

## ОПОРНАЯ СТАНЦИЯ СП СПЦ «ПЕТРОПАВЛОВСК». РЕЗУЛЬТАТЫ ОПЫТНОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ.

*Викулина С.А., Ототюк Д.А.*

*Камчатский филиал Геофизической службы РАН, Петропавловск-Камчатский  
[oppets3@emsd.ru](mailto:oppets3@emsd.ru)*

### **Введение**

В 2007 г. были проведены пуско-наладочные работы и автономные комплексные испытания оборудования опорной цифровой станции (ОЦС) сейсмической подсистемы Службы предупреждения о цунами (СП СПЦ) «Петропавловск». С 20.06.2008г. ОЦС «Петропавловск» была введена в режим опытной эксплуатации, которая проводилась в соответствии с разработанной и утвержденной программой и методикой ГСКФ.43 1410.003 ПМ [1], а также руководствуясь документами [2, 3)]. Основные цели опытной эксплуатации: оценка технических характеристик ОЦС «Петропавловск» и проверка их соответствия требованиям ТЗ на реальных сейсмических сигналах при работе дежурного персонала станции.

Работа, в режиме предупреждения Цунами на станции Петропавловск, проводится с 1959г. По существующему регламенту (все 50 лет) на обработку землетрясения, удаленных от станции до 1000 км, и объявление тревоги Цунами оператору давалось не более 10 минут. С вводом в работу СП СПЦ нового оборудования и технологий время на обработку и объявление тревоги Цунами должно быть снижено до 7 минут.

### **Порядок опытной эксплуатации**

*Состав функций ОЦС «Петропавловск», подлежащих опытной эксплуатации*

- ОЦС «Петропавловск» должна обеспечивать производство непрерывных сейсмических наблюдений.
- Обработка данных на локальном уровне для сильных землетрясений ( $M > 6.0$ ) с эпицентральной расстоянием до 200 км, формирование сигналов предупреждения о цунами по данным одной станции/
- Обработка данных на региональном уровне для сильных землетрясений ( $M > 6.0$ ) с эпицентральной расстоянием до 200 км по данным двух и более станций СП СПЦ.
- Обработка данных сильных землетрясений в дальней зоне.
- Программное обеспечение ОЦС «Петропавловск» на этапе опытной эксплуатации: ПО «Дисплей Реального Времени»;
- ПО интерактивной обработки сейсмических сигналов DIMAS.

*Информационное обеспечение ОЦС «Петропавловск» на этапе опытной эксплуатации:*

- Руководство по эксплуатации акселерометра CMG-5.
- Руководство по эксплуатации акселерометра CMG-3ТВ
- Руководство по эксплуатации регистратора GSR-24
- Руководство пользователя программы GeoDAS
- База данных (БД) цифровых сейсмограмм сильных (цунамигенных) землетрясений Дальнего Востока РФ в 1993-2007 гг.
- Временное руководство пользователя ПП СПСПЦ-1
- Описание форматов входных и выходных данных ОШЦСС, ВШЦСС, ИОЦ

Опытная эксплуатация первой очереди СПСПЦ и ее частей (ОШЦСС, ВШЦСС, ИОЦ) проводилась на сейсмических данных, получаемых в реальном масштабе времени и на имеющихся цифровых сейсмограммах сильных (цунамигенных) землетрясений Дальнего Востока РФ 1993-2007 гг.

*Порядок регистрации результатов опытной эксплуатации и выявленных недостатков*

Во время опытной эксплуатации части СПСПЦ велись рабочие журналы, в которые заносились сведения о продолжительности функционирования, отказах, сбоях, аварийных ситуациях, изменениях параметров каналов регистрации, результатах выполнения основных функций назначения,

проводимых корректировках документации и программных средств, наладке технических средств. Сведения фиксировались в журналах с указанием даты и ответственного лица. В журналы вносились замечания персонала по удобству эксплуатации ПО ОЦС «Петропавловск».

