

УДК 551.46

ОПЫТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТЕЛЕМЕТРИЧЕСКИХ РЕГИСТРАТОРОВ УРОВНЯ МОРЯ В СЛУЖБЕ ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ О ВОЛНАХ ЦУНАМИ

© 2003 П.В. Дущенко¹, Т.Н. Ивельская¹, Г.В. Шевченко²

¹Сахалинское территориальное управление по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды, 693000, Южно-Сахалинск, ул. Западная 78

²Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН, 693022, Южно-Сахалинск, ул. Науки

Проанализирован опыт использования телеметрических комплексов «Хандар», предназначенных для измерения колебаний уровня моря и передачи полученной информации в реальном времени на компьютер службы предупреждения о цунами в Южно-Сахалинске, где реализованы прием, визуализация и анализ поступающих данных.

Для станции, расположенной в Северо-Курильске, проанализированы ситуации в обычную погоду и связанные с повышением энергии длинноволновых процессов при прохождении циклона. Спектры полученных записей сравнивались со спектральными характеристиками цунами, зарегистрированными в данном пункте в прошлом. Для интерпретации полученных результатов было выполнено численное моделирование распространения длинных волн в изучаемом районе.

Информация, получаемая из Усть-Камчатска, обнаруживает значительное уменьшение величины приливов по сравнению с наблюдавшейся ранее в данном пункте. Слабое проникновение приливных волн к месту расположения прибора указывает на его непригодность для регистрации волн цунами и необходимость переноса аппаратуры в более подходящее место.

ВВЕДЕНИЕ

До недавнего времени служба предупреждения о волнах цунами (СПЦ) Сахалинской области основывалась исключительно на сейсмологической информации, хотя методические вопросы использования регистраторов придонного гидростатического давления (колебаний уровня моря) для этих целей подробно изучены достаточно давно (Куликов, 1990; Поплавский и др., 1980). Отсутствие сведений о реальном развитии волнового процесса во времени всегда было одной из самых существенных проблем СПЦ как при подаче, так особенно при принятии решения об отбросе тревоги цунами. Как несвоевременная подача сигнала, так и ложная тревога всегда ведут к неоправданным затратам и вызывают нарекания населения, проживающего в цунамиопасных районах.

В связи с этим Центр цунами Сахалинского управления по гидрометеорологии и мониторингу среды в последние годы предпринимал значительные усилия по установке уровенных постов и организации передачи данных в реальном времени. Вначале были проведены пробные эксперименты

по осуществлению доставки информации о колебаниях уровня в порту г. Холмска в Центр цунами средствами электронной почты (Ивельская и др., 2001). Помимо отработки вопросов приема и визуализации поступающих данных, для наиболее эффективного их использования в работе СПЦ при тревожных ситуациях, анализировались записи всех зарегистрированных в данном пункте цунами, а также было выполнено численное моделирование распространения длинных волн в изучаемой акватории.

В настоящее время установлено три прибора на Курильских островах и Камчатке, но, по существу, информация в реальном времени поступает только от двух из них, причем результаты измерений длинноволновых процессов в поселке Усть-Камчатске порождают много вопросов.

Организации приема данных, их введение в компьютер дежурного по СПЦ и визуализация, устранение прилива и определение точных характеристик цунами, применение полученных результатов для уточнения оперативного прогноза представляют определенные трудности. Первому опыту использования этих данных для совершенствования работы СПЦ посвящена настоящая работа.

ОРГАНИЗАЦИЯ ПРИЕМА УРОВЕННЫХ ДАННЫХ

В конце 1999 года в портах Северо-Курильска и Усть-Камчатка была произведена установка регистраторов цунами. Схема расположения пунктов наблюдения приведена на рис. 1. Это оборудование было получено от Тихоокеанского центра предупреждения цунами (Гавайи, США). Подобные телеметрические комплексы используются Службой погоды США для производства стандартных наблюдений за уровнем океана и для оперативных наблюдений за цунами, ими оснащено около 70 уровневых станций многих стран, входящих в международную Тихоокеанскую систему предупреждения о цунами.

Типичная установка для наблюдений уровня океана включает в себя телеметрический комплекс наряду с традиционными регистраторами придонного гидростатического давления (донными мареографами) и футштоком, однако телеметрический комплекс может использоваться самостоятельно.

