

Оценка опасности возникновения мегаземлетрясения в районе желоба Нанкай (Япония) по данным ГНСС- наблюдений

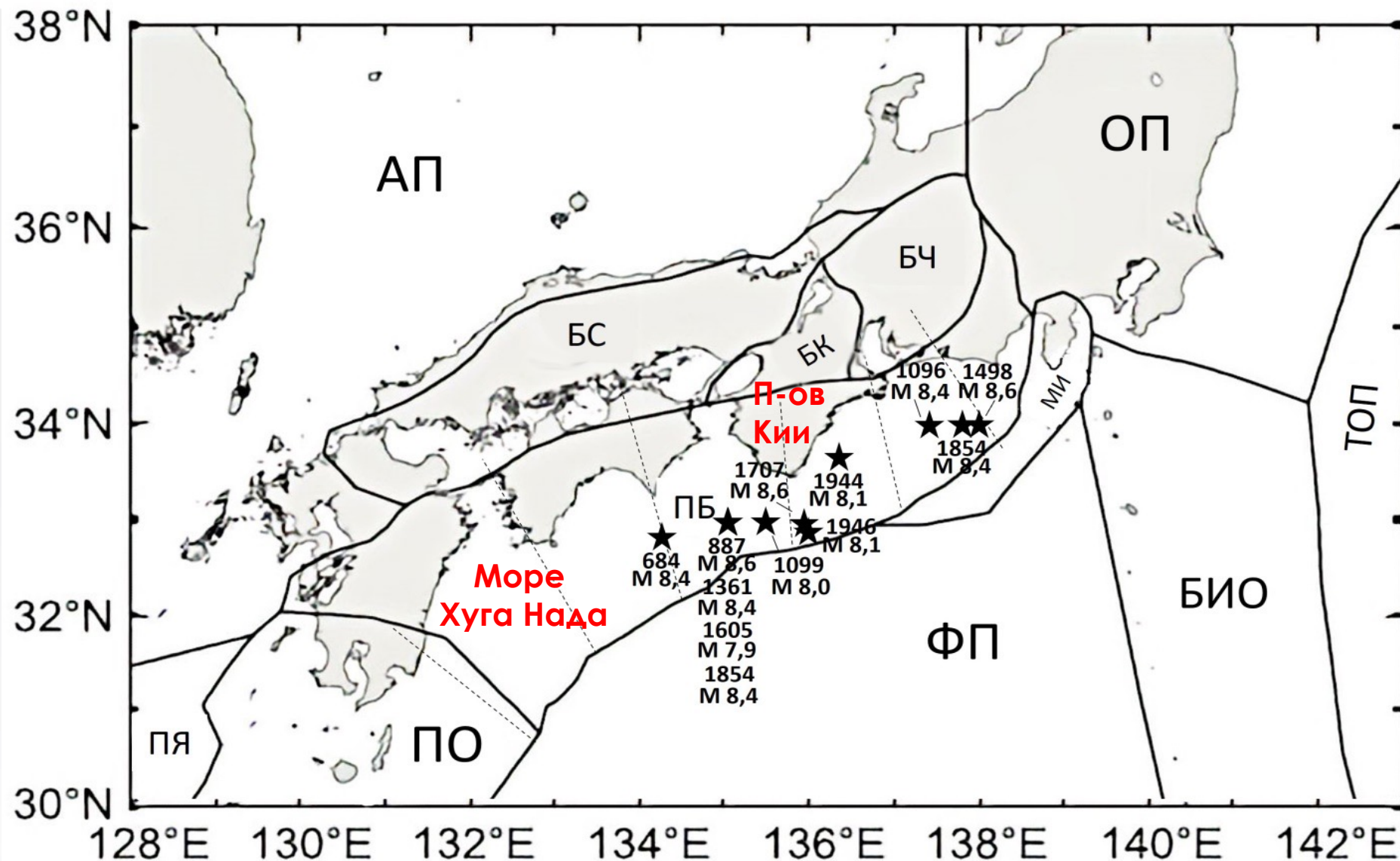
Кафтан В.И.¹, Мельников А.Ю.², Докукин П.А.²

¹Геофизический центр РАН, ²Российский университет дружбы народов

Современные методы оценки сейсмической опасности и прогноза землетрясений
22 — 23 октября 2025
ИТПЗ РАН г. Москва

