

О ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИХ ОТКЛИКАХ ПОДЗЕМНЫХ ВОД УКРАИНСКОГО И МОСКОВСКОГО МАССИВОВ НА КАТАСТРОФИЧЕСКИЕ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ

Рассмотрены результаты совместной обработки гидрогеологических и сейсмических данных на полигонах ДГЭ “Днепрогеофизика”, Института геофизики НАН Украины и Института динамики геосфер РАН, которые позволяют проследить приуроченность гидрогеологических откликов к типу сейсмических волн от землетрясений и выраженность постсейсмических эффектов в вариациях уровня подземных вод. В частности, за период наблюдений с 01.11.2010 по 31.05.2011 зарегистрирован значительный ко- и постсейсмический отклик на глобальное сейсмическое событие – катастрофическое землетрясение с магнитудой 8.9, произошедшее 11.03.2011 вблизи о. Хонсю (Япония).

Ключевые слова: Восточно-Европейская платформа, гидрогеологические наблюдения, мониторинг, прецизионные датчики, отклик.

Введение

За прошедшие десятилетия накоплен значительный материал по мониторингу подземных вод, развернутому преимущественно в сейсмоактивных регионах для оценки сейсмической опасности территорий. Результаты гидросейсмологических исследований представлены в многочисленных публикациях зарубежных [Bredehoeft, Fatt, 1987; Emily et al., 2003, 2005, 2006; Elkhoury, Agnew, 2005, 2006], советских, российских и украинских авторов [Монахов, Киссин, 1980; Осика, 1981; Вартамян, 1983; Багмет и др., 1989; Любушин и др., 1997; Куликов, Швырло, 2002; Волейшо, 2006; Копылова, 2006; Кочарян, 2011].

Начиная с XXI столетия активная модернизация аппаратной базы позволила внедрить методы прецизионных гидрогеологических наблюдений в условиях относительно спокойного региона Восточно-Европейской платформы (ВЕП), которые способствовали получению информации на качественно новом уровне. Впервые за последние годы для восточной части Украинского щита и центральной части Русской плиты сформированы представительные базы данных по регистрации отклика водоносных горизонтов на внешние факторы – лунно-солнечные приливы [Горбунова и др., 2009] и удаленные сейсмические события [Виноградов и др., 2011; Пигулевский, Свистун, 2011_а, 2011_б].

Методика исследований

Наблюдательные скважины оборудованы специальными автономными прецизионными датчиками. В Украине период регистрации вариаций уровня подземных вод с октября 2007 г. по июль 2008 г. составлял 20 минут, а в дальнейшем – 5 минут. При этом используются погружные прецизионные датчики уровня, температуры подземных вод MiniDiver-10 (производство Schlumberger), позволяющие вести непрерывную цифровую регистрацию уровня воды и температуры в скважине с разрешением 0,1 мм, 0,01°C и частотой опроса от 0,5 с. В России на территории ГФО “Михнево” в

экспериментальной скважине установлен погружной прецизионный датчик уровня LMP308i (производство Германия) с регистрацией уровня воды с разрешением 0,1 мм и частотой опроса 1 с синхронно с записью атмосферного давления на цифровой метеостанции.

За период с 01.11.2010 по 31.05.2011 г. сформирована единая база данных по результатам синхронных прецизионных наблюдений за режимом подземных вод, метео- и сейсмическими параметрами по опорным пунктам наблюдений, расположенным на полигонах ДГЭ “Днепрогеофизика”, ИГФ НАНУ и ИДГ РАН. Для первичной обработки экспериментальных данных применена единая методика, разработанная в ИДГ РАН, позволяющая проводить фильтрацию сигнала в низко- и высокочастотном диапазонах, выделять полезные сигналы в гидрогеологических и сейсмических рядах.