Для измерений использовался датчик давления серии РТХ160 фирмы Druck, который обеспечивает точность измерения 0.1% (0.3 см водного столба). Измеритель был установлен в колодце не работающего в настоящее время мареографа на акватории порта Северо-Курильска, регистрация придонного гидростатического давления осуществлялась ежесекундно с последующим двухминутным усреднением.

Прибор соединяется кабельной линией (максимальное удаление до 1.5 км) с универсальной платформой сбора и преобразования данных Logger 555-DCP фирмы Handar. ПСД выполнена на базе IBM-совместимой микро-ЭВМ, имеет 16 аналоговых входов, коммутируемых на 14-разрядный АЦП (погрешность + 0,025 %), а также 12 дискретных входов, в том числе программируемых для «интеллектуальных» датчиков. Часы реального времени с точностью 30 сек/год.

Для передачи данных Logger имеет типовой радиоканал со спутником GOES (GMS), а также возможность подключения к телефонному каналу для

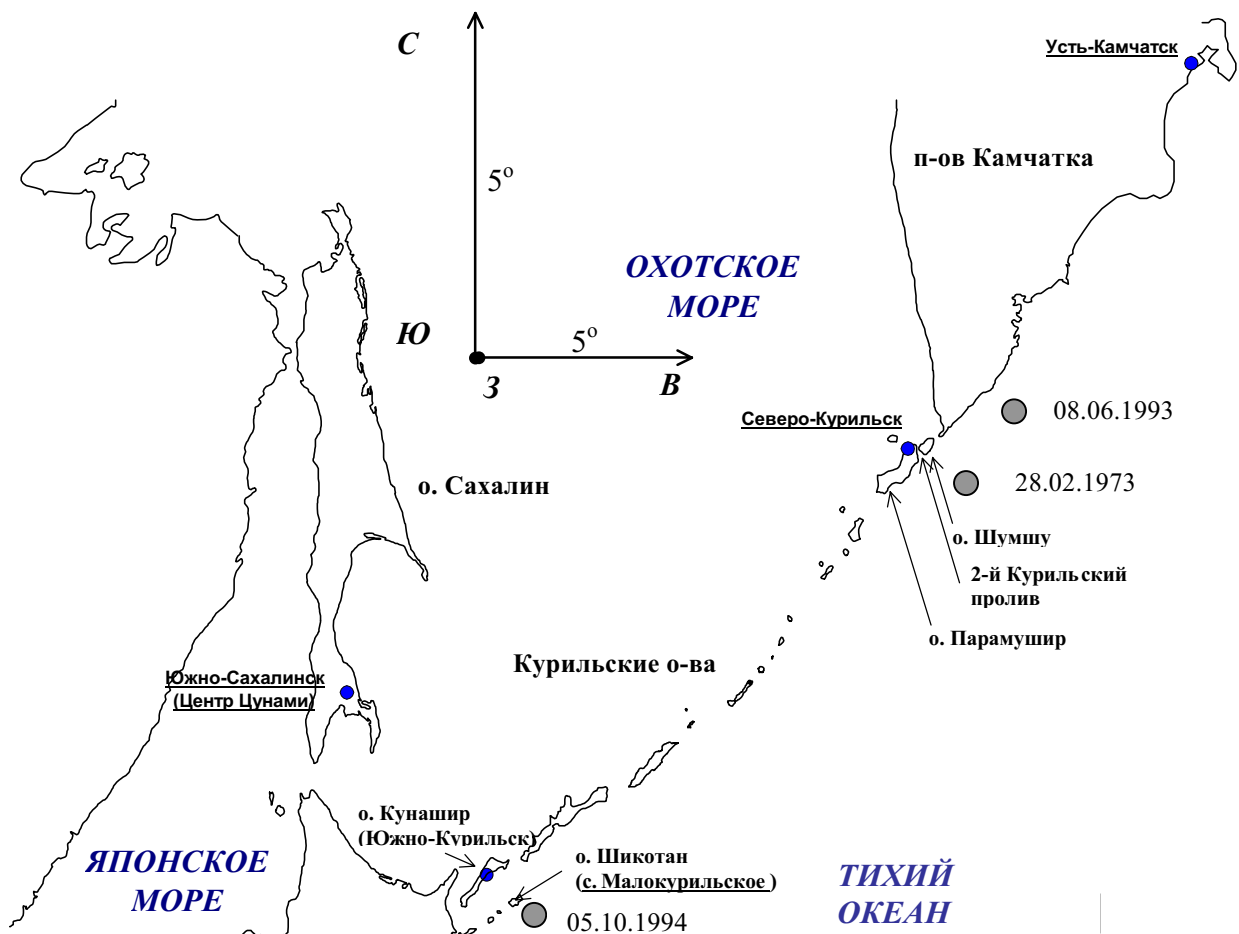


Рис. 1. Карта исследуемого района с указанием мест установки телеметрических комплексов «Хандар». Кружками отмечены очаги цунами, анализировавшихся в данной работе.

ОПЫТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТЕЛЕМЕТРИЧЕСКИХ РЕГИСТРАТОРОВ

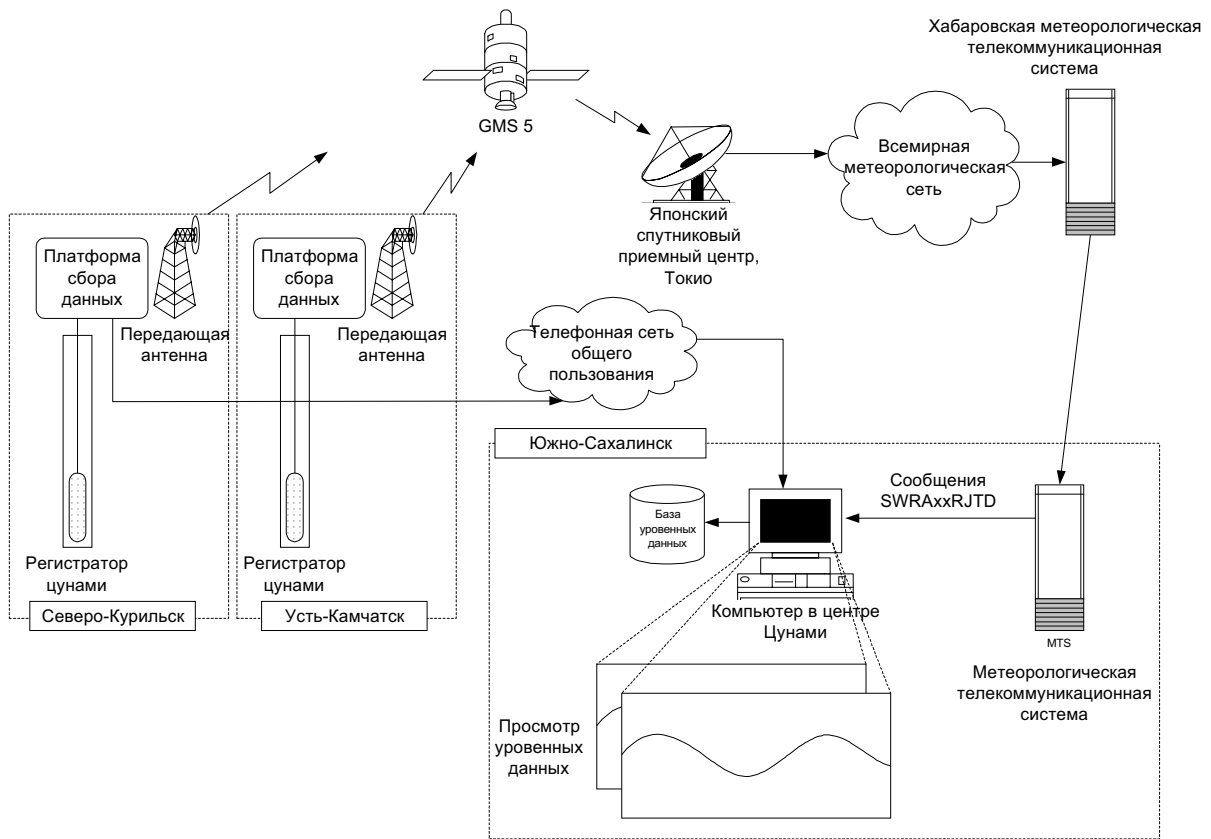


Рис. 2. Схема передачи данных от телеметрических комплексов «Хандар», установленных в г. Северо-Курильске и п. Усть-Камчатске.

