

В. А. Петручок¹✉

Определение изменения скоростей движения земной коры на о. Сахалин после землетрясения 30.07.2025 по результатам ГНСС-наблюдений

¹Сибирский государственный университет геосистем и технологий,
г. Новосибирск, Российская Федерация
e-mail: vladenbob@yandex.ru

Аннотация. В статье рассматривается характер изменения скорости движения земной коры на острове Сахалин после землетрясения 30 июля 2025 года магнитудой 8,8, эпицентр которого располагался вблизи полуострова Камчатка. Были проанализированы данные наблюдений 17 дифференциальных геодезических станций (ДГС) сетей EFT CORS и PrinNet за 7 месяцев. Весь период наблюдений разделен на две части: до землетрясения (4 месяца) и после него (3 месяца). В результате исследования выявлена резкая смена направления движения пунктов и значений их скоростей. До землетрясения земная кора острова поднималась со скоростью до 41,1 мм/год, после началось ее опускание со скоростью -67,3 мм/год, сохранявшееся в последующие 3 месяца наблюдений. Полученные результаты подтверждают изменения направления и величин скоростей смещения геодезических пунктов в сейсмоактивных регионах.

Ключевые слова: геодинамика, движение земной коры, дифференциальные геодезические станции, скорости смещений станций

V. A. Petruchok¹ ✉

Determination of the change in the velocities of the Earth's crust on Sakhalin Island after the earthquake of 30.07.2025 based on the results of GNSS observations

¹ Siberian State University of Geosystems and Technologies, Novosibirsk, Russian Federation
e-mail: vladenbob@yandex.ru

Abstract. This article examines the nature of changes in the speed of movement of the earth's crust on Sakhalin Island after the earthquake of July 30, 2025 with a magnitude of 8.8, the epicenter of which was located near the Kamchatka Peninsula. The observation data of 17 differential geodetic stations (DGS) of the EFT CORS and PrinNet networks for 7 months were analyzed. The entire observation period is divided into two parts: before the earthquake (4 months) and after it (3 months). As a result of the study, a sharp change in the direction of movement of points and the values of their speeds was revealed. Before the earthquake, the island's crust was rising at a rate of up to 41.1 mm/year, after which it began to sink at a rate of -67.3 mm/year, which persisted for the next 3 months of observations. The results obtained confirm the changes in the direction and magnitude of the displacement rates of geodetic points in seismically active regions.

Keywords: geodynamics, motion of the Earth's crust, differential geodetic stations, station displacement velocities

Введение

Остров Сахалин находится на границе взаимодействия Амурской и Охотской литосферных плит, что является одной из причин активной геодинамики региона (рис. 1). В настоящее время для отслеживания движений земной коры региона эффективно использовать сети постоянно действующих базовых станций, они позволяют с субсантиметровой точностью фиксировать смещения земной коры в режиме реального времени.

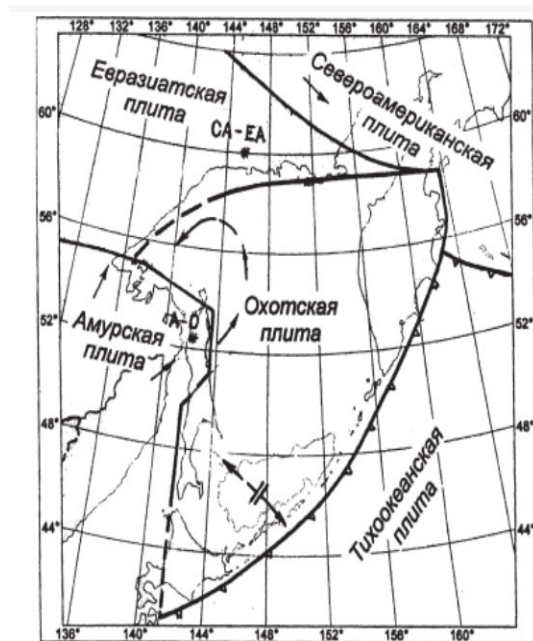


Рис. 1. Границы литосферных плит в районе о.Сахалин [1]

В настоящем исследовании произведен анализ изменения скоростей смещений земной коры на территории о.Сахалин с апреля по октябрь 2025 года. Произведена оценка изменения координат 17 пунктов ДГС сетей EFT CORS [2] и PrinNet [3]. Выявлено влияние сейсмического события 30 июля 2025 года на изменение вертикальных и горизонтальных составляющих скоростей.

Анализ влияния сейсмического события на результаты определения скоростей пунктов проводился путем сопоставления линейных трендов, полученных до землетрясения и после.

