

## ДИСТАНЦИОННЫЙ МОНИТОРИНГ ЦУНАМИГЕННЫХ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ ВБЛИЗИ КУРИЛЬСКИХ ОСТРОВОВ

**Долгих С.Г., Долгих Г.И.**

*Тихоокеанский океанологический институт им. В.И. Ильичева, г. Владивосток  
sdolgikh@poi.dvo.ru*

Деформационная аномалия (скачек) впервые была выявлена при анализе записей данных горизонтального неравноплечевого лазерного деформографа при регистрации цунамигенного землетрясения 26 декабря 2004 года в Суматре [1]. С помощью деформационного метода определения степени цунамигенности землетрясений были оценены землетрясения, произошедшие в Индонезии, Чили и на западном побережье Северной Америки с 2010 по 2018 гг. На записях лазерного деформографа с длиной измерительного плеча 52,5 метра и ориентацией «Север-Юг» было выделено по три сильных землетрясения в каждом регионе. На записях каждого из этих землетрясений присутствует деформационный скачек, характерный для цунамигенного землетрясения [2]. Для наглядности была построена линия тренда записи лазерно-интерференционного прибора до начала деформационного скачка. Так же было установлено, что на динамических спектрограммах выделяются колебания с периодами от 14 до 30 с, характерные для землетрясения, а в более низкочастотной области присутствуют более сильные возмущения на записях всех событий. Дальнейший анализ записей цунамигенных землетрясений позволил выявить зависимость величины деформационной аномалии и расчетного смещения, произошедшего в очаге землетрясения. По формуле, приведенной в [2], было установлено, что среднее значение степени расходимости по расчетам равно 0,951. При изучении землетрясений, произошедших в районе Японских островов было выделено два цунамигенных землетрясения [3]. Степень расходимости для этих двух землетрясений равна 0,941 и 0,952. Для всех цунамигенных землетрясений, приведенных в [2, 3], расчетное смещение в эпицентре землетрясения использовалось из данных сайта Американской геофизической службы [4]. Которое было рассчитано по

модели конечных разломов, используя как объемные Р и S волны, так и поверхностные волны Рэля и Лява.

В нашей работе будет рассмотрен еще один цунамиопасный регион, Курильские острова. Для анализа будут выбраны землетрясения с магнитудой более 6 за период с 2010 по 2024 гг. Всего было выбрано 32 землетрясения, из которых, по данным Американской геофизической службы, только 8 имеют пометку «возможно возникновение цунами». Дальнейший анализ этих землетрясений показал, что только после двух из них возникла волна цунами, а в остальных случаях цунами не наблюдалось. Первое землетрясение произошло 13 февраля 2020 г. в 10:33:44 UTC в точке с координатами 45,616°N 148,959°E на глубине 143 км с магнитудой 7. Второе землетрясение с магнитудой 7,5 произошло в точке с координатами 48,964°N 157,696°E в 02:49:21 UTC 25 марта 2020 г. на глубине около 60 км. Оба этих землетрясения были зарегистрированы горизонтальным неравноплечим лазерным деформографом с длиной измерительно плеча 52,5 метра и ориентацией «Север-Юг». Лазерно-интерференционный прибор установлен на юге Приморского края на МЭС ТОИ ДВО РАН «м. Шульца». Расстояния от места установки прибора до эпицентра первого землетрясения составляет около 1 500 км, а до эпицентра второго землетрясения около 2 200 км. Сигнал от первого землетрясения был выявлен в 10:36:51 13.02.2020 г., а второго в 02:53:57 25.03.2020 г. Скорость распространения сейсмической волны от эпицентра землетрясения до места установки лазерного деформографа для обоих землетрясений составила около 8 км/с.

На рисунке 1 приведены фрагменты записей и динамическая спектрограмма лазерного деформографа в момент регистрации цунамигенного землетрясения, произошедшего 25 марта 2020 г. Стрелкой отмечен момент регистрации первых сейсмических колебаний пришедших от землетрясения.

