

ХАРАКТЕРИСТИКИ ОЧАГОВ СИЛЬНЕЙШИХ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ НА ПРИМЕРЕ КАМЧАТСКОГО МЕГАЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ

А. А. Скоркина^{1,*}, А. А. Остапчук², Д. В. Чебров³, П. Н. Шебалин¹

¹Институт теории прогноза землетрясений и математической геофизики Российской академии наук, Москва, Россия

²Институт динамики геосфер имени академика М. А. Садовского Российской академии наук, Москва, Россия

³Камчатский филиал Федерального Исследовательского Центра Единой Геофизической Службы, Петропавловск-Камчатский, Россия

*E-mail: anna@mitp.ru

Камчатское мегаземлетрясение M_w 8.8 29 июля 2025 г. стало первым землетрясением, записанным сетью акселерометров в ближней зоне за всю историю сейсмических наблюдений на Камчатке, тем самым пополнив мировую коллекцию акселерограмм сильнейших землетрясений планеты. Ранее также в ближней зоне были записаны Мауле (Чили, 27 февраля 2010 г. $M_w = 8.8$) [1], Тохоку (Япония, 11 марта 2011 г. $M_w = 9.0$) [2], и Кайкоурское землетрясение (Новая Зеландия, 14 ноября 2016 г. $M_w = 7.8$) [3]. 29 июля без сбоя отработали более 30 станций, укомплектованных акселерометрами (считая группы вблизи Крутоберегово, Петропавловска-Камчатского и Северо-Курильска), полученных из 17 точек наблюдения. При этом 6 акселерометров (NLC, KRM, RUS, KDT, PAU, SKR) и 13 акселерометров Петропавловского куста (на территории г. Петропавловска-Камчатского и ближайших окрестностей) оказались расположены непосредственно вблизи развивающегося очагового процесса на расстояниях менее 100 км от значимых регистрируемых смещений, что позволило посекундно рассмотреть начало очагового процесса мегаземлетрясения с разных азимутов относительно первой точки вспарывания. Для Камчатского мегаземлетрясения 2025 г. впервые появилась возможность оценить очаговую длительность непосредственно по записям – от 23:25:11 UTC (по первым вступлениям на станциях Петропавловского куста) до 23:28:56 UTC (последних значимых амплитуд на станции SKR), суммарно 225 секунд. Количество вступлений на акселерограммах значительно превышает ожидаемые на близких записях для односегментных разрывов два вступления (продольной и поперечной волн). Предположительно выделяется не менее четырех пар вступлений: продольные волны первого и второго сегмента, а также поперечные волны четырех сегментов (продольные волны для третьего и четвертого сегментов выделяются не всегда в связи с наложением на более сильные вступления поперечных волн от первых сегментов). Таким образом, анализ акселерограмм ближней зоны показал, что вопрос о максимально возможной магнитуде остается открытым, потому что односегментного землетрясения с $M \geq 8.5$ в мире еще зарегистрировано не было. Акселерограммы мегаземлетрясений 2010 г. (Япония), 2011 г. (Чили) и 2025 г. (Россия) показали мультисегментные очаги – группы землетрясений, тесно концентрированные во времени и пространстве. При этом важно отметить, что многосегментность не является характерной только для мегаземлетрясений, и может встречаться и при более слабых магнитудах. Например, в случае с Кайкоурским землетрясением (Новая Зеландия, 14 ноября 2016 г. $M_w = 7.8$) были отмечены разрывы на 21 сегменте.

Литература

1. Pulido N., Sekiguchi T., Shoji G. et al. Earthquake source process and strong ground motions of the 2010 Chile mega-earthquake // Tsukuba: National Research Institute for Earth Science and Disaster Prevention. 2010.
2. Furumura T., Takemura S., Noguchi S. et al. Strong ground motions from the 2011 off-the Pacific-Coast-of-Tohoku, Japan ($M_w=9.0$) earthquake obtained from a dense nationwide seismic network // Landslides. 2011. Vol. 8. P. 333–338. <https://doi.org/10.1007/s10346-011-0279-3>
3. Ulrich T., Gabriel A.A., Ampuero J.P. et al. Dynamic viability of the 2016 M_w 7.8 Kaikōura earthquake cascade on weak crustal faults // Nature communications. 2019. Vol. 10. № 1. P. 1213. <https://doi.org/10.1038/s41467-019-09125-w>

CHARACTERISTICS OF THE SOURCES OF THE STRONGEST EARTHQUAKES USING THE EXAMPLE OF THE KAMCHATKA MEGAEARTHQUAKE

A. A. Skorkina^{1,*}, A. A. Ostapchuk², D. V. Chebrov³, P. N. Shebalin¹

¹*Institute of Earthquake Prediction Theory and Mathematical Geophysics of Russian academy of sciences, Moscow, Russia*

²*Sadovsky Institute of Geospheres Dynamics of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia*

³*Kamchatka Branch of Geophysical Survey of Russian Academy of Sciences, Petropavlovsk-Kamchatsky, Russia*

*E-mail: anna@mitp.ru

The Kamchatka megaequake with M_w 8.8 on July 29, 2025, became the first earthquake recorded by the accelerometer network in the near-field zone in the entire history of seismic observations in Kamchatka, thereby expanding the world collection of accelerograms of the strongest earthquakes on the planet. Previously, the Maule earthquake (Chile, February 27, 2010, $M_w = 8.8$), the Tohoku earthquake (Japan, March 11, 2011, $M_w = 9.0$), and the Kaikoura earthquake (New Zealand, November 14, 2016, $M_w = 7.8$) were also well recorded in the near-field zone. On July 29, more than 30 stations equipped with accelerometers (including arrays near Krutoberegovo, Petropavlovsk-Kamchatsky, and Severo-Kurilsk) operated properly, receiving data from 17 observation points. Six accelerometers (NLC, KRM, RUS, KDT, PAU, SKR) and 13 accelerometers from the Petropavlovsk cluster (in the city of Petropavlovsk-Kamchatsky and its surrounding area) were located directly near the developing rupture process, at distances less than 100 km from significant recorded displacements. This allowed for second-by-second resolution of the mega-earthquake's source process from various azimuths relative to the initial rupture point. For the 2025 Kamchatka megaequake, it became possible for the first time to estimate the focal duration directly from records – from 23:25:11 UTC (based on the first arrivals at the Petropavlovsk earthquake cluster) to 23:28:56 UTC (the last significant amplitudes at the SKR station), for a total of 225 seconds. The number of arrivals on the accelerograms significantly exceeds the two arrivals (P-wave and S-wave) expected for nearby records for single-segment ruptures. Presumably, at least four pairs of arrivals are distinguished: P-waves from the first and second segments, as well as S-waves from four segments (P-waves for the third and fourth segments are not always distinguished due to the superposition of S-waves from the first segments on the stronger arrivals). Thus, an analysis of near-field accelerograms revealed that the maximum possible magnitude remains questionable yet, as a single-segment earthquake with $M \geq 8.5$ has not yet been recorded worldwide. Accelerograms of the megaquakes of 2010 (Japan), 2011 (Chile), and 2025 (Russia) revealed multi-segment sources of earthquakes densely concentrated in time and space. It is important to note that multi-segmentality is not unique to megaquakes and can also occur at lower magnitudes. For example, in the case of the Kaikoura earthquake (New Zealand, November 14, 2016, $M_w = 7.8$) 21 segments have been worked out.