Данные и методы исследования

В данной статье рассматривается период 4 месяца до и 3 месяца после землетрясения 30 июля 2025 года магнитудой 8,8 у побережья полуострова Камчатка (рис. 2) [4], оценивается влияние сильного сейсмического события на земную поверхность о. Сахалин, расположенного на расстоянии около 1150 км от эпицентра.

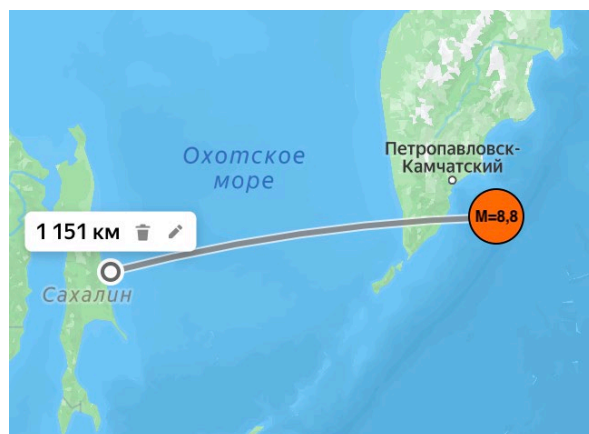


Рис. 2. Эпицентр землетрясения на Камчатке 30 июля 2025

Станции, которые использовались в исследовании, включены в состав крупных российских сетей EFT CORS и PrinNet, их расположение на территории о. Сахалин приведено на рисунке 3.

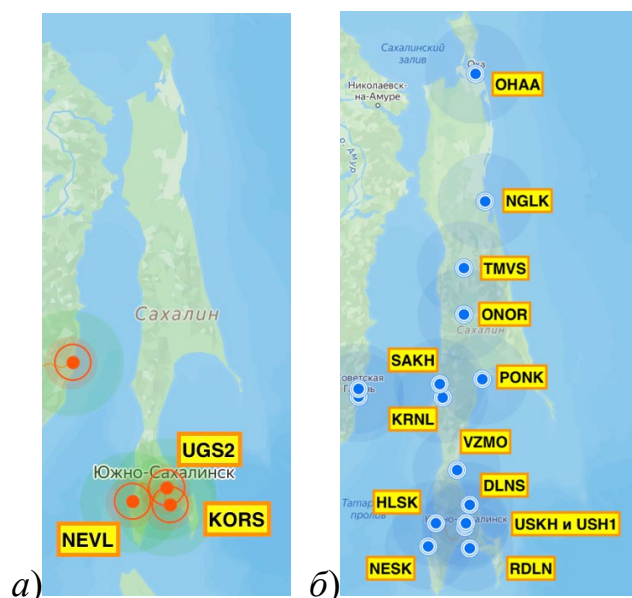


Рис. 3. Карта о. Сахалин а) расположение ДГС EFT-CORS;
б) расположение ДГС PrinNet

В исследовании проводился сбор суточных RINEX-файлов измерений на каждый седьмой день в период с 4 апреля по 31 октября 2025 года. Полученный массив измерений был разделен два набора данных:

- до землетрясения (с апреля по июль 2025 года, этот период характеризуется спокойным состоянием земной коры);
- после землетрясения (с августа по октябрь 2025 года).

Обработка данных проводилась в онлайн-сервисе CSRS-PPP [5].

Для каждого пункта по координатам (X, Y, Z) были построены линейные тренды. Скорость движения пункта определялась, как угол наклона аппроксимирующей прямой и переводилась в топоцентрические компоненты скоростей (V_E, V_N, V_U) по формулам

$$\mathbf{R} = \begin{bmatrix} -\sin L & -\sin B \cos L & \cos B \cos L \\ \cos L & -\sin B \sin L & \cos B \sin L \\ 0 & \cos B & \sin B \end{bmatrix}, \quad (1)$$

$$\begin{bmatrix} V_E \\ V_N \\ V_U \end{bmatrix} = \mathbf{R}^T \cdot \begin{bmatrix} V_X \\ V_Y \\ V_Z \end{bmatrix}, \quad (2)$$

где $\mathbf{R}$ – матрица преобразования топоцентрических координат в экваториальные;

$\mathbf{R}^T$ – транспонированная матрица поворота;

V_X, V_Y, V_Z – компоненты вектора скорости движения точки, мм/год.

Такой подход позволяет наглядно оценить и сравнить движение земной коры до и после землетрясения.

