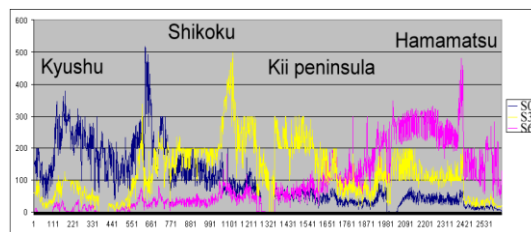


## Аппаратный ускоритель системы предупреждения об опасности цунами Hardware Accelerator for the Tsunami Warning System

Авторы: Лаврентьев М.М., Лысаков К.Ф., Марчук Ан.Г., Облаухов К.К., Шадрин М.Ю.

Authors: Lavrentiev M.M., Lysakov K.F., Marchuk An.G., Oblaukhov K.K., Shadrin M.Yu

Разработан и протестирован спецвычислитель на базе программируемых пользователем вентильных матриц (Field Programmable Gates Array – FPGA), который в составе персонального компьютера позволяет с высокой производительностью численно решать систему уравнений мелкой воды. Моделирование распространения цунами в течение 90 минут на сетке размером 3000x2496 узлов занимает 25 секунд. Достигнутая точность решения не уступает мировому уровню. Высокая производительность достигнута за счет разработки и оптимизации параллельных вычислительных конвейеров, практически полностью использующих потенциал аппаратной части вычислителя. Применение вычислителя при оценке опасности волны цунами позволяет за несколько минут произвести расчет распространения волны цунами по акватории Тихого океана на сетке с разрешением 3,6 км. В случае цунами, так называемой ближней зоны, когда волна цунами доходит до ближайшего побережья примерно за 20 минут, применение вычислителя позволяет говорить о создании системы предупреждения об опасности цунами для данного участка побережья, работающей в режиме реального времени.



Общий вид вычислителя на базе кристалла FPGA семейства Xilinx Virtex-7 (слева).  
Пример расчета распределения высот волны вдоль юго-западного побережья Японии  
для трёх разных расположений источника цунами (справа)

General shape of the calculator based on Xilinx Virtex-7 FPGA (left).  
Example of the computation of wave height distribution along the South-West coast  
of Japan for three different locations of the tsunami source (right)

An FPGA (Field Programmable Gates Array) based specialized calculator has been developed and tested. This calculator makes it possible for a regular PC to achieve high-performance numerical solution to the shallow water system. It takes just 25 seconds to simulate 90 minutes tsunami wave propagation at 3000x2496 nodes mesh. Such high performance has been achieved by development and optimization of parallel calculation pipelines, which utilize practically all resources of the hardware platform in use. Using the calculator to evaluate the danger of a tsunami wave, one can compute tsunami wave propagation over the entire Pacific Ocean on a 3,6 km resolution mesh within several minutes. In the case of the so-called near-field tsunami (the wave is approaching the nearest dry land in 20 minutes), the calculator provides a good basis for the real-time-mode tsunami warning system.

### Публикации:

1. Lavrentiev M.M., Romanenko A.A., Oblaukhov K.K., Marchuk An.G., Lysakov K.F., Shadrin M.Yu. FPGA based solution for fast tsunami wave propagation modeling // The 27th International Ocean and Polar Engineering Conference (San Francisco, California, USA, 25–30 June, 2017). International Society of Offshore and Polar Engineers, 2017. P. 924–929.
2. Lysakov K.F., Lavrentiev M.M., Marchuk A., Oblaukhov K., Shadrin M.Yu. FPGA-based modelling of the tsunami wave propagation at South Japan Water Area // Oceans'18 MTS / IEEE Kobe / Techno-Ocean 2018 (OTO'18) / Kobe, Japan (May 28–31, 2018). – 2018.
3. Lavrentiev M.M., Lysakov K., Marchuk A., Oblaukhov K., Shadrin M. Fast evaluation of tsunami waves heights around Kamchatka and Kuril islands // Science of tsunami hazards. – 2019. – Vol. 38, № 1. – P. 1–13.