

SYSTEM OF SEISMIC OBSERVATIONS IN THE TSUNAMI WARNING SURVEY ON THE FAR EAST RUSSIA

V.N. Chebrov¹, A.A. Gusev^{1,2}, D.V. Droznin¹, V.N. Mishatkin³, V.A. Sergeev¹, Y.V. Shevchenko¹, D.V. Chebrov¹

¹*Kamchatkan branch of Geophysical Survey of RAS, Petropavlovsk-Kamchatsky, Russia*

²*Institute of volcanology and seismology of RAS, Petropavlovsk-Kamchatsky, Russia*

³*Geophysical survey of RAS, Obninsk, Russia*

In 2006–2010 on the Far East Russia, seismological system was modernized by the Geophysical Survey of Russian Academy of Science (GS RAS). For the tsunami warning purposes Seismic Subsystem of Tsunami Warning System (SS TWS) was created. The new generation Seismic Subsystem includes:

- seismic network, consisting of five base specialized digital seismic stations, six auxiliary ones and sixteen strong motion observe points. Base stations represent seismic groups, and located near the towns on the coast.
- three regional informational-processing centers (RIPC) of GS RAS, equipped with satellite communication system. RIPC'es are located in Petropavlovsk-Kamchatsky, Yuzhno-Sahalinsk and Vladivostok.

In addition, for the more accurate estimations of tsunami possibility, Global Seismographic Network data and regional GS stations data are involved in processing.

Strong motion observe points, operated in automatic mode, equipped with the accelerometers and deployed as close to source areas of Kuril-Kamchatka large earthquakes as possible. Maximal ground acceleration in these points may reach g .

All seismic stations are equipped with devices of the same type (velosimeters Guralp CMG-3ESP and CMG-6TD, accelerometers Guralp CMG-5 and CMG-5TD) and software for the digital registration and processing of seismic data in automatic and interactive modes.

Frequency and dynamic ranges of seismometric channels of specialized stations of SS TWS are presented on Fig.1.

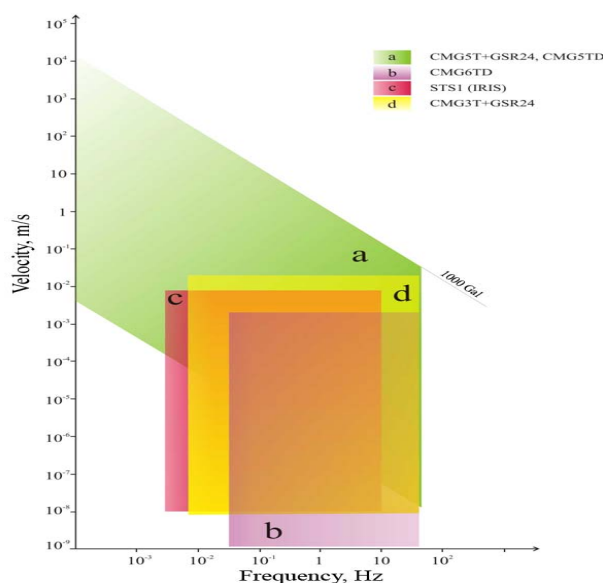


Fig. 1. Seismic channels of SS TWS and their frequency and dynamic ranges

Data collection network is realized on the satellite communication channels (VSAT), on the allocated Internet resources, special radio-Ethernet networks (5.3 GHz) (Fig. 2). Seismic data from

the stations, that involved in SS TWS, are transferred in real time mode to RIPC'es of GS RAS. Software provides visualization of seismic data streams on the monitors and data processing in automatic and interactive modes on the RIPC level.

RIPC'es in Petropavlovsk-Kamchatsky, Yuzhno-Sahalinsk and Vladivostok estimate earthquake parameters at the same time (in parallel). Joint parallel job of RIPC'es is provided by their equal and full access to the all data of all seismic stations of SS TWS. So, this way the RIPC functions reservation is ensured.

The problem of the fastest tsunami warning in the near field is solved based on macroseismic intensity estimations. This estimations are obtained from the data of base stations. Also, knowledge about special distribution of earthquakes in the Kuril-Kamchatka seismic region are used.

New generation Seismic Subsystem of TWS was in experimental operation mode during 2008–2010, and in November 2010, after test-period, was released.

In the zone of responsibility, depending of seismic network coverage, new generation SS TWS allows to realize three levels of tsunami warning. There are different temporal limits for every warning level:

- up to 4 minutes for settlements and coasts equipped with the base station. This warning type implies alarm message only on the local level, for the limited area.
- up to 7 minutes for potential tsunamigenic earthquakes with epicentral distances to any specialized SS TWS station within 200 km. It is supposed to estimate tsunami potential of event according to magnitude-geographic criterion.
- up to 20 minutes for the all zone of responsibility. Tsunami potential for such events is estimated according to magnitude-geographic criterion.

