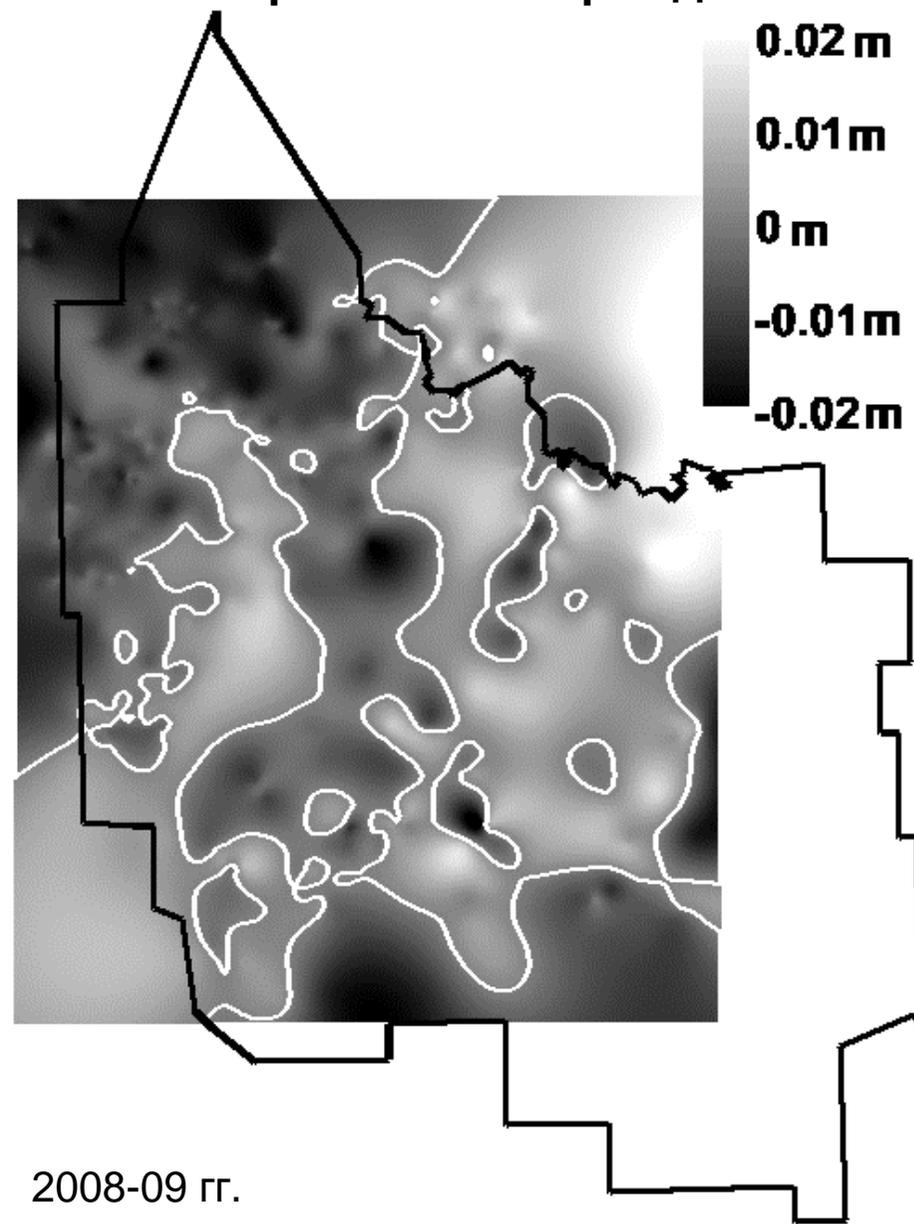
Вертикальные смещения вдоль профилей, полученные методом радарной интерферометрии

- тонкие линии — смещения, полученные методом радарной интерферометрии
- прерывистые линии — результат дополнительной интерполяции

Вертикальные смещения поверхности Самотлорского месторождения



Результат двумерной интерполяции отдельных значений смещений, соответствующих областям интерферограммы с когерентностью > 0.75



Контуром белого цвета выделена нулевая изогипса вертикальных смещений земной поверхности.

