

Отклик спектра тремора земной поверхности в районе добычи сланцевой нефти

Любушин А.А. (1), Родкин М.В. (2)

(1) Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт физики Земли им. О.Ю. Шмидта Российской академии наук, Москва, Россия

(2) Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт теории прогноза землетрясений и математической геофизики Российской академии наук, Москва, Россия

e-mail: lyubushin@yandex.ru

Из весьма общих теоретических соображений можно ожидать, что изменения характеристик шумов динамической системы отражают степень ее неравновесности, приближения или удаления состояния системы от ситуации бифуркации. Одной из таких характеристик является наклон спектра шума системы в двойных логарифмических координатах [Родкин и др., 2007; Lyubushin, Yakovlev, 2014; Lyubushin, 2019]. Применительно к сейсмическим шумам, регистрируемым низкочастотными датчиками или GPS приемниками, изменения ряда характеристик шумов рассматривались в работах [Filatov, Lyubushin, 2019; Lyubushin, 2019]. В ряде случаев эти изменения интерпретировались как предвестниковый признак сильного землетрясения. Так, в частности, было спрогнозировано мега-землетрясение Тохоку [Lyubushin, 2018].

Определенной сложностью интерпретации результатов таких расчетов является то, что воздействующий фактор остается неизвестным. Такой воздействующий фактор можно полагать, однако, известным в случае интенсивной добычи сланцевых УВ. При этом достаточно детально регистрируется также и вызванная сейсмичность, режим которой также характеризует степень неустойчивости системы и опасность реализации более сильного землетрясения.

В работе приводятся результаты анализа шумового поля GPS деформаций области интенсивной добычи сланцевой нефти (Оклахома, США) совместно с данными по режимам закачек. Сейсмический режим этой области анализировался в [Vorobieva et al., 2020], где была показана связь сейсмичности с режимом закачек.

Нами показана сильная пространственная масштабнo-зависимая корреляция между интенсивностью закачек и коэффициентом корреляции между спектральным наклоном GPS тремора и объемами закачек. Интересным и неочевидным результатом является факт отрицательности корреляций. Таким образом, увеличение объема закачек приводит к уменьшению наклона спектра мощности GPS тремора, что интерпретируется как уменьшение вклада низких частот. Заметим, что использование для оценки текущей сейсмической опасности анализа шумов имеет, по сравнению с методом, основанным на мониторинге сейсмичности, то преимущество, что анализ шумов допускает регулярность и непрерывность мониторинга, недоступные из-за относительной редкости сейсмических событий.

Родкин М.В., Слепнев А.С., Родкин М.М. Возможный подход к оценке и прогнозу изменений устойчивости геосистем по изменениям характера шумовых колебаний. В сб.: Синергетика геосистем. М., 2007, 32-36.

Lyubushin A. and Yakovlev P. (2014) Properties of GPS noise at Japan islands before and after Tohoku mega-earthquake. SpringerPlus 2014, 3:364 doi:10.1186/2193-1801-3-364, <http://www.springerplus.com/content/3/1/364>

Lyubushin A. (2018) Synchronization of Geophysical Fields Fluctuations // Tamaz Chelidze, Luciano Telesca, Filippos Vallianatos (eds.), Complexity of Seismic Time Series: Measurement and Applications, Elsevier 2018, Amsterdam, Oxford, Cambridge. Chapter 6. P.161-197. DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-813138-1.00006-7>

Filatov D.M., Lyubushin A.A. (2019) Precursory Analysis of GPS Time Series for Seismic Hazard Assessment. Pure and Applied Geophysics. First Online: 07 January 2019, 177(1), 509-530.

<https://doi.org/10.1007/s00024-018-2079-3>

Lyubushin, A. (2019) Field of coherence of GPS-measured earth tremors. *GPS Solutions* (2019) 23:120. First Online: 27 September 2019. <https://doi.org/10.1007/s10291-019-0909-0>

Vorobieva I., Shebalin P., Narteau C. Condition of Occurrence of Large Man-Made Earthquakes in the Zone of Oil Production, Oklahoma. *Izvestiya, Physics of the Solid Earth*. 2020;56(6):911–919. DOI: 10.1134/S10693513200601309