Operating experience of SS TWS, including processing results of March, 11, 2011 Japan earthquake, has allowed us to verify adequacy and reliable of all elements of SS TWS and effectiveness of developed and implemented software and algorithms for seismic data processing in operational mode according to regulations of TWS.

Currently in force TWS regulations do not take into account the real potential of new seismic subsystem. In particular, the technological capabilities of new generation SS TWS provide parallel seismic network data processing on the RIPC'es. Thus, any of ones can monitor all zone of responsibility. Big Japan earthquake (March, 11, 2011) processing results confirm this point of view.

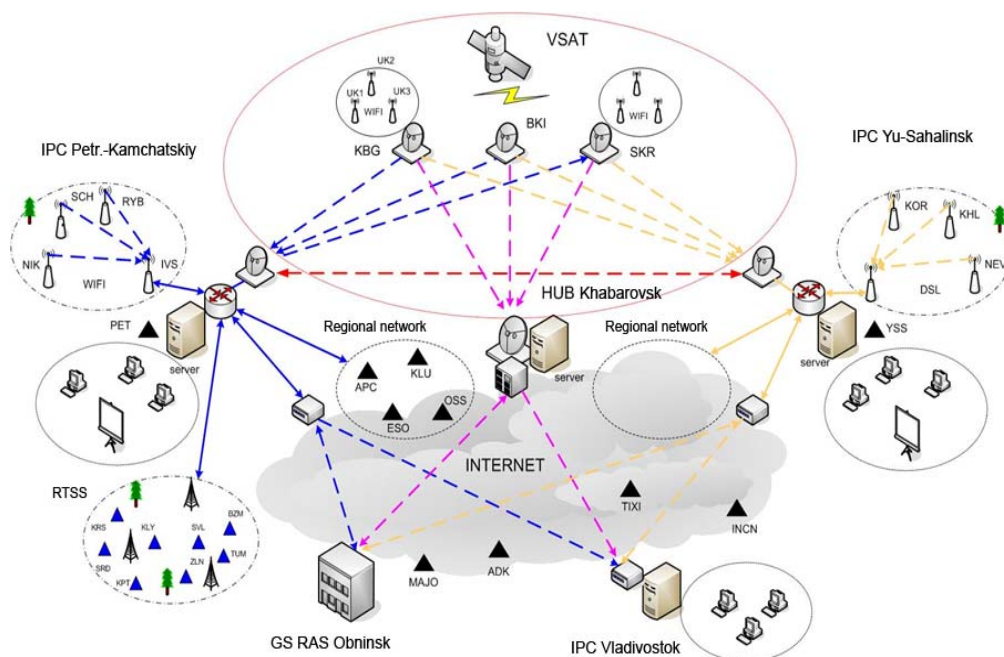


Fig. 2. Structure of distributed informational system of SS TWS

СИСТЕМА СЕЙСМОЛОГИЧЕСКИХ НАБЛЮДЕНИЙ В СЛУЖБЕ ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ О ЦУНАМИ НА ДАЛЬНЕМ ВОСТОКЕ РОССИИ

*В.Н. Чебров¹, А.А. Гусев^{1,2}, Д.В. Дроздин¹, В.Н. Мишаткин³,
В.А. Сергеев¹, Ю.В. Шевченко¹, Д.В. Чебров¹*

¹ Камчатский филиал Геофизической службы РАН, Петропавловск-Камчатский, chebr@emsd.ru

² Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, Петропавловск-Камчатский, gusev@emsd.ru

³ Геофизическая служба РАН, Обнинск, vmish@gstras.ru

В 2006–2010 гг. на Дальнем Востоке России Геофизической службой РАН была проведена модернизация системы сейсмологических наблюдений. В целях предупреждения о цунами была разработана и создана сейсмическая подсистема СПЦ нового поколения, которая включает в себя:

- -сейсмологическую сеть, состоящую из пяти опорных (ОЦС) и шести вспомогательных (ВЦС) специализированных цифровых сейсмических станций, а также 16 пунктов регистрации сильных движений (ПР СД). Опорные станции представляют собой сейсмические группы, расположенные в районах крупных населенных пунктов.
- -три региональных информационно-обрабатывающих центра (РИОЦ) Геофизической службы РАН, оснащенные спутниковой коммуникационной системой. РИОЦ располагаются в Петропавловске-Камчатском, Южно-Сахалинске и Владивостоке.