Даты съемки:

30.01.2007

18.12.2007

02.02.2008

20.12.2008

04.02.2009

23.12.2009 – master сцена

07.02.2010

Перпендикулярные Временные

базовые линии:

-1405 м

1328 м

2115 м

-3297 м

-2550 м

696 м

базы:

-1058 суток

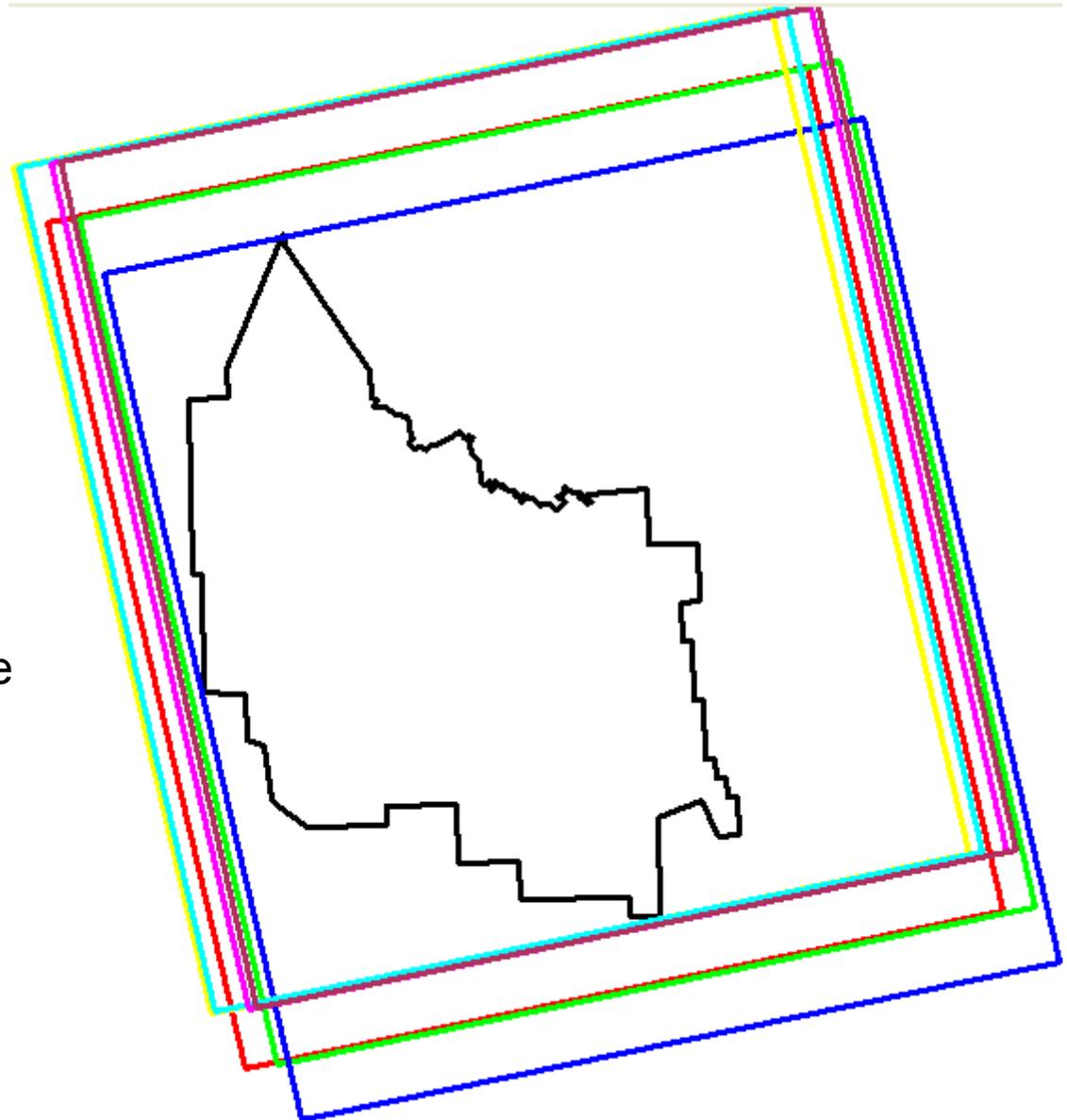
-736 суток

-690 суток

-368 суток

-322 суток

46 суток



Метод обработки дифференциальных интерферограмм

$$\begin{aligned} \underline{\Phi} &= \underline{a}\mathbf{1}^T + \underline{p}_\xi \underline{\xi}^T + \underline{p}_\eta \underline{\eta}^T + \underline{B}\underline{q}^T + \underline{T}\underline{v}^T + \underline{E} \\ \underline{\Delta\Phi} &= \underline{a}\mathbf{1}^T + \underline{p}_\xi \underline{\xi}^T + \underline{p}_\eta \underline{\eta}^T + \underline{B}\underline{\Delta q}^T + \underline{T}\underline{v}^T + \underline{E} \end{aligned}$$

Решение нелинейной системы

Начальные значения

$$\underline{\Delta\Phi}^{(0)} = \underline{\Delta\Phi} \quad \underline{\Delta q}^{(0)} = \underline{\delta q}^{(0)} = \underline{v}^{(0)} = \underline{\delta v}^{(0)} = \underline{0}$$

Следующие значения счетчика и искомым переменных

$$\begin{aligned} n &= n + 1 \\ \underline{\Delta q}^{(n)} &= \underline{\Delta q}^{(n-1)} + \underline{\delta q}^{(n-1)} \\ \underline{v}^{(n)} &= \underline{v}^{(n-1)} + \underline{\delta v}^{(n-1)} \end{aligned}$$

Условия сходимости

$$\begin{aligned} n > 1 \quad \left\| \underline{\Delta q}^{(n)} - \underline{\Delta q}^{(n-1)} \right\|_{L^\infty} &< T_q \\ \left\| \underline{v}^{(n)} - \underline{v}^{(n-1)} \right\|_{L^\infty} &< T_v \end{aligned}$$