- Средний интервал возникновения катастрофических землетрясений в регионе всего Японского архипелага составляет 12.5 лет.
- Для области желоба Нанкай средняя повторяемость подобного события составляет 110 лет.
- На всем протяжении региона Нанкай на более продолжительных временных масштабах повторяемость событий изменяется от 100 до 700 лет.
- Зоны разрывов от 8 из 12 сильнейших землетрясений Преддугового тектонического блока тяготеют к п-ову Кии.
- Катастрофические землетрясения в исторический период не происходили в западном окончании желоба Нанкай в районе моря Хюга Нада. Этот факт можно трактовать как наличие продолжительной сейсмической бреши.
- Моделирование процессов подготовки сильнейших землетрясений позволило установить, что сильнейшие землетрясения возле желоба Нанкай всегда начинаются с разрывов у полуострова Кии [Hirahara et al., 2006].
- Интервал повторяемости событий вблизи о-ва Кии составляет 160 ± 75 лет. С вероятностью 68% именно здесь можно ожидать мегаземлетрясение в 2031-2181 гг.

Блоковая тектоника и исторические мега-землетрясения региона Нанкай. [Hirahara et al., 2006; Garrett et al., 2016]



Временные ряды координат ГНСС-станций сети GEONET Японии:

- Определение координат осуществлено Геодезической лабораторией Невады. Данные получены с интернет архива [Blewitt G., Hammond W. C., Kreemer C. *Harnessing the GPS data explosion for interdisciplinary science* // *Eos*. 2018. V.99. <https://doi.org/10.1029/2018EO104623>]
- Временные ряды с ежесуточным разрешением. Координаты получены по стратегии PPP.

Временные ряды координат донных станций сети GPS/Acoustic Департамента гидрографии и океанографии Японии:

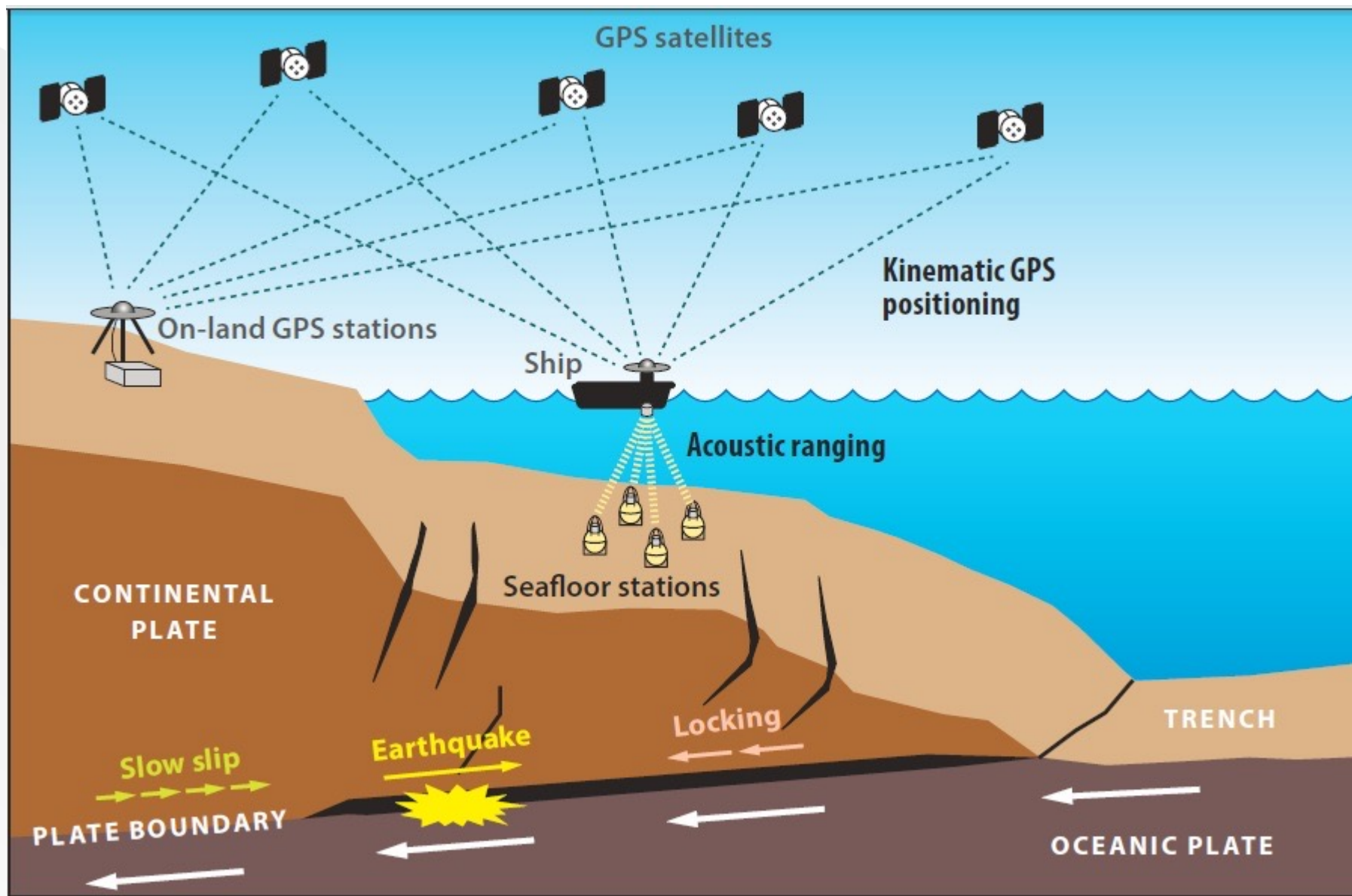
- Временные ряды нерегулярных определений координат с частотой в среднем 3 раза в ГОД [Yokota, Y., Ishikawa, T., & Watanabe, S. *PANGAEA* <https://doi.org/10.1594/PANGAEA.885139> (2018)].
- Мерой точности принята повторяемость результатов. Она составила 3 см в плане и 9 см по высоте.

