

Особенности флюидодинамических процессов в сейсмоактивном регионе (на примере Камчатки)

Копылова Г.Н., Болдина С.В.

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Федеральный исследовательский центр «Единая геофизическая служба Российской академии наук» Камчатский филиал (КФ ФИЦ ЕГС РАН), Петропавловск-Камчатский, Россия

e-mail: gala@emsd.ru

Образование очагов землетрясений, как разрывов сплошности горных пород с излучением упругих сейсмических волн, сопряжено с возникновением и развитием флюидодинамических процессов в водонасыщенных породах земной коры сейсмоактивных регионов. Формирование сейсмогенных разрывов вызывает перераспределение статического напряженного состояния флюидонасыщенных горных пород и скачки флюидного давления с амплитудами пропорциональными величине объемной деформации. Излучение сейсмических волн и их распространение вызывает динамическую деформацию горных пород и сопровождается разнообразными эффектами в поверхностных и подземных водах.

Наблюдения в скважинах за вариациями уровня воды позволяют выделять гидрогеосейсмические эффекты при землетрясениях (ГГСЭ) и изучать флюидодинамические процессы в системе «скважина – водовмещающая порода» на стадиях образования и подготовки сейсмических очагов. В докладе представлены результаты изучения ГГСЭ в скважине ЮЗ-5, Камчатка, при 19 землетрясениях с $M_w=6.8-9.1$ на эпицентральных расстояниях 80-14600 км. С учетом морфологических особенностей и продолжительности развития выделены четыре типа ГГСЭ: I - колебания уровня воды в течение часов; II – колебания с повышением уровня продолжительностью от минут-часов до суток; III – повышение уровня в течение часов - до суток; IV – длительное (месяцы) понижение уровня воды.

Установлено закономерное проявление выделенных типов ГГСЭ в зависимости от параметров землетрясений (соотношения величин магнитуды и эпицентрального расстояния) и параметров сейсмических волн: удельной плотности энергии в сейсмической волне, максимальной горизонтальной скорости и амплитудно-частотного состава максимальных фаз движений грунта по записям на ближайшей сеймостанции. Проявление различных типов ГГСЭ определяется степенью интенсивности сейсмического воздействия, амплитудно-частотным составом максимальных фаз движений грунта, а также возникновением и развитием специфических гидрогеодинамических процессов в системе «скважина – водовмещающая порода».

Рост интенсивности сейсмического воздействия, определяемого по величинам удельной плотности сейсмической энергии в волне и ее максимальной скорости, сопровождается сменой проявлений ГГСЭ от типа I к типу IV. Низкочастотные и низкоамплитудные сейсмические сигналы вызывают колебания уровня воды. При увеличении амплитуды сейсмического сигнала на колебания накладываются кратковременное повышение уровня воды. С ростом частоты и амплитуды сейсмического сигнала более выражены кратковременные повышения уровня воды. При максимальных величинах частоты и амплитуды сигнала, в случаях местных сильных землетрясений, сопровождающихся сотрясениями с интенсивностью $\geq 5-6$ баллов по шкале MSK-64 проявляются длительные (месяцы) понижения уровня воды.

На отдельных примерах рассмотрены процессы формирования ГГСЭ I-IV типов. Колебания уровня воды возникают вследствие усиления гармонических вариаций давления в скважине по модели Cooper et al, 1965 при прохождении поверхностных волн с периодом 44 с. Кратковременные повышения уровня воды отражают импульсный рост давления и эффекты нелинейной фильтрации в водовмещающих породах (Кочарян и др., 2011) вблизи ствола скважины. При этом

амплитуда увеличения напора не превышает первые см водяного столба при времени релаксации импульса давления не более первых десятков минут. Длительное понижение уровня воды обусловлено падением напора (понижением флюидного давления) с амплитудами от десятков см до 1 м водяного столба на расстояниях до сотен м от скважины вследствие улучшения фильтрационных свойств водовмещающих пород при интенсивных сотрясениях.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, грант 18-05-00337 руководитель Г.Н. Копылова.