Новое значение интерферометрической фазы

$$\underline{\Delta\Phi}^{(n)} = \underline{\Delta\Phi} - \left(\underline{b} \cdot \underline{\Delta q}^{(n)T} + \underline{T} \underline{v}^{(n)T} \right)$$

Расчет изменения фазы вследствие атмосферы

$$\begin{aligned} \left\{ p_{\xi k}^{(n)}, p_{\eta k}^{(n)} \right\} &= \arg \max_{p_{\xi k}, p_{\eta k}} \left\{ \left| \Gamma_k^{(n)}(p_{\xi k}, p_{\eta k}) \right| \right\} \\ a_k^{(n)} &= \Delta \Gamma_k^{(n)} \end{aligned}$$

$$\Gamma_k^{(n)} = \frac{1}{H} \sum_{h=1}^H e^{j\Delta\Phi_{kh}^{(n)}} \cdot e^{-j(p_{\xi k}\xi_h + p_{\eta k}\eta_h)}$$

Значение интерферометрической фазы с учетом атмосферы

$$\begin{aligned} \underline{\Delta\Phi}^{(n-NoPlane)} \\ = \underline{\Delta\Phi}^{(n)} - \left(\underline{a}^{(n)}\mathbf{1}^T + \underline{p}_\xi^{(n)} \underline{\xi}^T + \underline{p}_\eta^{(n)} \underline{\eta}^T \right) \end{aligned}$$

Расчет изменения ошибки высоты и скорости

$$\left\{ \delta q_h^{(n)}, \delta v_h^{(n)} \right\} = \arg \max_{\Delta q_h, v_h} \left\{ \left| \gamma_h(\delta q_h, \delta v_h) \right| \right\}$$

$$\begin{aligned} \gamma_h &= \frac{1}{K} \sum_{k=1}^K \left| \Gamma_k^{(n)} \right| \cdot e^{j\Delta\Phi_{kh}^{(n-NoPlane)}} \\ &\cdot e^{-j(C_q B_k \cdot \delta q + C_v T_k \cdot \delta v)} \end{aligned}$$

$$C_q = 4\pi/\lambda R \sin \alpha \quad C_v = 4\pi/\lambda$$