Обучение персонала станции проводилось на волновых формах землетрясений на станциях сети IRIS северо-востока России и на цифровых широкополосных станциях Камчатской региональной сети. Каталог землетрясений с  $M \geq 6.5$  за 1993-2007 гг. представлял 132 события, расположенные в северо-западной части Тихого океана.

В ходе опытной эксплуатации проводился анализ, выявлялись неточности, погрешности программы. Вносились предложения, которые доводились до разработчика программы. В результате этого появились временные инструкции для пользователя, вносились изменения в программу, которые существенно повлияли на скорость обработки землетрясений. На сегодняшний день еще не все пожелания учтены.

Новым технологическим элементом в работе персонала станции «Петропавловск» - вывод на мониторы ДРВ сейсмограммы в реальном режиме времени для постоянного визуального контроля. Что очень важно в работе службы цунами, а так же службы срочных донесений.

Проводилась работа по представлению сейсмических сигналов на мониторах ДРВ: вертикальный масштаб - приведение к привычному виду, получаемому на приборах видимой записи (рис. 1). Проводилась работа над порогом срабатывания сигнала тревоги (ALARM) по каждой станции СП СПЦ, участвующей в определении параметров землетрясения, заняло.

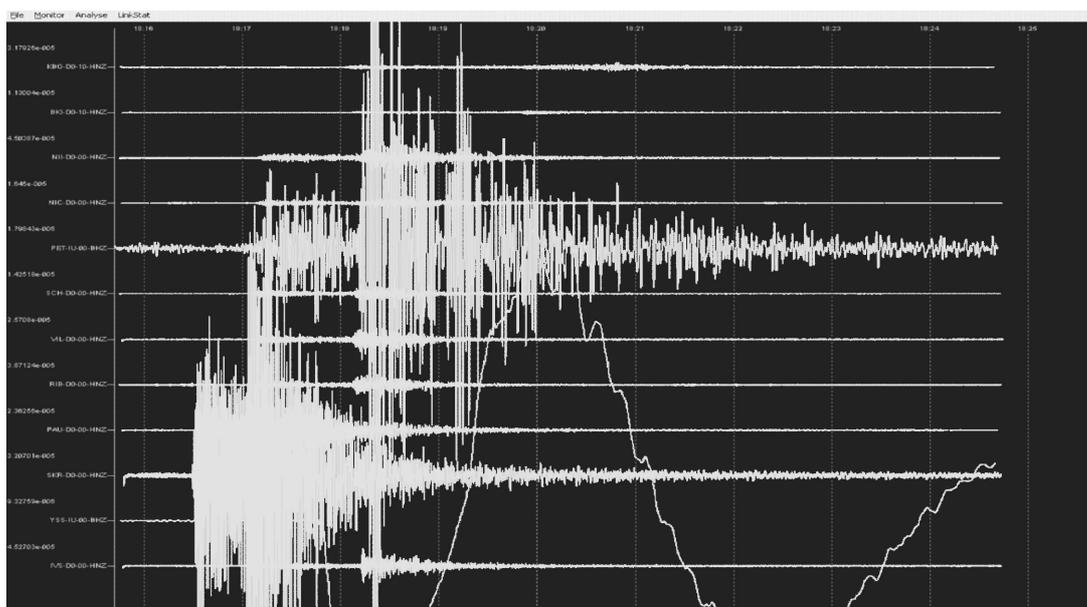


Рис. 1 Внешний вид экрана ДРВ, видимая запись близкого землетрясения, Средние Курилы.

Опытным путем были выведены пороги срабатывания сигнала конкретно для каждой станции СП СПЦ. Опорной станцией в этом случае служила станция «Петропавловск».

Для удобства оператора было принято, что работа будет проводиться по двум мониторам реального времени (был учтен опыт работы с сетью РТСС – «Тест сети»).

Первый – «Ближняя зона» - каналы СП СПЦ (все акселерометры) + IRIS (PET и YSS).

Второй – «Дальняя зона» - велосиметры СП СПЦ + все IRIS.

