

**РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТЫ РИОЦ «ПЕТРОПАВЛОВСК» В РАМКАХ СЛУЖБЫ
ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ О ЦУНАМИ И СЛУЖБЫ СРОЧНЫХ ДОНЕСЕНИЙ В 2012–2013**

Ототюк Д.А., Чебров Д.В., Викулина С.А.,

*Камчатский филиал Геофизической службы РАН, г. Петропавловск-Камчатский,
oppets2@emsd.ru*

Введение

После коренной модернизации Системы предупреждения о цунами в 2006–2011 гг, Региональный информационно-обрабатывающий центр (РИОЦ) «Петропавловск» продолжает выполнять свои обязанности в новых условиях, на основе новых методов обработки данных. Изменилось техническое оснащение СПЦ, ее структура и принцип организации. Следовательно, в лучшую сторону изменились характеристики Системы, в частности ее возможности по обнаружению и обработке землетрясений. Во-первых, увеличилось количество сейсмических станций, данные которых привлекаются к обработке в рамках СПЦ. Установлены специализированные широкополосные приборы по всему Дальнему Востоку России. Кроме того, привлекаются также данные других сетей: Камчатской региональной сейсмической сети, а также Всемирной сейсмической сети, также известной как сеть IRIS. Во-вторых, определение параметров землетрясений теперь производится по данным всех доступных на момент обработки станций, а не по данным одной станции, как это было в СПЦ старого образца. В-третьих, современные средства связи позволяют ускорить доставку сообщения о землетрясении и его параметров. Очевидно, что улучшенные характеристики системы должны найти отражение в регламентах и нормативах. [1, 2]

Существует два способа оценить характеристики системы: теоретический, или расчетный, основанный на ряде допущений, и практический, основанный на результатах опытной эксплуатации. Основной плюс теоретического способа – это относительная быстрота, с которой можно получить конечный результат. Недостаток же заключается в том, что точность оценки сильно зависит от сделанных начальных предположений. В случае оценки характеристик времени реакции СП СПЦ, например, очень важно правильно оценить временные задержки на разных этапах передачи данных. Как показывает практика, чрезвычайно сложно учесть все влияющие факторы. Оценка характеристик системы на основе опытной эксплуатации показывает реальную картину в целом. Естественный недостаток этого способа – это то, что требуется некоторое время, чтобы получить реальные данные испытаний. В случае же больших систем и редко повторяющихся событий, это время может исчисляться годами. К счастью, в таком сейсмоактивном регионе как Камчатка и Курилы достаточно нескольких месяцев, чтобы можно было делать первые выводы.

В 2011 г сдается в эксплуатацию модернизированная Сейсмическая подсистема Системы предупреждения цунами (СП СПЦ). Станция «Петропавловск» входит в РИОЦ «Петропавловск» как сектор «Петропавловск-Цунами» лаборатории исследования и мониторинга сильных землетрясений и переезжает в новое здание Межрегионального центра сбора, обработки и передачи мониторинговой и прогнозной информации о сейсмических событиях Дальнего Востока и цунами. После начала работы в новых условиях продолжилось развитие технических средств, составляющих рабочее место оператора. Эти работы проводятся при постоянном контроле качества обработки данных.

В настоящей работе обсуждается модернизация технических средств рабочего места оператора, а также качество работы РИОЦ «Петропавловск» в 2012–2013 гг, в том числе и обработка по регламентам СПЦ сильных землетрясений с магнитудами, близкими к установленному порогу цунамигенности. Полученные результаты свидетельствуют о стабильно высокой точности и скорости оценок параметров очагов землетрясений, получаемых в оперативном режиме.

Развитие технического оснащения рабочего места оператора

После принятия СП СПЦ в эксплуатацию создаются условия для повышения качества работы операторов СПЦ и ССД (Служба Срочных Донесений). На основе существующих программных инструментов создается «Обзорная панель оператора». Обзорная панель позволяет операторам дежурной смены в удобной форме считывать информацию с Дисплеев реального времени (ДРВ), отслеживать развитие сейсмического процесса, получать информацию о работе коллег из РИОЦ «Южно-Сахалинск» и «Владивосток». «Обзорная панель» становится основным инструментом оператора. Работа сектора «Петропавловск-цунами» переходит на качественно новую ступень —

мониторинг сейсмической обстановки в Дальневосточном регионе, что в целом полностью соответствует задачам поставленным федеральной целевой программой.

«Обзорная панель» состоит из двух комплектов 40-дюймовых мониторов подключенных к двум системным блокам (2 X 4).