Каталог землетрясений за период ГНСС измерений:

- Центр NEIC Геологической службы США.

Цифровые данные об активных разломах:

- Программа Глобальная модель землетрясений GEM Global Active Faults | Global Earthquake Model Hazard blog [R. Styron, M. Pagani, *The GEM Global Active Faults Database, Earthquake Spectra* 2020, Vol. 36(S1) 160–180, DOI: 10.1177/8755293020944182]



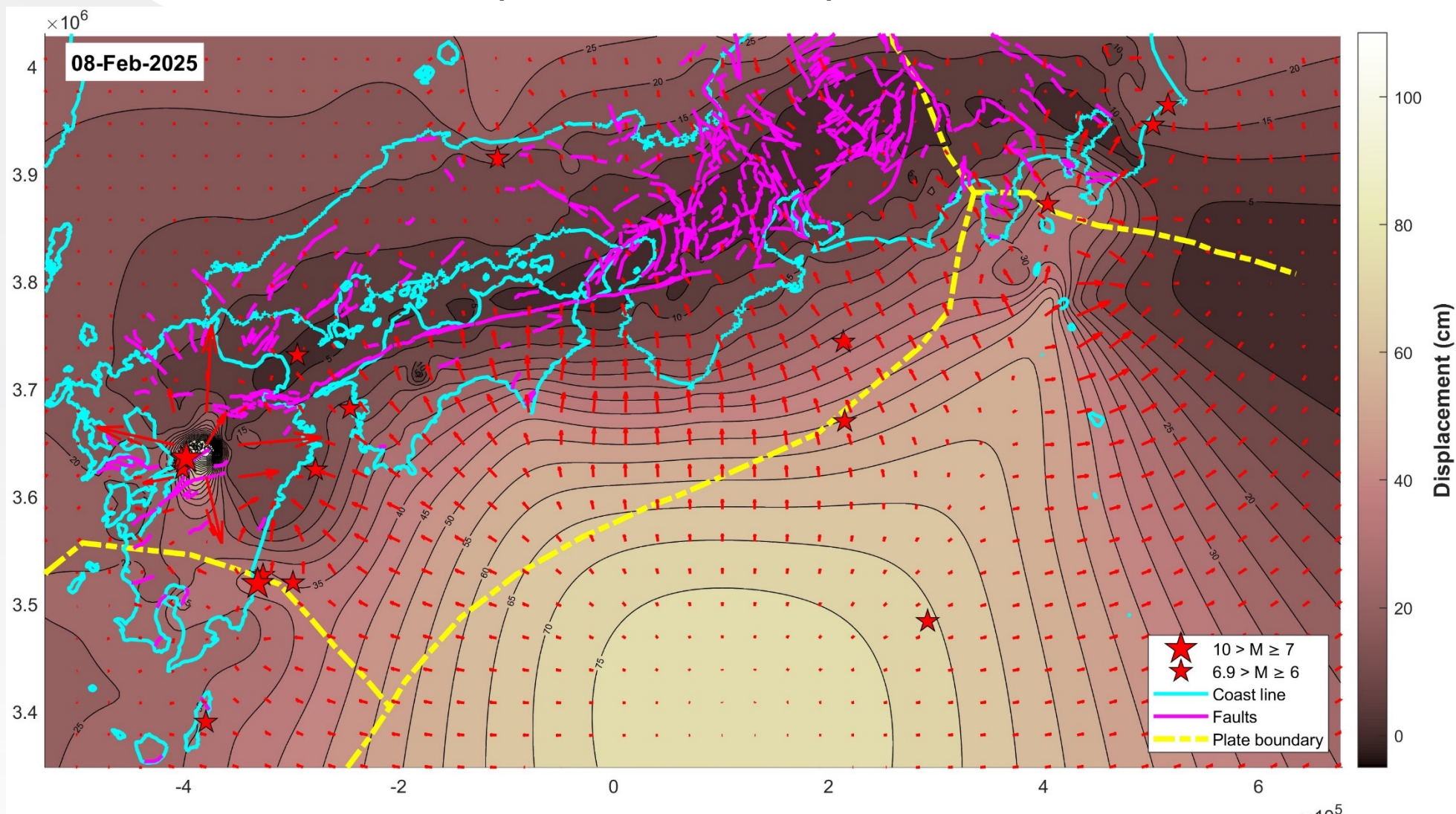
Получение синоптических карт и анимаций распределения движений и деформаций земной коры

