

ОТКЛИК СЕЙСМИЧНОСТИ ЗОН ПОДГОТОВКИ СИЛЬНЫХ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ НА ДИНАМИЧЕСКИЕ И ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ

В. А. Новиков^{1,3,*}, М. В. Новикова²

¹Объединенный институт высоких температур Российской академии наук, Москва, Россия

²Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова», Москва, Россия

³Институт динамики геосфер имени академика М. А. Садовского Российской академии наук, Москва, Россия

*E-mail: novikov@ihed.ras.ru

Предыдущие исследования продемонстрировали существование электромагнитного инициирования землетрясений (ЗТ), включая отклик микросейсмичности на импульсные воздействия от искусственных источников тока, а также на воздействия сильных солнечных вспышек и магнитных бурь. Ранее было показано статистически значимое увеличение сейсмической активности Земли после сильных солнечных вспышек (СВ) класса X, особенно в зоне радиусом 5000 км вокруг субсолнечной точки. Предполагалось, что ЗТ могут быть инициированы всплеском теллурических токов в разломах земной коры, вызванным сильными вариациями геомагнитного поля (ГМП) вследствие воздействия рентгеновского излучения на ионосферу, аналогично инициированию ЗТ импульсами электрического тока, подаваемыми в земную кору от искусственного источника. Было показано, что электромагнитные (ЭМ) эффекты наиболее сильно проявляются в зонах афтершоков сильных землетрясений, где они приводят как к увеличению общего числа афтершоков, так и к возникновению сильных афтершоков с магнитудой $M \geq 6.0$ с задержкой в 6–8 дней после основного толчка. Эта задержка может быть обусловлена миграцией проводящих флюидов в зоны разломов, что снижает их прочность под влиянием изменений геомагнитного поля, что подтверждается результатами анализа сейсмического отклика флюидонасыщенных геотермальных полей в Северной Калифорнии на сильные вариации геомагнитного поля $|dB_x/dt| \geq 50$ нТ/мин.

В продолжение данного исследования был проведен статистический анализ отклика сейсмической активности очаговой зоны землетрясения на мысе Мендосино (Калифорния, США, 05.12.2024г., $M = 7.0$) на динамические воздействия 8 удаленных сильных землетрясений ($M \geq 7.0$) в Северной Калифорнии (1980–2019 гг.). Было показано, что в очаговой зоне, радиус которой был определен как $R = 10^{(0.43 \cdot M - 1.27)} = 54.95$ км, наблюдается статистически значимое увеличение суточного числа землетрясений в течение 15 дней после динамического воздействия за 5–20 лет до основного толчка, которое усиливается по мере его приближения. Анализ влияния 24 сильных вариаций ГМП со значениями $|dB_x/dt| \geq 50$ нТ/мин (1991–2024 гг.) на очаговые зоны всех проанализированных сильных землетрясений с магнитудой $M \geq 7.0$ также выявляет статистически значимый всплеск сейсмической активности через 2–10 дней после сильных вариаций ГМП. Таким образом, сейсмический отклик на внешние динамические и электромагнитные воздействия можно рассматривать как индикатор напряженно-деформированного состояния земной коры и указывать на местоположение будущего сильного землетрясения. Обсуждается применение полученных результатов для среднесрочного и краткосрочного прогнозирования землетрясений.

*Исследование выполнено при финансовой поддержке Российского научного фонда
(проект № 26-19-00238).*

RESPONSE OF SEISMICITY OF THE EARTHQUAKE PREPARATION AREAS TO DYNAMIC AND ELECTROMAGNETIC IMPACTS

V. A. Novikov^{1,3,*}, M. V. Novikova²

¹*Joint Institute for High Temperatures of Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia*

²*Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Lomonosov Moscow State University", Moscow, Russia*

³*Sadovsky Institute of Geosphere Dynamics of Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia*

*Email: novikov@ihed.ras.ru

Previous studies have demonstrated the existence of electromagnetic triggering of earthquakes (EQ), including the response of microseismicity to pulsed power impacts from artificial current sources and the natural effects of strong solar flares and magnetic storms. A statistically significant increase in seismic activity of the Earth after strong solar flares (SF) of class X has been previously shown, especially in a zone with a radius of 5000 km around the subsolar point. It was assumed that EQs can be triggered by a surge in telluric currents in faults of the Earth's crust, induced by strong variations in the geomagnetic field (GMF), as a consequence of the impact of SW X-rays on the ionosphere, similar to EQ triggering by electric current pulses supplied to the Earth's crust from an artificial source. It has been shown that electromagnetic (EM) effects are most effective in aftershock areas of strong EQs, where they resulted both in an increase in the number of aftershocks and the occurrence of strong aftershocks with $M \geq 6.0$ with a delay of 6-8 days after the impact. This delay may be due to the migration of conductive fluids into fault zones, which reduces their strength, under the influence of variations in the GMF, which is confirmed by the results of an analysis of the seismicity response of fluid-saturated geothermal fields in Northern California to strong variations in the GMF $|dBx/dt| \geq 50$ nT/min.

As a continuation of this study, a statistical analysis of the seismic activity response of the Cape Mendocino EQ focal zone (California, USA, 05.12.2024, $M = 7.0$) to the dynamic impacts of 8 distant strong earthquakes ($M \geq 7.0$) in Northern California (1980–2019) was carried out. It was shown that in the focal zone, the radius of which was determined as $R = 10^{(0.43 \cdot M - 1.27)} = 54.95$ km, a statistically significant increase in the daily number of earthquakes is observed for 15 days after the dynamic impact 5–20 years before the main shock, which increases as it approaches. An analysis of the impact of 24 strong GMF variations with values of $|dBx/dt| \geq 50$ nT/min (1991–2024) on the focal zones of all analysed strong EQs with $M \geq 7.0$ also reveals a statistically significant spike in seismic activity 2–10 days after the strong GMF variations. Thus, the seismicity response to external dynamic and electromagnetic triggers can be considered as an indicator of the stress-strain state of the Earth's crust and indicate the location of a strong EQ. The application of obtained results for mid- and short-term EQ forecast is discussed.