

ТЕХНИЧЕСКИЕ И ПРОГРАММНЫЕ РЕШЕНИЯ ДЛЯ МОНИТОРИНГА И ОПОВЕЩЕНИЯ О ЦУНАМИ

**Зайцев А.И.¹, Долгих Г.И.², Пелиновский Е.Н.³,
Долгих С.Г.², Костенко И.С.¹**

¹*Специальное конструкторское бюро средств автоматизации морских исследований, г. Южно-Сахалинск*

²*Тихоокеанский океанологический институт им. В.И. Ильичева, г. Владивосток*

³*Институт прикладной физики, г. Нижний Новгород*
aizaytsev@mail.ru

Волны цунами от очагов землетрясения, расположенных в Тихом океане, достаточно свободно проникают в Охотское море через проливы Курильских островов и проявляются на побережье острова Сахалин [1, 2]. За всю историю наблюдений в Тихом Океане произошло самое большое число цунамигенных землетрясений разной магнитуды, некоторые из них вызвали локальные и трансокеанские волны. Наиболее сильным за всю историю наблюдений было землетрясение, которое произошло 22 мая 1960 года у побережья Чили. В течение последних десятилетий в акватории Тихого океана и у его побережий развивается система инструментальных наблюдений за цунами, что позволяет лучше изучить природу этого явления и сопоставить с результатами численных расчетов.

Создание лазерно-интерференционного комплекса в южной части о. Сахалин началась в 2010 году с разработки мобильного, а затем и стационарного горизонтального лазерного деформографа неравноплечего типа (рис. 1). Прибор создан на основе неравноплечего интерферометра Майкельсона с длиной измерительного плеча 10,5 м и ориентацией «север-юг». Лазерный деформограф позволяет регистрировать вариации микродеформаций верхнего слоя земной коры в частотном диапазоне от 0 (условно) до 10 000 Гц с точностью 0,3 нм [3]. Для исключения влияния температурных вариаций на показания прибора он расположен в подземном термоизолированном помещении на глубине около 2 м. В 2012 году к лазерному деформографу добавились лазерный нанобарограф для измерения вариаций атмосферного давления и лазерный гидрофон для измерения вариаций давления гидросферы, а в последствии и



Рис. 1. Лазерно-интерференционный комплекс на базе СКБ САМИ ДВО РАН «м. Свободный» 1 – GPS-приёмник TRIMBLE 5700; 2 – лазерный гидрофон; 3 – лабораторное помещение; 4 – лазерный нанобарограф; 5 – лазерный деформограф горизонтального типа

метеостанция для измерения основных метеопараметров. Все эти измерительные системы показаны на рисунке 1. Лазерный нанобарограф создан на основе равноплечего интерферометра Майкельсона, где в качестве чувствительного элемента используется блок анероидных коробок, что позволяет проводить измерения в частотном диапазоне от 0 (условно) до 10 000 Гц с точностью 50 мкПа. Этот прибор также установлен в подземном термоизолированном помещении. Лазерный гидрофон, созданный на основе равноплечего интерферометра Майкельсона, регистрирует изменения давления гидросферы в том же частотном диапазоне с точностью 50 мкПа [4]. Метеостанция ведет круглосуточное наблюдение за изменениями основных параметров атмосферы, таких как температура, влажность, атмосферное давление, направление и скорость ветра. Данные со всех приборов по кабельным линиям поступают в лабораторное помещение, где после предварительной обработки сохраняются в базе экспериментальных данных.

Лазерным деформографом, расположенным на морской экспериментальной базе МЭС «м. Шульца», были зарегистрированы все основные цунамигенные события с источниками в Тихом океане. Система позволяет регистрировать цунами не только сейсмического происхождения, так же от оползневых и атмосферных источников.

Для оценки уровня высот волн, волновых характеристик и их воздействия на прибрежную инфраструктуру необходимо выполнить численное моделирование. Применяя доступную информацию о землетрясении, строим начальное смещение уровня моря в момент землетрясения рассчитано по формулам Окады [5]. Расчет распространения волн цунами проводился с помощью вычислительного комплекса НАМИ-ДАНС [6], решающий систему уравнений мелкой воды в сферических координатах на вращающейся Земле с учетом силы трения. Авторская разработка НАМИ-ДАНС может рассчитывать цунами не только сейсмического происхождения, так же оползневого и атмосферного.

В связи с активным развитием прибрежной зоны и портовой инфраструктуры необходимо проведение исследований и актуализация оценки цунамиопасности. За последние 15 лет нами были промоделированы все наиболее значимые события цунами в Тихоокеанском регионе. Полученные оценки необходимо учитывать при планировании и строительстве прибрежных объектов, а также в системе раннего оповещения о цунами.

Представленные результаты получены при финансовой поддержке гранта Российского научного фонда № 25-27-00367.

Литература

1. Бейзель С.А., Гусяков В.К., Чубаров Л.Б., Шокин Ю.И. Численное моделирование воздействия удалённых цунами на Дальневосточное побережье России // Известия РАН. Физика атмосферы и океана. 2014. Т. 50. № 5. С. 578-590.
2. Гусяков В.К., Чубаров Л.Б., Бейзель С.А. Оценка цунамиопасности побережья Охотского моря от региональных и удалённых источников // Вулканология и сейсмология. 2015. № 4. С. 59-72.
3. Dolgikh G.I. Principles of the designing single-coordinate laser strainmeters // Technical Physics Letters. 2011. Vol. 37(3). P. 204-206.
4. Dolgikh G., Budrin S., Dolgikh S., Plotnikov A. Supersensitive Detector of Hydrosphere Pressure Variations // Sensors. 2020. V. 20(23). P. 6998. doi:10.3390/s20236998.
5. Okada Y. Simulated empirical law of coseismic crustal deformation // Journal of Physics of the Earth. 1995. V. 43. P. 697-713.
6. Zaytsev A., Kurkin A., Pelinovsky E., Yalciner A.C. Numerical tsunami model NAMI-DANCE // Science of Tsunami Hazards. 2019. V. 38. No. 4. P. 151-168.