Вычисляются следующие характеристики горизонтальных движений и деформаций земной коры с временным интервалом 1 сутки

- Модули векторов накопленных внутренних смещений ГНСС-станций. Путем вычитания общих однонаправленных векторов смещений.
- Конечные элементы анализа горизонтальных деформаций земной коры – треугольники триангуляции Делоне контрольной сети станций ГНСС.
- Деформация дилатации – площадного сжатия/растяжения конкретного треугольника.
- Деформация полного сдвига конкретного треугольника.
- Двумерная интерполяция значений деформации конечных элементов бигармоническими сплайнами. Она позволяет покрывать изолиниями территории не охваченные станциями наблюдений, что является критичным.
- Объединение кадров полей внутренних движений и горизонтальных деформаций в единую синоптическую анимацию.

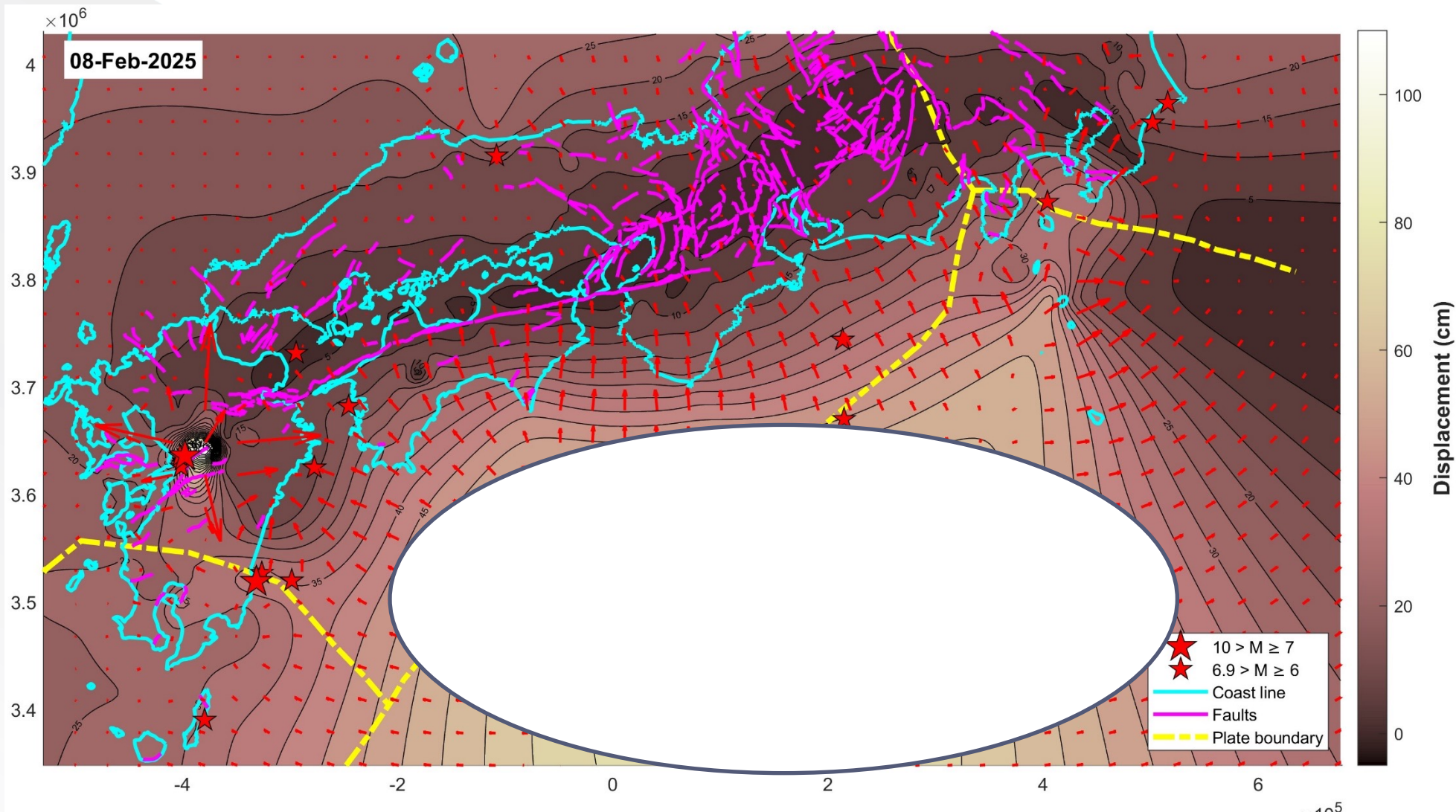
Дефицит внутренних движений с использованием наземной сети GEONET (2012-2025 гг.)