Набор станций по каждому экрану выбирался с учетом зоны ответственности станции «Петропавловск». «Ближняя зона» - зона ответственности до 1000км. «Дальняя зона» - зона ответственности Дальний Восток (Японское море, Тихоокеанский регион).

Звуковая сигнализация ALARM по каждому экрану настроена на разные частоты, что позволяет оператору по звуку сразу оценить – близкое это землетрясение или удаленное и какой у него запас по времени до подачи Срочного донесения или подачи тревоги Цунами.

Для лучшего восприятия и удобства оператора принята конфигурация экрана реального времени ОЦС «Петропавловск» - станции СП СПЦ на мониторах располагаются не по алфавиту, а по географической широте, что способствует более быстрой и точной оценке местоположения эпицентра.

#### **Основные результаты опытной эксплуатации ОЦС «Петропавловск» и первой очереди СП СПЦ в течение 2008-2009 годов:**

1. Новое оборудование, программное обеспечение и технология обработки, созданные в рамках ФЦП для опорной станции для СП СПЦ, позволяют уменьшить время для оценки параметров землетрясений в ближней зоне и повысить их достоверность (рис.2).

2. В процессе опытной эксплуатации было выявлено, что оценки глубины землетрясений, получаемые в результате обработки события, сильно зависят от количества станций, участвующих в обработке, от расположения этих станций в пространстве относительно очага, от наличия волны S (сколько операторов столько и оценок глубины). Так как цунамигенные землетрясения в 90% в основном происходят на глубинах до 100км, было принято решение начинать определение параметров землетрясений с глубины 33км.

3. Сделана предварительная оценка полученных в ходе опытной эксплуатации магнитуд землетрясений. Для принятия решения, о тревоге Цунами по сейсмологическим данным в зоне ответственности станции «Петропавловск», установлено пороговое значение магнитуды (по поверхностным волнам) землетрясения  $M_S \geq 7.0$ . Введена станционная магнитудная поправка +0.5.

4. Так же стало ясно, что предложенная для ближней зоны (до 1000км) магнитуда  $M_{S20}$  требует дополнительных исследований (рис. 3).

5. При взятии энергетических характеристик (класс, магнитуда) у землетрясений по ближайшей станции от эпицентра события, не дожидаясь выхода всей волновой картины по станции «PET», время обработки может быть сокращено на 2 минуты. Наблюдается достаточно четкая корреляция между классами определенными по прибору СКМ-3 станции «PET» и акселерометром станции «IVS», входящей в ОЦС «Петропавловск» (рис. 4).

6. При обработке удаленных землетрясений в режиме Службы Срочных Донесений при наложении во времени нескольких событий невозможно разделить фазы первых вступлений от разных событий.

7. В случае сильного цунамигенного землетрясения с  $M \geq 7,5$  сейсмометрические каналы станций в ближней зоне с велосиметрами будут перегружены (зашкалены) и операторы должны уметь работать по записям приборов сильных движений. Для корректной оценки энергии землетрясения по записям акселерометров сейчас необходимо процессе эмуляции в стандартные каналы. Это ведет как к увеличению времени обработки, так и к потере точности. Необходимо провести дополнительные работы по определению порога срабатывания сигнализации по приборам сильных движений (акселерометры) из расчета 14 класс в радиусе до 200км, по оценке параметров землетрясений по сигналам ускорения (каналы акселерометров без эмуляции в скорость или смещение).

8. Для сильных землетрясений из ближней зоны (когда поверхностная волна просто не успевает сформироваться) необходимо внедрять кроме принятых сейчас в СПЦ магнитуд  $M_S$  и  $M_{S20}$  другие магнитудные оценки по группе P волн. Это будет важно для оператора в момент принятия решения в критической ситуации.

9. За время опытной эксплуатации ОЦС и первой очереди СП СПЦ операторы сейсмостанции «Петропавловск» два раза объявляли тревогу Цунами - 15.01.2009г. и 7.04.2009г. При этом время на обработку и объявление тревоги Цунами не превышало 9 минут.