При рассмотрении записи лазерно-интерференционного прибора видно, что через 6 минут после регистрации землетрясения ее характер меняется и она начинает «ползти» вниз. Это и есть деформационная аномалия, характерная для цунамигенного землетрясений. Величина этой деформационной аномалии составила 2,2 мкм. Так же на динамический спектрограмме присутствуют, как колебания характерные для землетрясения в диапазоне частот от 40 до

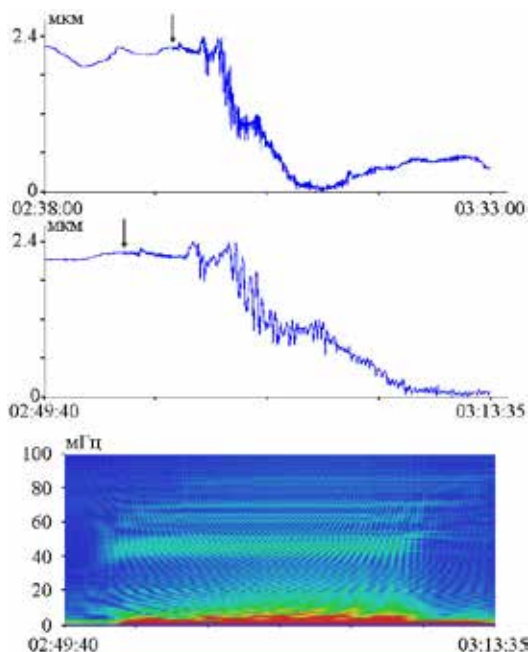


Рис. 1. Фрагменты записей и динамическая спектрограмма 52,5-метрового лазерного деформографа за 25 марта 2020 года

50 мГц, так и колебания в более низкочастотной области. Причем амплитуда колебаний в более низкочастотной области больше, чем амплитуда колебаний характерных для землетрясения.

Зная величину деформационной аномалии для двух цунамигенных землетрясений, рассчитаем степень расходимости. Для землетрясения, произошедшего в феврале, она составила 1,8 мкм, а для второго землетрясения ее величина равна 2,2 мкм. Для обоих землетрясений степень расходимости получается около 0,98. Для расчета использовались теоретические данные, приведенные на сайте Американской геофизической службы. Из полученных расчетов следует, что степень расходимости во всех случаях близка к сферической и должна рассчитываться для каждого цунамиопасного региона отдельно.

Деформационный метод определения степени цунамигенности подводных землетрясений, основанный на выявлении дефор-

мационной аномалии на записях неравноплечих лазерных деформографов, имеет преимущество. Так как скорость распространения упругой волны намного больше скорости цунами и находится в пределах от 1 до 9 км/с [5]. Величина деформационной аномалии связана с величиной смещения дна в эпицентре землетрясения, которую можно рассчитать и построить модель распространения волны цунами с расчетными параметрами при ее выходе на берег. Что позволит провести оперативный расчет последствий и принять решение об эвакуации населения опасных районов.

Работа выполнена при частичной финансовой поддержке гранта № 075-15-2024-642 «Исследование процессов и закономерностей возникновения, развития и трансформации катастрофических явлений в океанах и на континентах методами сейсмоакустического мониторинга».

### Литература

1. Долгих Г.И., Долгих С.Г., Ковалев С.Н., Корень И.А., Овчаренко В.В., Чупин В.А., Швец В.А., Яковенко С.В. Регистрация деформационной аномалии цунамигенного землетрясения лазерным деформографом//Доклады Академии наук. 2007. Т. 412. № 1. С. 104-106.
2. Dolgikh Grigory, Dolgikh Stanislav Deformation Anomalies Accompanying Tsunami Origination // J. Mar. Sci. Eng. 2021. 9. 1144.
3. Dolgikh Grigory, Dolgikh Stanislav Deformation Anomalies Accompanying Tsunami Origins near the Japanese Islands // J. Mar. Sci. Eng. 2023. 11 (11). 2137.
4. <https://earthquake.usgs.gov/earthquakes/search>
5. Sepúlveda I., Liu P. L.F., Grigoriu M., & Pritchard M. Tsunami hazard assessments with consideration of uncertain earthquake slip distribution and location // Journal of Geophysical Research: Solid Earth. 2017. № 122. С. 7252-271.