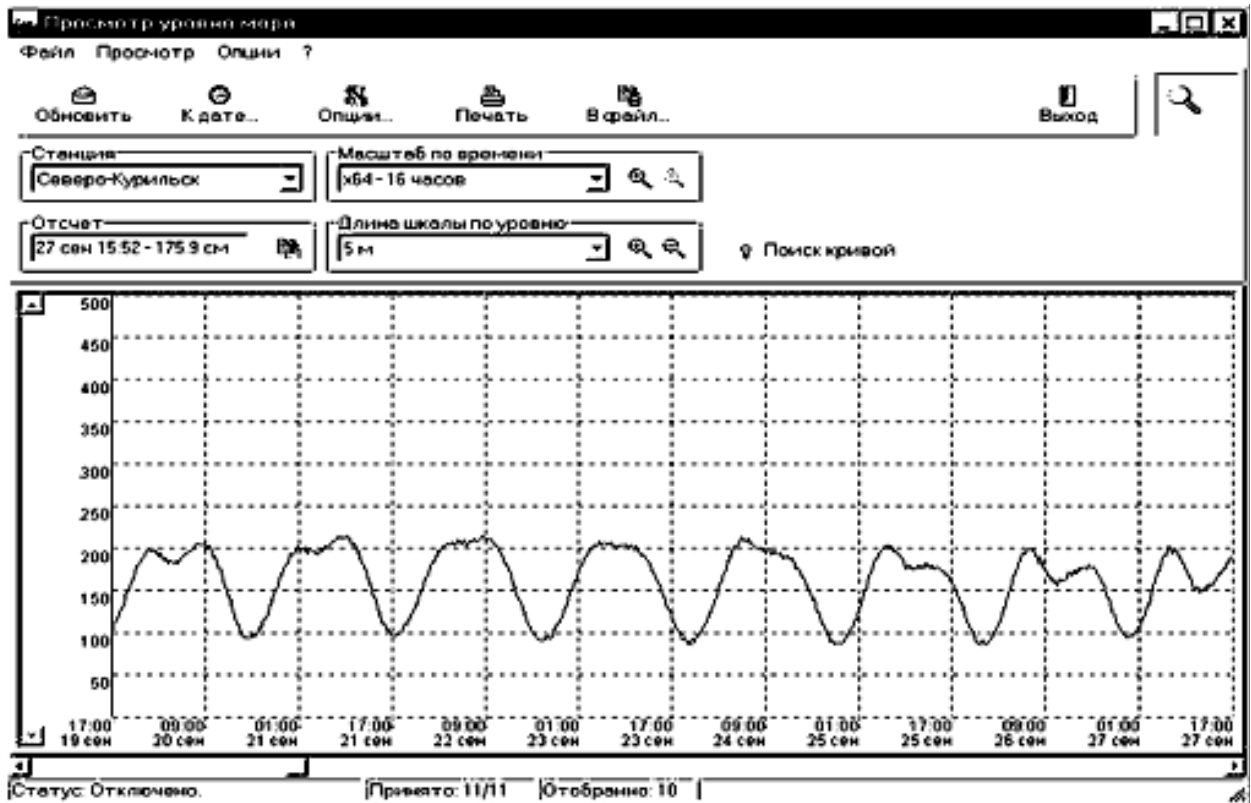


Рис. 3. Представление телеметрических данных в Центре цунами, полученных от регистратора в г. Северо-Курильске.