Область ближайшая к желобу Нанкай наиболее подвижна, что не предполагает высокой сейсмической опасности в этом районе. Но контрольная сеть не включает донные ГНСС.



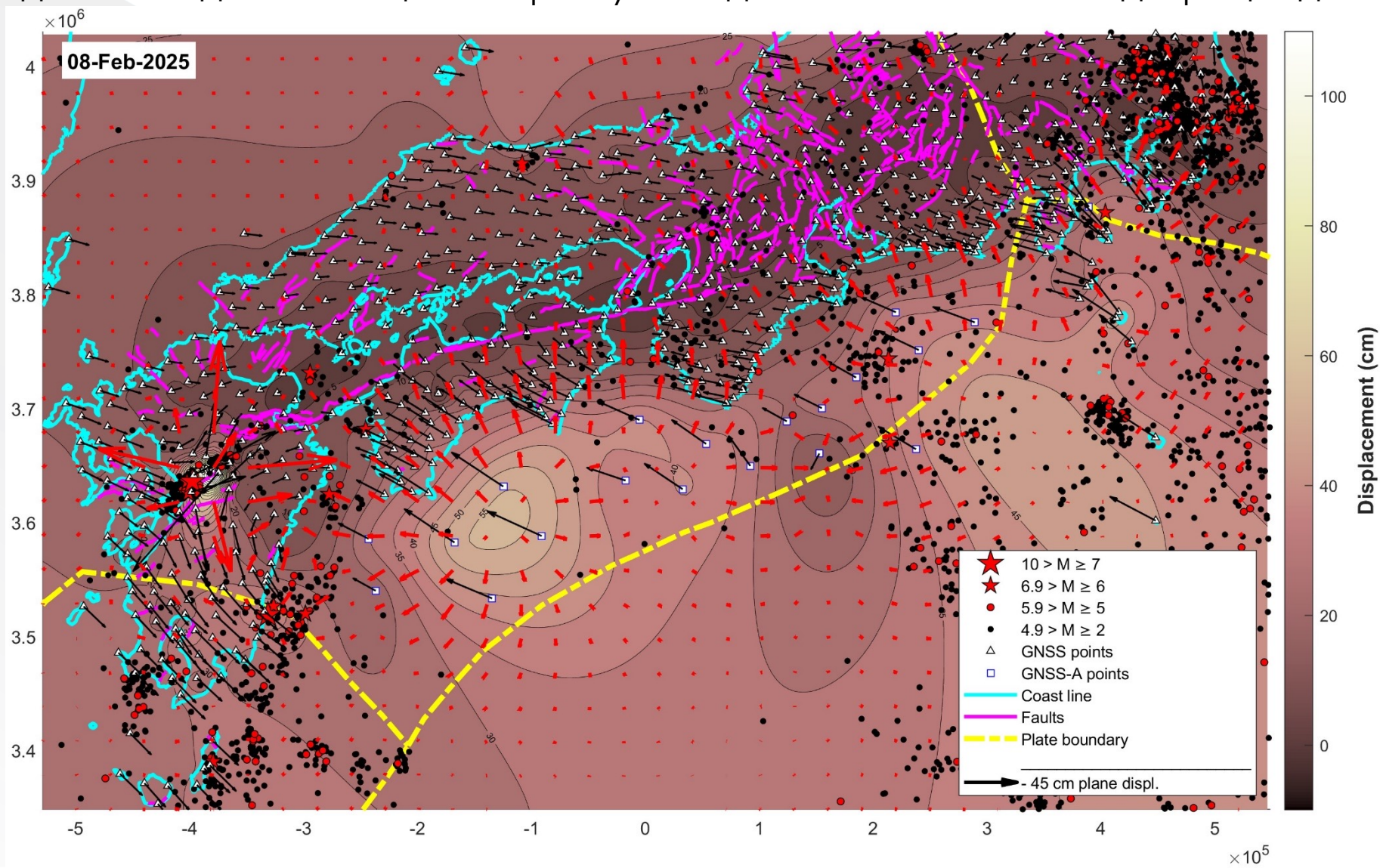
Дефицит внутренних движений с использованием наземной сети GEONET (2012-2025 гг.)

