ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ

**МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ
«Перспективные материалы с иерархической структурой
для новых технологий и надежных конструкций»**

**X МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ
«Химия нефти и газа»**

Томск

Издательский Дом ТГУ

2018

DOI: 10.17223/9785946217408/352

**РЕАКЦИЯ ФЛЮИДОНАСЫЩЕННОЙ СРЕДЫ НА ПРОХОЖДЕНИЕ
СЕЙСМИЧЕСКИХ ВОЛН**

Горбунова Э.М., Беседина А.Н., Виноградов Е.А.

*Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Институт динамики геосфер Российской академии наук, Москва*

Гидрогеологические эффекты, вызванные прохождением сейсмических волн от землетрясений, оказывают влияние на состояние флюидонасыщенного коллектора. Вариации уровня подземных вод зарегистрированы в многочисленных наблюдательных скважинах, пройденных на глубину до 4 км [1], удаленных на эпицентральных расстояниях от 14 км [2] до 10 тысяч км и более [3]. Подобным гидрогеологическим эффектам, регистрируемым не только в сейсмоактивных регионах, но и в платформенных условиях, посвящены многочисленные публикации за рубежом [4] и в России [5].

При землетрясениях выделены две большие группы косейсмических и постсейсмических гидрогеологических откликов, которые представлены динамическими вариациями уровня, постепенными и внезапными (ступенчатыми) изменениями уровня с осцилляцией и остаточными эффектами. К ближней зоне регистрации гидрогеологических откликов на землетрясения отнесены расстояния, сопоставимые с длиной разлома [4]. К промежуточной зоне – расстояния в пределах 1-10 протяженности разрывных нарушений. К дальней зоне – расстояния более 10 длин разлома.

В ближней и промежуточной зоне землетрясений прослежены остаточные изменения уровня, которые могут быть связаны с формированием зон повышенной трещиноватости и нарушением структуры порово-трещинного пространства. В ближней зоне зарегистрирован как внезапный подъем, так и ступенеобразное снижение уровня, которое сохраняется длительное время. В промежуточной зоне наряду с подъемом уровня установлено продолжительное снижение с последующим восстановлением до первоначального положения. В дальней зоне отмечены преимущественно динамические вариации уровня (осцилляции), которые в ряде случаев сопровождаются постсейсмическими эффектами.

Во многих регионах мира наиболее представительные данные получены от катастрофических землетрясений с магнитудой более 8.5. Особый интерес представляет анализ динамических вариаций уровня и/или давления в дальней зоне, который сопровождается постсейсмическими эффектами. Реакция трещинно-порового коллектора на сейсмические волны от удаленных землетрясений изучена по данным прецизионного мониторинга режима подземных вод на территории геофизической обсерватории ИДГ РАН «Михнево». Постсейсмический подъем уровня напорного водоносного горизонта прослежен после ряда землетрясений, произошедших у побережья Центрального Чили 27.02.2010 г., восточного побережья острова Хонсю 11.03.2011 г. и западного побережья Северной Суматры 11.04.2012 г. (рис. 1).

В области высоких частот вариации уровня подземных вод и смещения грунта синхронны и соответствуют пороупругой реакции пласта при интенсивном воздействии. В области низких частот в вариациях уровня напорного водоносного горизонта отмечен подъем уровня на ~12 мм на протяжении ~1,3 часа на фоне свободной осцилляции грунта после вступления поверхностных волн.

Подобный остаточный эффект отмечен в одной из скважин, пройденной в водонасыщенном известняке, на территории Китая [6]. На Камчатке при прохождении цуга поверхностных волн от землетрясения Тохоку на эпицентральных расстоянии 2000 км в скважине ЮЗ-5 глубиной 800 м были зарегистрированы колебания уровня в течение 18,5 часов с амплитудой 6,6 см и повышение уровня в течение 20,5 часов с амплитудой 4 см [5].

На территории Грузии отмечена косейсмическая и постсейсмическая реакция напорных субартезианских водоносных горизонтов, развитых в трещиноватых андезитах, базальтах и известняках, нахождение поперечных и поверхностных волн землетрясения Тохоку [7].

Амплитуды постсейсмического подъема уровня подземных вод в скважинах глубиной от 1339 до 2000 м, расположенных вблизи Боржоми и Кобулети, не превысили 1 см на протяжении часа. Постепенный подъем уровня на 14 см в течение суток установлен в скважине глубиной 800 м, пройденной в метаморфизованных породах архея-протерозоя, расположенной на территории Украинского щита в районе Кривого Рога [8].

Рис. 1. Сейсмограммы (а, б) и диаграммы уровня напорного водоносного горизонта (в, г) при землетрясении 11.03.2011 г. Тохоку, Япония: а, в – данные в диапазоне периодов до 40 с; б, г – данные в диапазоне периодов более 40 с.

Выполненный анализ опубликованных данных натурных наблюдений и результатов измерений в скважине, расположенной на территории ГФО «Михнево», показывает, что даже при слабых динамических воздействиях возможно формирование неупругих эффектов в виде постсейсмического подъема уровня. Наличие остаточных изменений уровня косвенно свидетельствует о необратимом локальном изменении структуры трещинно-порового пространства флюидонасыщенного коллектора и его эффективных характеристик.

Анализ гидрогеологических данных выполнен в рамках государственного задания (проект № 0146-2014-0008). Анализ сейсмических данных выполнен при поддержке Российского Научного Фонда (проект № 16-17-00095).

Литература

1. Shi Z., Wang G., Manga M., Wang C.-Y. Mechanism of co-seismic water level change following four great earthquakes – insights from co-seismic responses throughout the Chinese mainland // *Earth. Planet. Sci. Let.* 2015. V. 430. P. 66-74.
2. Shi Z., Wang G., Wang C.-Y., Manga M., Liu C. Comparison of hydrogeological responses to the Wenchuan and Lushan earthquakes // *Earth. Planet. Sci. Let.* 2014. V. 391. P. 193-200.
3. Besedina A., Vinogradov E., Gorbunova E., Svintsov I. Chilen Earthquakes: Aquifer Responses at the Russian Platform // *Pure Appl. Geophys.* 2016. V. 173. N. 2. P. 321-730.
4. Wang C.-Y., Manga M. *Earthquakes and Water*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2010. 228 p.
5. Копылова Г.Н., Болдина С.В., Касимова В.А. Эффекты сильных землетрясений, $M_w=6.8-9.1$, в изменениях уровня воды в скважине ЮЗ-5, Камчатка // *Проблемы комплексного геофизического мониторинга Дальнего Востока России. Труды Шестой научно-технической конференции. Петропавловск-Камчатский. 1-7 октября 2017. Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН. 2017. С. 276-280.*
6. Sun X., Wang G., Yang X. Coseismic response of water level in Changping well, China, to the $M_w 9.0$ Tohoku earthquake // *Journal of Hydrology*. 2015. V. 531. P.1028-1039.
7. Chelidze T.L., Shengelia I., Zhukova N., Matcharashvili T., Melikadze G., Kobzev G. M9 Tohoku Earthquake Hydro- and Seismic Response in the Caucasus and North Turkey // *Acta Geophysica*. 2016. V.64. N.3. P. 567-588. DOI: 10.1515/acgeo-2016-0022.
8. Пигулевский П.И., Свистун В.К., Беседина А.Н., Виноградов Е.А., Горбунова Э.М., Свинцов И.С. О гидрогеологических откликах подземных вод Украинского и Московского массивов на катастрофические землетрясения // *Геодинамика*. 2013. №2 (15). С.280-282.