Геологическая позиция пунктов наблюдения

В соответствии с геолого-структурным районированием ВЕП территория геофизической обсерватории ИДГ РАН “Михнево” (ГФО “Михнево”) на уровне осадочного чехла приурочена к южной окраине Московской синеклизы, на уровне фундамента – тяготеет к южному борту Пачелмского авлакогена. В наблюдательной скважине ГФО “Михнево” в интервале 92-115 м вскрыт алексинско-протвинский водоносный горизонт нижнего карбона с напором 20 м. Водовмещающие породы представлены известняками неравномерно трещиноватыми с подчиненными прослоями глин, мергеля и доломитов и относятся к коллекторам трещинно-порового типа. Скважина №14431 глубиной 815 м расположена на окраине г. Кривой Рог в юго-западной части выступа докембрийского фундамента ВЕП – Украинского щита. Водоносный горизонт скважины представлен коллектором трещинного типа в метаморфизованных породах архея-протерозоя Криворожско-Кременчугской шовной зоны (ККШЗ). Статический уровень воды установлен на глубине 106 м [Пигулевский, 2011_а, 2011_б].

**Гидрогеологический отклик
на глобальное сейсмическое событие**

По результатам прецизионного мониторинга на полигонах ДГЭ “Днепрогеофизика”, ИГФ НАН Украины и ГФО “Михнево” впервые в пределах ВЕП отмечены постсейсмические гидрогеологические процессы, связанные с землетрясениями. В результате комплексных исследований, проводимых на протяжении последних лет, зафиксированы отклики на региональные события – землетрясения, произошедшие в Китае, Сичуань (12.05.2009 M=7,8) вблизи восточного побережья Чили (27.02.2010 M=8,7) и о. Хонсю (11.03.2011 M=8,9).

В рассматриваемых рядах зарегистрирован гидрогеологический отклик на прохождение цуга сейсмических волн от землетрясения, произошедшего 11 марта 2011 г. в 5 час 46 мин (GMT) вблизи восточного побережья острова Хонсю (Япония). Интенсивность гидрогеологического отклика на сейсмическое событие зависит от геолого-структурных условий и типа водовмещающего коллектора.

Так, на территории ГФО “Михнево” максимальный скачок уровня воды в наблюдательной скважине во время прохождения группы поверхностных волн зафиксирован через 20 минут после регистрации сейсмического события в очаге 11.03.2011 г. и составил ± 24 мм при амплитуде сейсмических колебаний около 1,7 мм/с по широкополосному датчику STS-2.

После события установлено постсейсмическое изменение уровня воды в скважине в виде плавного подъема (рис. 1), длившегося на протяжении около 6 часов с прослеживанием устойчивого тренда подъема уровня на 12-13 мм, и последующего плавного снижения уровня на 6-8 мм ниже исходного. До землетрясения положение уровня водоносного горизонта, приуроченного к терригенно-карбонатной толще, представленного коллектором порово-трещинного типа, относительно устойчиво, поэтому, вероятно, именно динамическое воздействие от прохождения цуга сейсмических волн вызвало подъем уровня воды.