#### **Заключение**

Технические характеристики ОЦС «Петропавловск», полученные по результатам опытной эксплуатации СП СПЦ в основном соответствуют требованиям ТЗ.

В ходе опытной эксплуатации сделан ряд замечаний по технологии и ПО обработки сигналов и оценки параметров землетрясений.

Внесены предложения по совершенствованию технологии и ПО обработки сигналов и оценки параметров землетрясений, направленные на сокращение времени выработки сигнала тревоги Цунами.

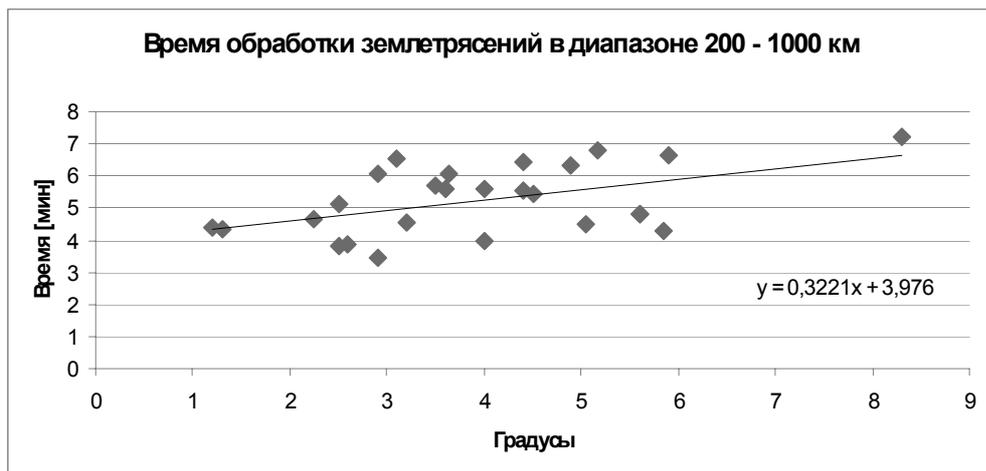
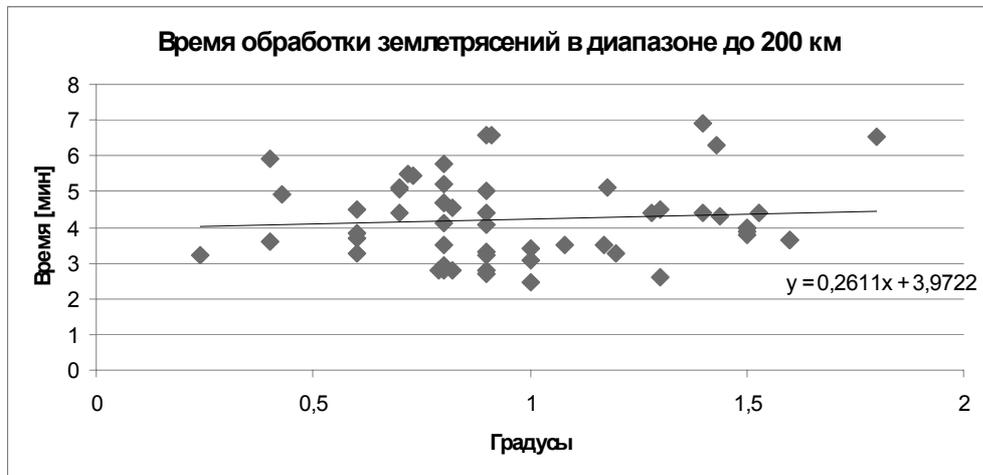
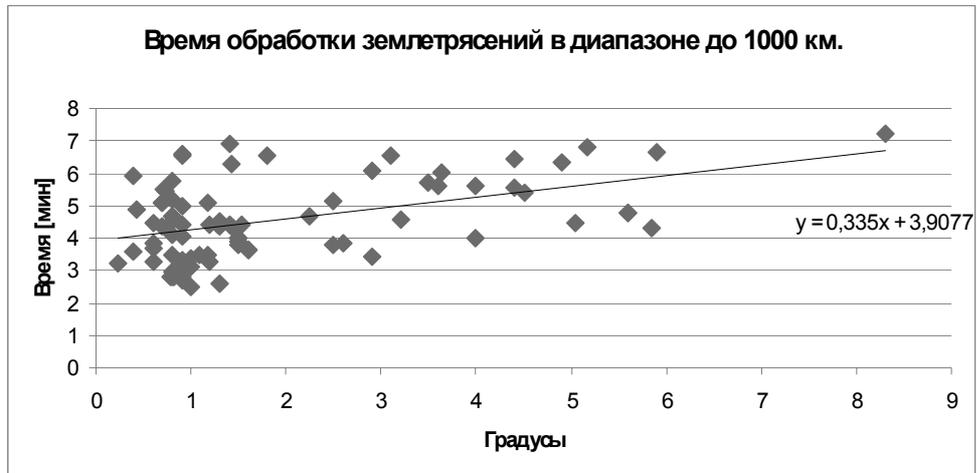