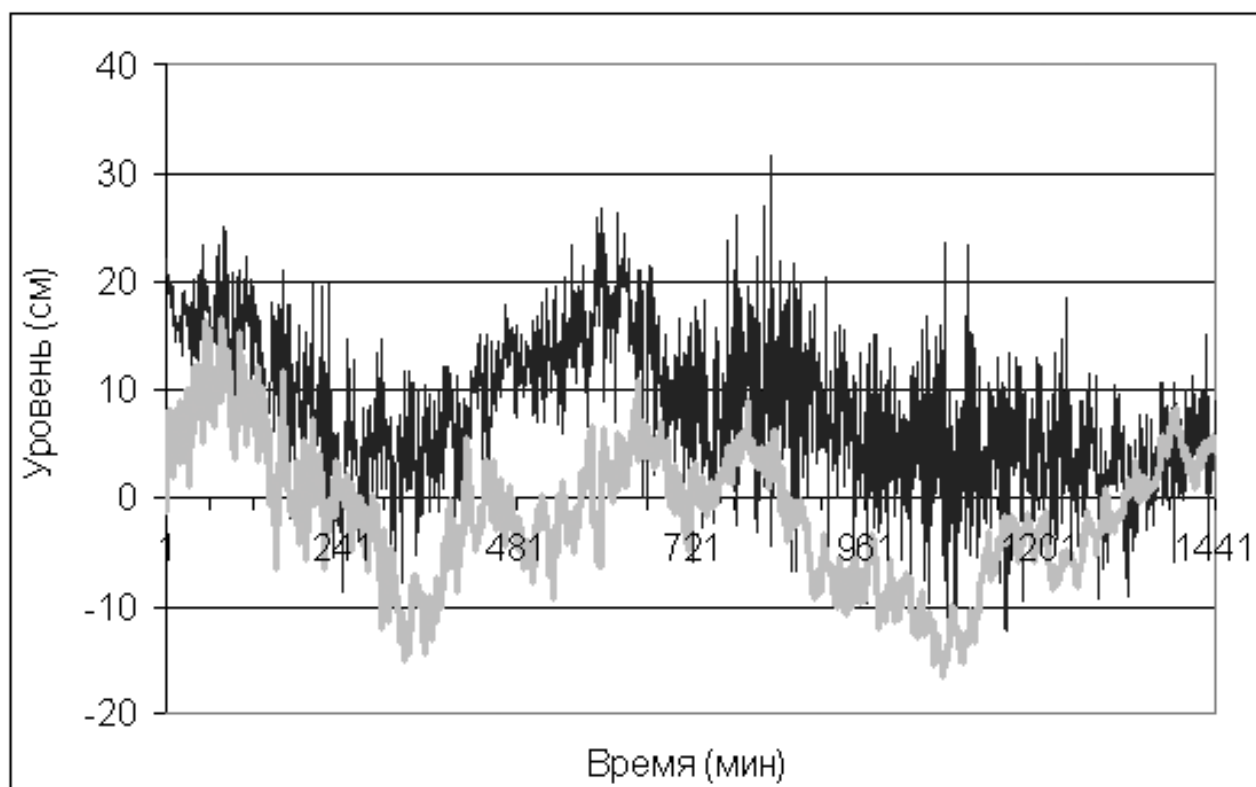


Рис. 4. Отрезки записи длинноволновых колебаний длительностью 1 сутки, полученные при помощи телеметрического комплекса «Хандар» в Северо-Курильске осенью 2000 года в относительно спокойную погоду (толстая линия) и при прохождении циклона (тонкая). Из исходных значений вычтен предвычисленный прилив. Метки на оси времени через один час.

реализации связи с компьютером потребителя информации по электронной почте.

По окончании монтажа платформы сбора данных были включены в режим передачи данных через спутник GMS-5, и от Японского Метеорологического Агентства (Токио) было получено подтверждение нормального прохождения сигнала. Организация радиосистемы осуществлена в соответствии с регламентом международной системы геостационарных метеорологических спутников – работа в жестко-задаваемой сетке частот (в диапазоне 401-402 МГц) и временных интервалов. Объем сообщения 512 знаков (данные передавались блоками по 6 двух-минутных отсчетов), скорость передачи 100 бит/сек.

Кроме того, в Северо-Курильске ПСД «Хандар» была подключена к телефонной линии. В Южно-Сахалинске, из Центра цунами, была осуществлена связь по телефону с ПСД в Северо-Курильске.

Таким образом, помимо спутникового канала связи через Японию, затем через глобальную телекоммуникационную сеть на Хабаровск и на Южно-Сахалинск, имеется возможность прямого выхода через междугороднюю телефонную связь на ПСД в Северо-Курильске и получения данных об уровне

по запросу (рис. 2). Аналогичная система регистрации была реализована на с. Малокурильское (на использование спутникового канала для этой станции Япония согласия не дала), однако из-за низкого качества телефонной связи с островом Шикотан удастся получить лишь отрывочную информацию, что не позволяет использовать эту станцию в работе СПЦ.