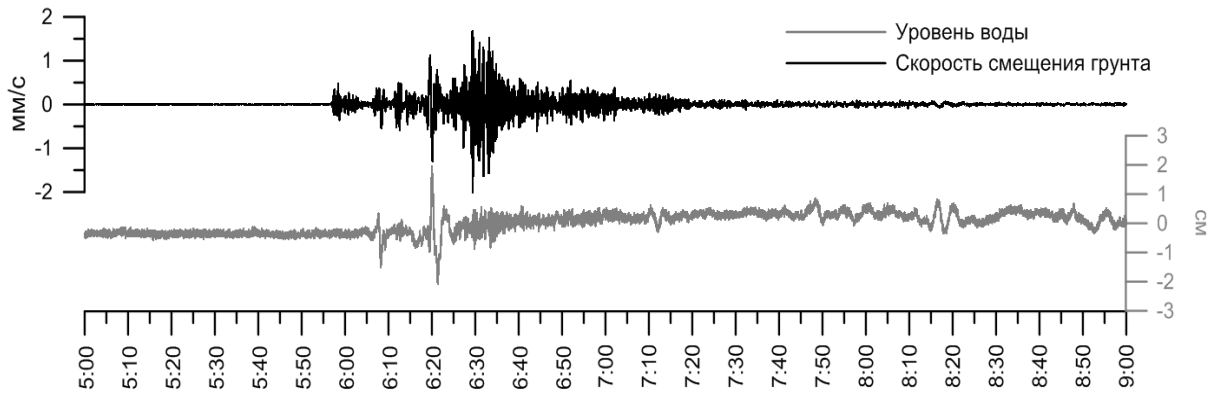


Рис. 1. Постсейсмическое изменение уровня воды в скважине на территории ГФО «Михнево» после прохождения сейсмической волны от землетрясения у восточного побережья о. Хонсю (Япония).
Запись очищена от барометрической и приливной компонент и шума

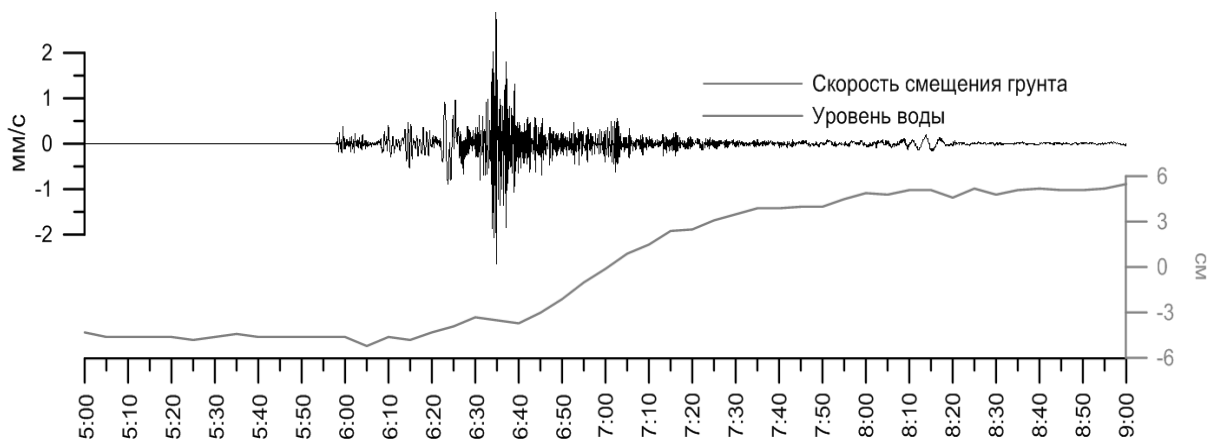


Рис. 2. Постсейсмическое изменение уровня воды в скважине вблизи г. Кривой Рог после прохождения сейсмической волны от землетрясения у восточного побережья о. Хонсю (Япония)

Аналогичные вариации уровня подземных вод установлены после землетрясения 11.03.2011 г. и в скважине, расположенной на окраине г. Кривой Рог в зоне влияния Криворожско-Кременчугского глубинного разлома. Водовмещающие метаморфизованные породы архея, пронизанные разновозрастными интрузиями гранитов, относятся к коллекторам трещинного типа. Через 34 минуты после сейсмического события в очаге зарегистрирован подъем уровня на 10 см в течение двух часов с 6 час 20 мин до 8 час 15 мин и постсейсмический подъем на 4 см на протяжении последующих 11 часов (максимальное значение зафиксировано в 19 час 20 мин) (рис. 2).

Заключение

В результате комплексной обработки сейсмических и гидрогеологических рядов прослежен ко- и постсейсмический отклик на землетрясение, произошедшее 11 марта 2011 г. вблизи восточного побережья острова Хонсю, Япония.

Гидрогеологический отклик осадочного чехла Московской синеклизы на землетрясение проявляется на порядок слабее относительно реакции ККШЗ, несмотря на то, что пункт наблюдений, оборудованный на территории ГФО "Михнево", расположен ближе по трассе распространения сейсмических волн. Вероятно, это обусловлено различием типов водовмещающих коллекторов, получающих преимущественное развитие в пределах Украинского и Московского массивов.