Результаты исследования

В результате математической обработки были получены топоцентрические компоненты смещения двух периодов измерений (до и после землетрясения), результаты приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Смещение ДГС для двух периодов наблюдений

Станция (Сеть)	Смещения станций до землетрясения (с 4 апреля по 25 июля 2025 года)			Смещение станций после землетрясения (с 1 августа по 31 октября 2025 года)		
	V_E , мм/год	V_N , мм/год	V_U , мм/год	V_E , мм/год	V_N , мм/год	V_U , мм/год
DLNS (PrinNet)	48,4	-26,8	32,5	-22,3	20,6	-24,5
HLSK (PrinNet)	15,1	-17,8	8,3	2,5	-5,3	0,6
KRNL (PrinNet)	-1,2	20,1	8,4	18,1	26,9	-57,0
NESK (PrinNet)	18,3	-20,3	19,2	7,1	-5,6	-67,3
NGLK (PrinNet)	27,3	-17,3	30,5	55,3	-14,6	-43,9
OHAA (PrinNet)	24,1	-22,4	31,6	55,0	-11,7	-56,4
ONOR (PrinNet)	10,3	-19,1	37,2	43,9	-10,3	-31,5
PONK (PrinNet)	14,4	-21,6	38,3	41,4	8,5	-46,9
RDLN (PrinNet)	13,7	-25,3	8,6	10,8	3,7	-44,3
SAKH (PrinNet)	27,4	-27,6	23,9	23,2	-3,0	-40,4
TMVS (PrinNet)	19,6	-11,2	34,4	27,0	-26,8	-9,4
USH1 (PrinNet)	22,6	-19,8	40,6	5,5	2,3	-56,0
USKH (PrinNet)	18,8	-15,8	23,1	9,8	2,3	-43,3
VZMO (PrinNet)	17,3	-20,6	34,2	20,6	4,3	-62,9
KORS (EFT CORS)	13,4	-14,8	24,7	-0,3	6,8	29,6
NEVL (EFT CORS)	4,4	6,5	-0,1	20,7	5,9	-54,4
UGS2 (EFT CORS)	24,9	-20,1	41,1	4,6	-1,2	-45,2

Для наглядного представления результатов были построены карты с векторами смещений ДГС для двух периодов наблюдений: до и после землетрясения (рис. 4).