В Центре цунами Сахалинского УГМС был создан программно-аппаратный комплекс для приема, визуализации и обработки данных об уровне моря со станций в Северо-Курильске и Усть-Камчатске (с перспективой увеличения количества станций). Программа визуализации получаемых данных о колебаниях уровня моря предназначена для сбора данных на постах регистрации цунами и дальнейшего просмотра мареограмм в виде графика (рис. 3). Кроме сбора данных и просмотра, программа позволяет создавать для любого поста текстовый файл с отсчетами (дискретность наблюдений 2 мин), который может быть использован для анализа колебаний уровня моря в Microsoft Excel, а также в других специализированных программах.

Для отладки программы визуализации уровня данных использовались средства интегрированной среды разработки программ Borland Delphi

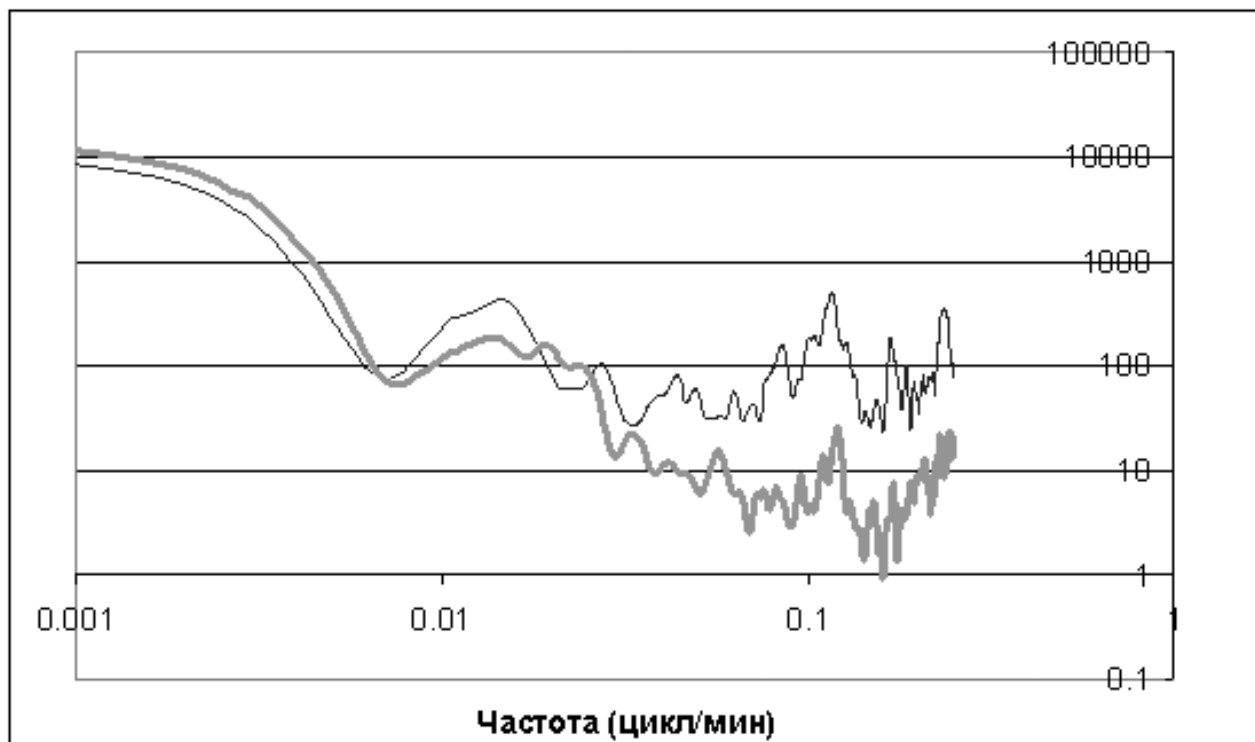


Рис. 5. Спектры записей длинноволновых процессов в спокойную погоду (толстая линия) и при прохождении циклона (тонкая). Число степеней свободы равно 22.

4.0 (пошаговое выполнение программ, отслеживание ошибок и др.).