Область ближайшая к желобу Нанкай наиболее подвижна, что не предполагает высокой сейсмической опасности в этом районе. Но контрольная сеть не включает донные ГНСС.

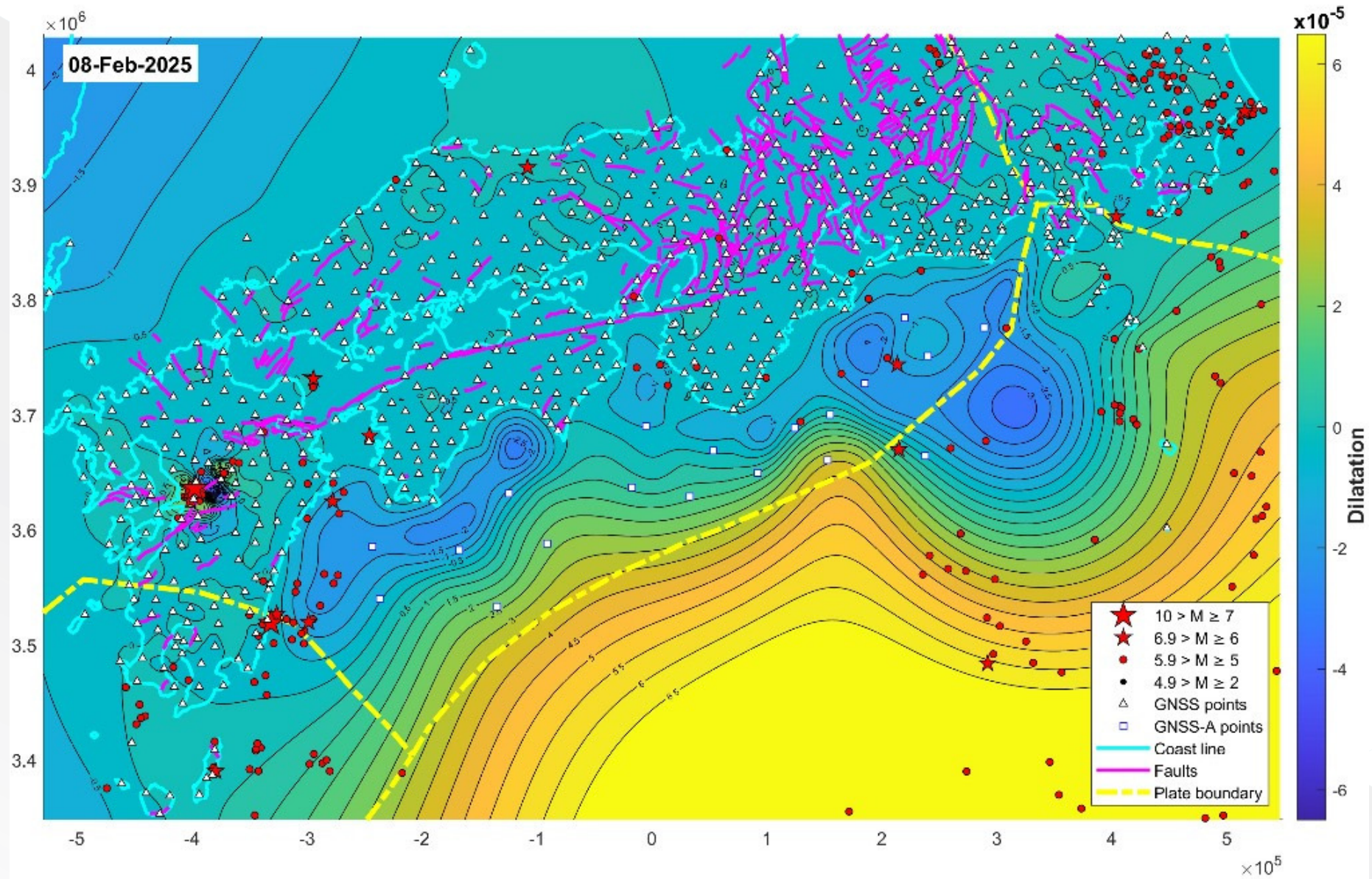


Дефицит внутренних движений с использованием наземной сети GEONET и донной сети GPS/Acoustic (2012-2025 гг.)