Содержание экранов первого комплекта:

1. Программа с рабочим названием «ПОДСКАЗКА» которая показывает на батиметрической карте Дальневосточного региона эпицентр землетрясения определенный оператором, глубину моря в этом месте (программа работает с Web-формой представленной на экране 4). В дальнейшем при совпадении некоторых граничных условий (магнитуда больше 7; морские координаты и глубина моря более 2000 м, глубина гипоцентра менее 120 км) будет подаваться специальный сигнал оператору и выводится справочная информация.
2. Дисплей реального времени (ДРВ) «Мировой». На этот экран выведены в режиме реального времени станции мировой сети IRIS и некоторые широкополосные приборы сети Камчатского филиала (фильтрованные каналы [10—60] сек). Наложенный фильтр соответствует стандартному прибору СД-1. Эти настройки позволяют обнаруживать первые вступления и поверхностные волны от удаленных землетрясений. Порог срабатывания сигнализации настроен на землетрясения магнитудой $M_S > 6.0$ на расстоянии 30 градусов от ближайшей станции.
3. Выведены данные сейсмического агентства NEIC. Добавлен столбец отражающий расстояние до эпицентра от станции «Петропавловск» в градусах. Обновляется каждые 30 сек., что позволяет также следить за сейсмической обстановкой в Мире.
4. «Рабочая таблица оператора» в которой оперативно отражаются все решения произведенные СП СПЦ по событиям, произошедшим в Дальневосточном регионе за последние два часа. Также выводятся определения программ-автоматов «БЛИЦ», «SeisComp», а также срочные донесения Геологической службы США (код «USGS») и ГС РАН (г. Обнинск, код «OBN»). Таблица обновляется раз в 30 с. Эта информация позволяет оператору в условиях жесткого лимита времени сравнивать свое решение с другими.

Экраны второго комплекта содержат:

1. Визуально отражает работу программ-автоматов «БЛИЦ» и «SeisComp».
2. Дисплей реального времени «Слабые события». На этот экран выведены в режиме реального времени широкополосные станции сети Камчатского филиала и Дальневосточные станции сети IRIS. На каналы наложен фильтр [0.2—3] сек., что приблизительно соответствует полосе пропускания стандартного прибора СКМ-3. Эти данные позволяют обнаруживать первые вступления и визуально контролировать развитие процесса близких (до 20 градусов) слабых землетрясений. Порог срабатывания сигнализации настроен на магнитуду $M_S > 4.5$ ($K_S > 10$) на расстоянии 200 км. от ближайшей станции.
3. Дисплей реального времени «Камчатский». На этот экран выведены в режиме реального времени широкополосные станции и приборы сильных движений (акселерометры) сети Камчатского филиала и Дальневосточные станции сети IRIS. На сейсмограммы наложен фильтр [0.2—18] с, что приблизительно соответствует полосе пропускания стандартного прибора СКД. Такие данные позволяют выделять первые вступления и визуально контролировать развитие процесса близких (до 20 градусов) сильных землетрясений. Порог срабатывания сигнализации настроен на магнитуду $M_S > 6.5$ ($K_S > 14$) на расстоянии 200 км. от ближайшей станции.
4. Дисплей реального времени «Акселерометры». На этот экран выведены в режиме реального времени приборы сильных движений (акселерометры) сети Камчатского филиала. Позволяет выделять первые вступления и визуально контролировать развитие процесса близких (до 20 градусов) сильных и сильнейших землетрясений. Использование акселерометров поможет избежать проблем, связанных с превышением динамического диапазона на более чувствительных приборах.

Обработка потенциально цунамигенных землетрясений по регламентам СПЦ в 2012–2013

В 2012—2013 гг в зоне ответственности ИОЦ сектора «Петропавловск-Цунами» (1000км) произошло шесть землетрясений с магнитудой по поверхностной волне более 6.0 ($M_S > 6.0$).

Очаги всех землетрясений находятся в зоне ответственности Дальневосточных РИОЦ (в 7-минутной зоне ответственности). Первые решения операторами были получены в интервале 5–7 минут. Необходимые мероприятия – отправка АРМ-телеграмм и ALERT (кроме второго события) проводились согласно регламенту.

Табл. 1 Землетрясения с магнитудой $M_S > 6.0$, произошедшие в зоне ответственности РИОЦ «Петропавловск» в 2012–2013

Дата/время	Широта	Долгота	Глубина	M_S	Регион, расстояние от РЕТ	Действия в рамках СПЦ
2012/24/06 03:15:21.1	57.5	163.8	34	6.7	Озерной залив $\Delta = 5.4^0$	Тревога не объявлялась
2012/08/14 02:59:24.5	49.8	145.1	629	7.1	Охотское море $\Delta = 9.3^0$	Ложная тревога
2013/11/16 18:12:38.9	49.2	155.6	81	6.2	Северные Курилы $\Delta = 4.4^0$	Тревога не объявлялась
2013/02/28 14:06:07	50.7	157.7	61	6.4	Северные Курилы $\Delta = 2.4^0$	Тревога не объявлялась
2013/04/19 03:03:30	45.9	151.4	145	6.9	Средние Курилы $\Delta = 8.6^0$	Тревога не объявлялась
2013/05/24 05:46:10	54.5	153.8	694	6.7	Охотское море $\Delta = 3.2^0$	Тревога не объявлялась