Кроме того, для уточнения решения о возможности цунами привлекаются данные станций Мировой сейсмической сети (GSN) и станций региональных сетей ГС РАН.

Пункты регистрации сильных движений, работающие в автономном автоматическом режиме, оснащены акселерометрами и установлены максимально близко к очаговым зонам возможных сильных землетрясений в Курило-Камчатском регионе. Максимально возможные ускорения в этих пунктах могут достигать g .

Все сейсмические станции и пункты регистрации сильных движений СП СПЦ оснащены однотипным оборудованием (велосиметрами Güralp CMG-3ESP и CMG-6TD, акселерометрами Güralp CMG-5 и CMG-5TD), однотипными алгоритмами и программным обеспечением цифровой регистрации и обработки сейсмических данных в автоматическом и автоматизированном режиме.

Частотный и динамический диапазоны сейсмометрических каналов специализированных станций СП СПЦ и сети GSN представлены на рис. 1.

Сеть сбора данных реализована на спутниковых (VSAT) каналах связи, на выделенных ресурсах Internet, специализированных радио Ethernet сетях технологической связи диапазона 5.3ГГц, рис. 2. Данные сейсмостанций, вовлеченных в сейсмическую подсистему СПЦ, передаются в реальном масштабе времени в информационно-обрабатывающие центры Геофизической службы РАН. Программное обеспечение СП СПЦ обеспечивает отображение потоков сейсмических данных в реальном времени на мониторах, автоматическую и автоматизированную оценку параметров сильного землетрясения на уровне ИОЦ. Региональные ИОЦ ГС РАН в городах Петропавловск-Камчатский, Южно-Сахалинск и Владивосток одновременно (параллельно) решают задачу определения параметров сильных землетрясений. Параллельная работа региональных ИОЦ обеспечивается созданием их равного и полного доступа к данным всех сейсмических станций, вовлеченных в службу предупреждения о цунами. Это обеспечивает резервирование выполнения функций каждого ИОЦ.

Задача максимально быстрого предупреждения о цунами в ближней зоне решается в автоматическом режиме по данным опорной специализированной сейсмической станции на основе оценки макросейсмической интенсивности (балльности) с использованием знаний о пространственно-временных закономерностях распределения очагов сильных землетрясений в Курило-Камчатской сейсмофокальной зоне.

Сейсмическая подсистема СПЦ нового поколения в 2008–2010 гг. прошла апробацию и в ноябре 2010 г. по результатам испытаний была принята в эксплуатацию.

В зоне ответственности, в зависимости от обеспеченности сейсмологическими наблюдениями, СП СПЦ нового поколения позволяет реализовать три уровня тревоги цунами с различными временными ограничениями:

- до 4 минут для населенных пунктов или участков побережья, где установлены опорные станции. Сообщение о возможности цунами в этом случае передается только на локальном уровне, то есть для конкретных населенных пунктов или участков побережья.
- до 7 минут – для потенциально цунамигенных землетрясений с очагами до 200 км от любой специализированной станции СП СПЦ с оценкой цунамигенности события по магнитудно-географическому критерию.
- до 20 минут – по всей зоне ответственности СПЦ в соответствие с магнитудно-географическим критерием.

Опыт эксплуатации СП СПЦ, в том числе результаты обработки землетрясения 11 марта 2011 г. в Японии, позволили проверить адекватность и надежность всех элементов сейсмической подсистемы СПЦ и эффективность разработанных и внедренных алгоритмов и ПО обработки сейсмологических данных в оперативном режиме по регламентам СПЦ.

Действующие сегодня в СПЦ на Дальнем Востоке регламенты не учитывают всех возможностей новой сейсмической подсистемы. В частности, технологические возможности СП СПЦ нового поколения обеспечивают параллельную обработку данных по полной сети станций всеми РИОЦ. Таким образом, все РИОЦ в дублирующем режиме способны контролировать зону ответственности СПЦ в целом. Результаты обработки землетрясения 11 марта 2011 г. и его афтершоков это подтверждают.