Литература

- Виноградов Е.А., Горбунова Э.М., Кабыченко Н.В., Кочарян Г.Г., Свинцов И.С. Реакция подземных вод на удаленные сейсмические события // Всероссийская конференция с международным участием "Проблемы сейсмогеологии". Москва: ИФЗ РАН. 2011. С.153-157.
- Горбунова Э.М., Кабыченко Н.В., Кочарян Г.Г., Павлов Д.В., Свинцов И.С. Исследование динамики вариаций уровня подземных вод под воздействием внешних факторов // Проблемы взаимодействия геосфер. М.: ГЕОС. 2009. С.232-244.
- Кочарян Г.Г., Виноградов Е.А., Горбунова Э.М., Марков В.К., Марков Д.В., Перник Л.М. Гидрогеологический отклик подземных коллекторов на сейсмические колебания // Физика Земли. №12. 2011. С.50-62.
- Пигулевский П.И., Свистун В.К. Некоторые результаты автоматизированного мониторинга режима подземных вод асейсмичных территорий (на примере Днепропетровской области). Мінеральні ресурси України. №2. 2011. С.42-47.
- Пигулевский П.И., Свистун В.К. Результаты мониторинга гидрогеодинамических параметров подземных вод в асейсмичных регионах Украины (Днепропетровская область) // Геодинамика. Материалы международной научной конференции "Геофизические технологии прогнозирования и мониторинга геологической среды". Львов: Изд-во Львівської політехніки: №2(11) 2011. С.241-244.

ПРО ГІДРОГЕОЛОГІЧНІ ВІДГУКИ ПІДЗЕМНИХ ВОД УКРАЇНСЬКОГО І МОСКОВСЬКОГО МАСИВІВ НА КАТАСТРОФІЧІ ЗЕМЛЕТРУСИ

П.Г. Пігулевський, В.К. Свистун, О.М. Бесєдіна, Є.А. Виноградов, Е.М. Горбунова, І.С. Свінцов

Наводяться результати спільної обробки гідрогеологічних і сейсмічних даних, які дозволили простежити приуроченість гідрогеологічних відгуків до типу сейсмічних хвиль від землетрусів і виразність постсейсмічних ефектів у варіаціях рівня підземних вод. Зокрема, за період спостережень з 01.11.2010 по 31.05.2011 зареєстрований значний ко- і постсейсмічний відгук на катастрофічний землетрус 11.03.2011 поблизу східного узбережжя о. Хонсю (Японія) з магнітудою 8,9.

Ключові слова: Східноєвропейська платформа, гідрогеологічні спостереження, моніторинг, прецизійні датчики, відгук.

ON HYDROGEOLOGICAL RESPONSE OF THE GROUND WATERS IN UKRAINIAN AND MOSCOW MASSIFS TO CATASTROPHIC EARTHQUAKES

P.I. Pigulevskiy, V.K. Svistyn, A.N. Besedina, E.A. Vinogradov, E.M. Gorbunova, I.S. Svintsov

The results of the hydro-geological and seismic data co-processing have been represented for the sites of DNE "Dneprogeofizika", the Institute of Geophysics NAS of Ukraine and the Institute of Geosphere Dynamics RAS, which allow to follow the relationship of hydrogeological response to the type of earthquake's seismic waves and presence of post-seismic effects in the groundwater level variations. For the considered observation period from 01.11.2010 to 31.05.2011 the significant co-and post-seismic response to the catastrophic earthquake with a magnitude of 8.9, which occurred at 11.03.2011 near Honshu (Japan) was recorded.

Key words: East-European platform, hydrogeological observation, monitoring, precision sensors, response.

¹ ДГЭ "Днепрогеофизика", г. Днепропетровск

² Институт геофизики им. С.И. Субботина НАН Украины, г. Киев

³ Институт динамики геосфер РАН, г. Михнево (Россия)