Качество работы РИОЦ «Петропавловск» в 2012–2013

Качество работы ИОЦ следует оценивать по точности выдаваемых оценок и их оперативности. Особый интерес представляет вопрос соответствия качества оценок параметров землетрясений предполагаемым требованиям нового регламента СПЦ, которые кратко обсуждались выше. Здесь мы обсудим два важнейших параметра качества работы ИОЦ: полное время реакции СП СПЦ T_r и точность оценки координат $d(\lambda, \varphi)$.

Под полным временем реакции T_r мы будем понимать разницу между временем публикации параметров обрабатываемого землетрясения в базе данных КФ ГС РАН и временем в очаге. Таким образом, полное время реакции СП СПЦ T_r , по своему определению отличается от времени реакции СП СПЦ t_r , норматив на которое устанавливается регламентами на время, которое затрачивает сейсмическая волна, чтобы достичь ближайшей специализированной сейсмической станции.

Кроме времени добегания волны до сейсмостанции, в величину T_r вносят свой вклад задержки, связанные с публикацией сообщения оператора в базе данных. Согласно опыту работы РИОЦ, эти задержки могут достигать одной минуты.

Под точностью оценок координат землетрясений здесь мы будем понимать невязки оценок РИОЦ относительно неких «истинных» координат. Это понятие достаточно условно, поскольку результат расчета сильно зависит от множества факторов, таких как конфигурация сейсмической сети и модель среды. Тем не менее, оценки, произведенные независимыми крупными сейсмическими агентствами можно считать близким к истинным. В качестве таких опорных данных мы выбрали каталог агентства NEIC.

Таким образом, мода распределения ошибок оценки координат на ИОЦ «Петропавловск» для землетрясений, произошедших в «ближней» зоне, по сравнению с данными NEIC, оказалось равной $d(\lambda, \varphi) = 0.288$ градуса дуги большого круга, что составляет около 32 км. Межквартильное расстояние составило около 30 км. Полное время реакции СП СПЦ для таких землетрясений в среднем оказалось равным $T_r = 5$ минут 22 секунда (оценка моды распределения). В подавляющем количестве случаев, решение было опубликовано не позднее 8 минут со времени в очаге.

Таким образом, можно заключить, что СП СПЦ производит оценку параметров землетрясений Дальнего Востока России с вполне приемлемой точностью и достаточной оперативностью.

Заключение

РИОЦ «Петропавловск» ведет работу в рамках Службы предупреждения о цунами и Службы срочных донесений. Это значит, что имеются особые требования к скорости и точности оценок землетрясений, производимых операторами. По результатам работы в 2012–2013 гг можно заключить, что точность таких оценок вполне достаточна для целей СПЦ и ССД: среднее расхождение в координатах, по сравнению с данными других агентств составляет около 30 км.

Магнитудные оценки обсуждались в отдельной работе [3], их качество оказалось также приемлемым: расхождение в оценке магнитуд составило 0.2—0.3 (среднеквадратичное, без учета систематической ошибки). Скорость реакции СП СПЦ для землетрясений в ближней зоне (200 км) в подавляющем количестве случаев не превышает 7 минут (с момента начала регистрации события специализированными станциями) и 20 минут в дальней зоне.

Разрабатываются и внедряются технические и программные средства, повышающие точность и скорость оценок параметров землетрясений. Существенным улучшениям подверглись рабочие места операторов и информационные панели.

Полученный опыт систематизируется и используется в работах над методикой обработки и при разработке новой версии регламента СПЦ.

Список литературы

1. Чебров В.Н. Развитие системы сейсмологических наблюдений для целей предупреждения о цунами на Дальнем Востоке России. // Вестник КРАУНЦ. Серия Науки о Земле. 2007. №1. Вып. №9. С. 27–36.
2. Чебров В.Н., Гусев А.А., В.К. Гусяков В.К., Мишаткин В.Н., Поплавский А.А. Концепция развития системы сейсмологических наблюдений для целей предупреждения о цунами на Дальнем Востоке России. // Сейсмические приборы. 2009. Т.45. № 4
3. Чебров Д.В., Чебров В.Н., Викулина С.А., Ототюк Д.А. Опыт оценки магнитуд сильных землетрясений в РИОЦ «Петропавловск» в рамках службы цунами // IV научно-техническая конференция «Проблемы комплексного геофизического мониторинга Дальнего Востока России». г. Петропавловск-Камчатский. 29 сентября — 5 октября 2013 г.