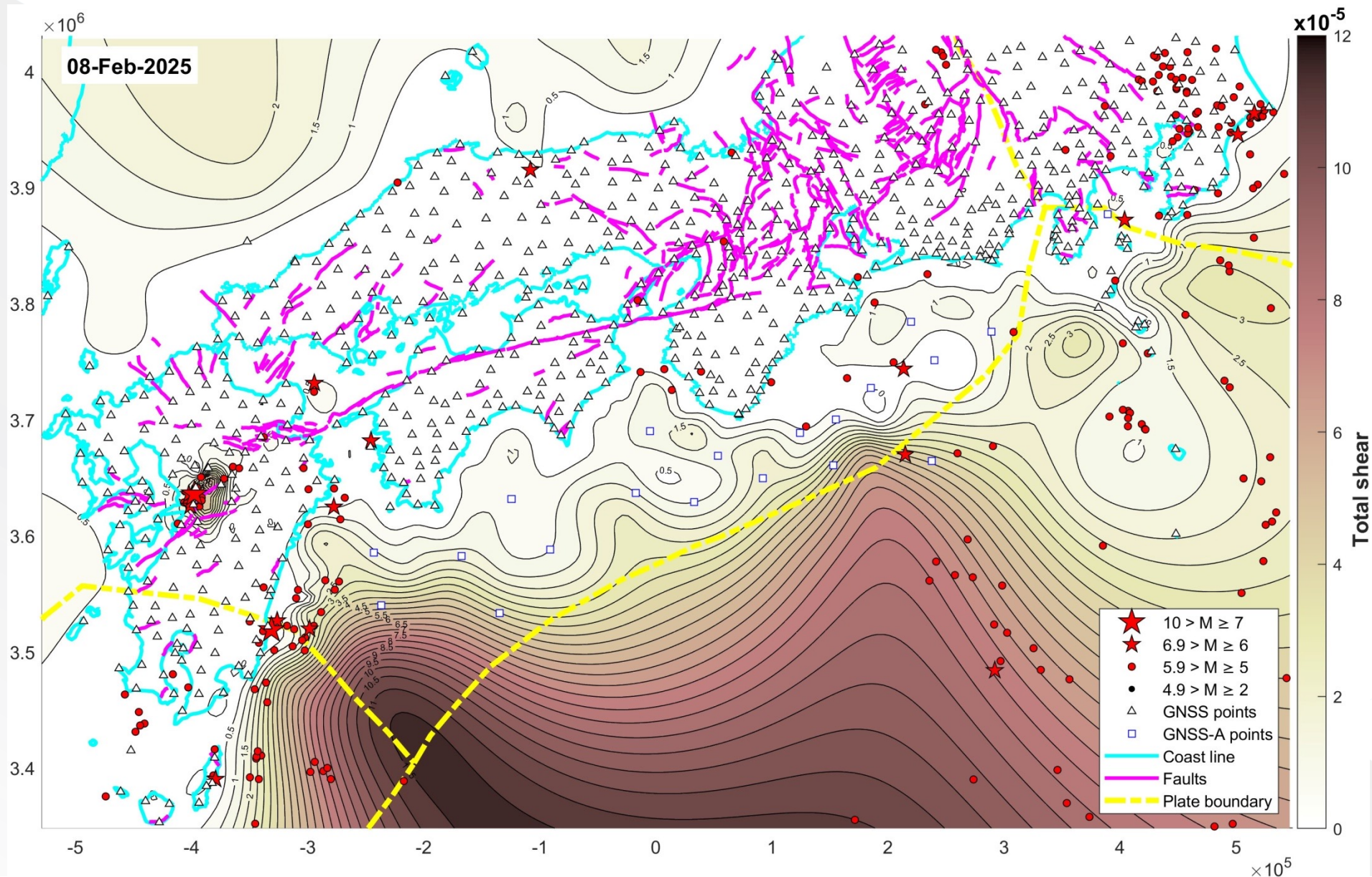
- Юго-восточнее п-ова Кии имеется область дефицита движений, обусловленная поведением одной станции. Море Хуга Нада также испытывает дефицит движений.