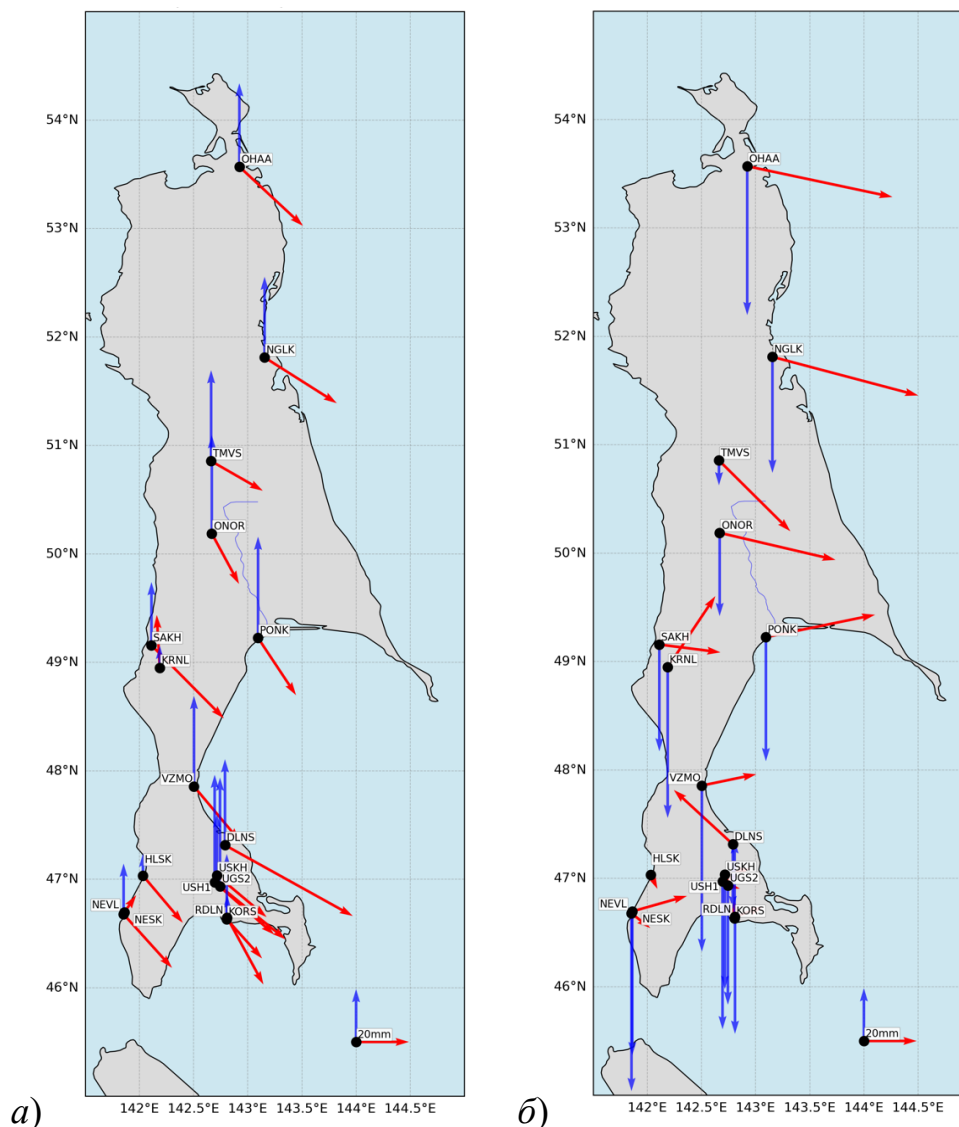


Рис. 4. Векторы смещений ДГС о.Сахалин для двух периодов: *а)* до землетрясения с апреля по июль; *б)* после землетрясения с августа по октябрь

В период с апреля по июль 2025 года смещения станций достаточно стабильны и имеют схожее направление (рис. 4*а*). Векторы горизонтальных компонент смещений преимущественно направлены на юго-восток и составляют около 30 мм/год. В то же время вертикальная составляющая указывает на поднятие земной поверхности от 8 до 41,1 мм/год (табл. 1).

В период после сейсмического события выявлено резкое изменение направления векторов смещения станций (рис. 4*б*). Зафиксирована смена направления вертикальных движений земной коры острова с поднятия на опускание. Максимальные значения вертикальных смещений зафиксированы на пунктах NESK (-

67,3 мм/год) и VZМО (-62,9 мм/год). Пункты, расположенные в северной и центральной частях острова в период после землетрясения испытывают горизонтальные смещения преимущественно восточной направленности, скорости смещений составляют от 18,1 до 55,3 мм/год. При этом на юге острова наблюдается замедление горизонтальных движений земной коры до значений около 5 мм/год. У пунктов, расположенных в этой части, после землетрясения изменилось направление горизонтальных движений. Векторы смещений в южной части острова до землетрясения имели согласованный характер, а после стали хаотичными.

Заключение

В результате проведенного исследования зафиксирована резкая смена характера движения земной коры на о. Сахалин с апреля по октябрь 2025 года. В течение семи месяцев характер деформаций региона изменился со стабильного поднятия (с апреля по июль) до интенсивного оседания (с августа по октябрь). Вертикальные смещения изменились в среднем на 60 мм/год в короткий промежуток времени.

В горизонтальной составляющей смещений выявлена неоднородность деформаций, выраженная в разнонаправленности векторов в южной, центральной и северной частях острова, что указывает на сложную блочную структуру острова. Если в северной части острова горизонтальные смещения пунктов достигают до 55,3 мм/год, то в южной части смещения снижаются до уровня 5 мм/год.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Злобин, Т. К. Охотская литосферная плита и модель эволюции системы "окраинное море - островная дуга -глубоководный желоб" / Т. К. Злобин // Вестник Дальневосточного отделения Российской академии наук. – 2006. – № 1(125). – С. 26–32. – EDN HZDLXF.
2. Федеральная сеть базовых станций. – [Электронный ресурс] // <https://eft-cors.ru/?ysclid=lp40ybon7f38282953> : [сайт]. – URL: <https://bp.eft-cors.ru/basestations> (дата обращения : 22.04.2026). – Режим доступа : общ. до-ступ.
3. Федеральная RTK-сеть базовых станций PRINNET. – [Электронный ресурс] // https://prin.ru/seti_referencyh_stancij/ : [сайт]. – URL: <https://lk.prinnet.ru/login> (дата обращения : 22.04.2026). – Режим доступа : общ. до-ступ.
4. Закупин, А. С. Прогноз землетрясений методом LURR на Сахалине в режиме реального времени. Результаты мониторинга в 2023–2025 гг. и их оценка в связи с мегаземлетрясением на Камчатке 30.07.2025, М 8.8 / А. С. Закупин // Геосистемы переходных зон. – 2025. – Т. 9, № 3. – С. 256–264. – DOI 10.30730/gtrz.2025.9.3.256-264. – EDN EAAZGL.
5. Canadian Spatial Reference System Precise Point Positioning (CSRS-PPP). – [Электронный ресурс] // <https://www.canada.ca/en.html> : [сайт]. – URL: <https://webapp.geod.nrcan.gc.ca/geod/tools-outils/ppp.php> (дата обращения : 22.04.2026). – Режим доступа : для авториз. пользователей.

© В. А. Петручок, 2026