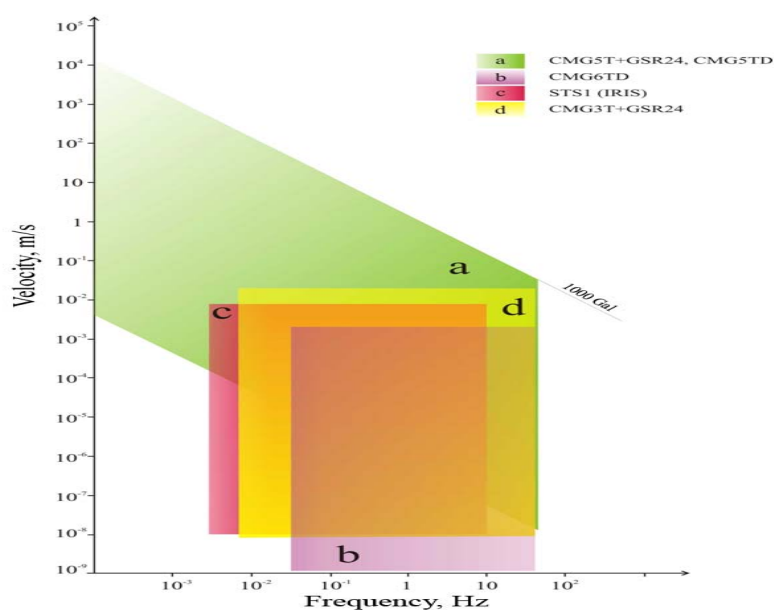


Рис. 1. Диапазоны сигналов, регистрируемые каналами сейсмической подсистемы СПЦ

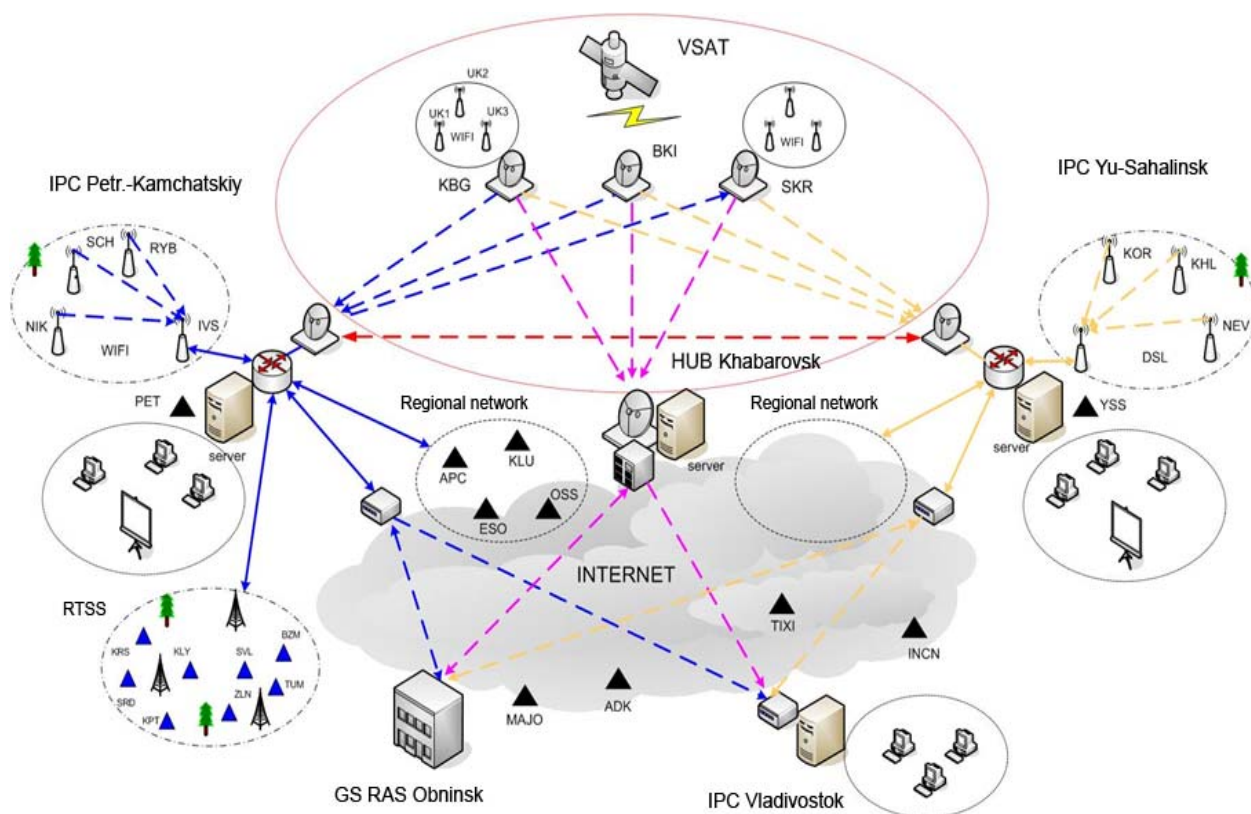


Рис. 2. Структура распределенной информационной системы сейсмической подсистемы СПЦ