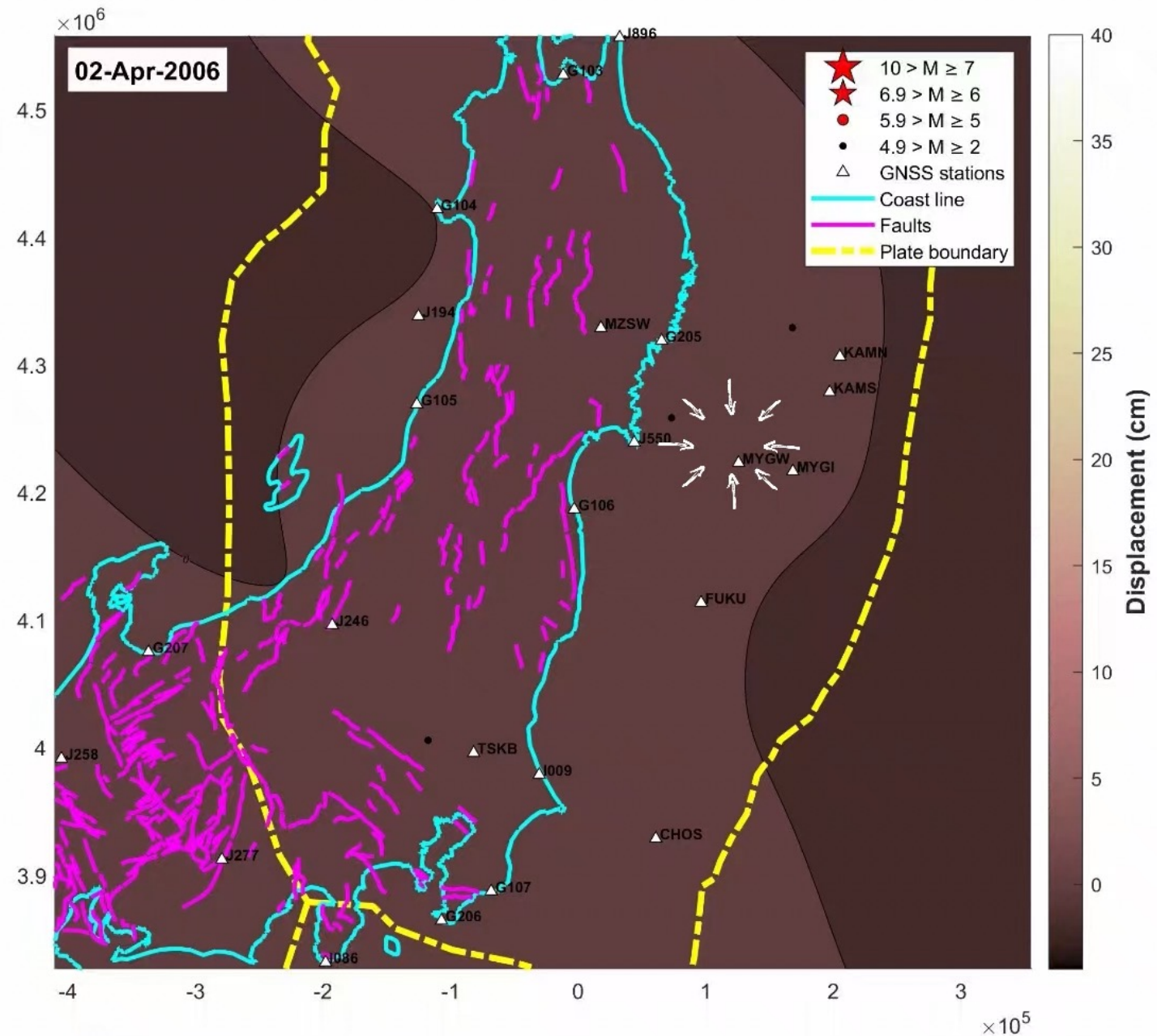
Деформация дилатации с использованием наземной сети GEONET и донной сети GPS/Acoustic (2012-2025 гг.)



Деформация полного сдвига с использованием наземной сети GEONET и донной сети GPS/Acoustic (2012-2025 гг.)



Дефицит
внутренних
движений перед
землетрясением
Тохоку (2011 г.),
накопленный за
7 лет до события.



Выводы

- Результаты обработки региональной наземной сети ГНСС показали, что такая сеть не реагирует на деформационные процессы в акватории моря.
- Совместный анализ земных и донных ГНСС-наблюдений показал наличие запертой зоны на шельфе Японского архипелага примерно в сотне км к юго-востоку от п-ова Кии. К этой области также приурочены сейсмические разрывы большинства исторических мегаземлетрясений.
- Деформация дилатации – площадного сжатия/растяжения продемонстрировала наличие интенсивного сжатия вдоль береговой линии островов Японского архипелага, почти в точности описывая береговую линию. Это наводит на мысль о влиянии различий реологии суши и обводненных территорий на интенсивность деформаций земной коры.
- Деформация полного сдвига наиболее ярко проявилась в областях произошедших сильных землетрясений.
- Акватория юго-восточнее п-ова Кии и моря Хуга Нада, по нашим предположениям, являются наиболее вероятными местами ожидания будущих мегаземлетрясений.

Благодарю за внимание