Рис. 2. На рисунке приведено время обработки событий в зоне до 200км., 200-1000 км, общий график до 1000км. Видно, что облако решений лежит в районе 3-7 мин.

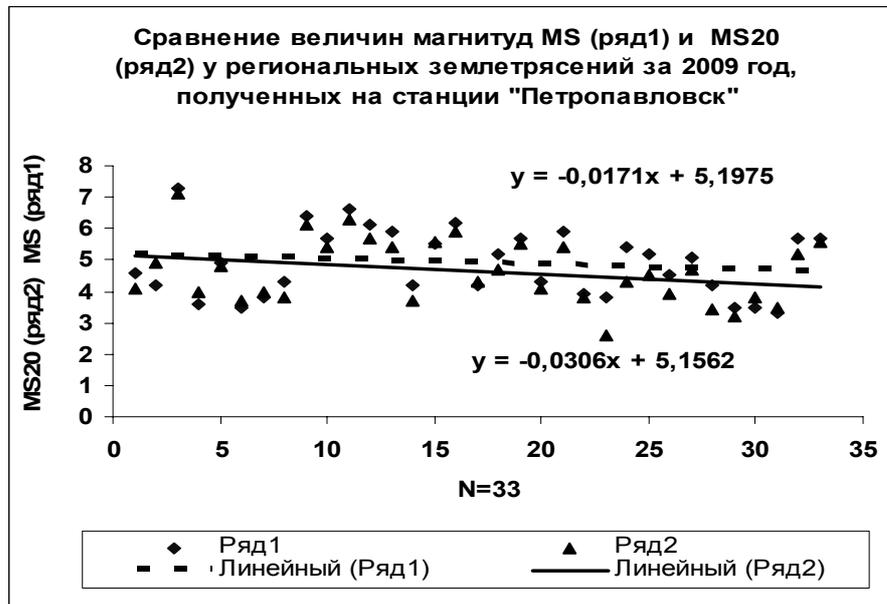


Рис.3. Оценка расхождения в оценках магнитуд MS и MS20



Рис. 4 Сравнение оценок энергетических классов по записям прибором СКМ-3 станции «PET» и акселерометром станции «IVS»

### Список литературы

1. ГСКФ. 43 1410.003 ПМ – Первая очередь сейсмической подсистемы Службы предупреждения о цунами (СП СПЦ-1). Программа опытной эксплуатации СП СПЦ-1 и ее частей.
2. ГСКФ. 43 1410.001 ИЗ – Пакет программ Первой очереди сейсмической подсистемы Службы предупреждения о цунами (СП СПЦ-1). Временное руководство пользователя.
3. ГСКФ. 43 1410.001 РЭ – ПТК опорной сейсмической станции «Петропавловск». Временное руководство по эксплуатации.