Несмотря на тщательное выполнение отладки программы, была выявлена непредвиденная ошибка, обнаруженная при вычислении характеристик приливной компоненты. После анализа расхождений, ошибка, которая допущена при использовании стандартных отладочных средств в программе, была найдена и устранена.

Информация, полученная от регистраторов, позволяет принимать соответствующие решения в ходе объявленной тревоги цунами:

- решать вопрос о распространении тревоги цунами на соседние районы, не охваченные первоначально выпущенным предупреждением;
- оценивать время подхода и высоту максимальной волны цунами по характеристикам начальной регистрации цунами;
- объективно оценивать окончание угрожающего положения (момент отбоя тревоги);
- осуществлять полноценный обмен информацией с зарубежными службами.
- осуществлять полноценный обмен информацией с зарубежными службами.

Таким образом, внедрение автоматизированной системы наблюдения и обработки данных позволило автоматизировать работу СПЦ и создало основу для

выработки объективных критериев и методов прогноза цунами, что служит цели обеспечения своевременного, надежного и достоверного предупреждения населения и организаций.

АНАЛИЗ КОЛЕБАНИЙ УРОВНЯ В Г. СЕВРО-КУРИЛЬСКЕ

За время работы телеметрического уровня комплекс в Северо-Курильске волны цунами заметной величины на побережье Курильской гряды наблюдались один раз, в июне 2001 года, после сильного землетрясения вблизи побережья Перу. По данным измерений уровня на мареографной станции Малокурильское, максимальный размах колебаний достигал величины 0.5 м. Однако в этот момент аппаратура «Хандар» не работала из-за повреждения кабельной линии при ремонтных работах в порту. Таким образом, регистрацию реального цунами осуществить не удалось. Поэтому для анализа и отработки возможных вариантов действий службы с использованием поступающей информации отбирались отрезки записи, содержавшие аномальные колебания в диапазоне периодов цунами, обусловленные прохождением над данным районом глубоких циклонов осенью 2000 года.

АНАЛИЗ ЗАПИСЕЙ ЦУНАМИ В г. СЕВЕРО-КУРИЛЬСКЕ

Пример записи таких колебаний, а также полученных в относительно спокойную погоду, приведен на рис. 4. Аналогичные ситуации с характерным возрастанием интенсивности длинноволновых процессов при прохождении над исследуемым районом атмосферных возмущений обычно наблюдается в прибрежных районах, в том числе на шельфе Камчатки (Kovalev et al., 1991). Именно моменты нарушения стационарности волнового поля наиболее сложны с точки зрения выделения сигнала (цунами) на фоне естественного длинноволнового шума в океане (Куликов, 1990).

На рис. 5 приведены спектры, рассчитанные по указанным отрезкам записи. При обычных условиях выделяются пики на периодах около 60, 30, 16 и 8 мин, причем последний максимум наиболее выраженный. Можно отметить также два менее явных пика с периодами около 50 и 40 минут. При одном из первых экспериментов с постановкой донных датчиков уровня в этом районе, проводившемся около четверти века тому назад, были обнаружены максимумы в осредненных за большой промежуток времени спектрах длинноволновых колебаний на периодах около 30 мин и 2 часов (Жак, Куликов, 1978).

Во время прохождения циклона спектр приобретает «синий» оттенок со значительным, примерно на порядок, повышением энергии в области высоких частот, где появляются три хорошо выраженных пика с периодами около 4, 6 и 12 минут. В более низкочастотной области, где возрастание интенсивности колебаний не так заметно (левая граница диапазона повышения энергии составляет около 100 мин), пики с периодами 50, 42, 30 и 16 минут отсутствуют. Зато они обнаруживаются на периодах около 22 и 35 мин. И только пики с периодами около 1 часа и 8 минут присутствуют в обоих спектрах, отвечающих записям колебаний уровня в различных погодных условиях.

Результаты анализа поступающих данных показывают, что в районе Северо-Курильска существует сложная система колебаний с несколькими выделенными периодами, обусловленная, вероятно, особенностями топографии дна и береговой черты в исследуемом районе. Наиболее устойчивыми представляются резонансные условия для периодов около 60 и 8 минут. Интересно сравнить полученные результаты со спектрами цунами, которые были зарегистрированы ранее береговым мареографом.

Характеристики цунами, которые наблюдались в пункте измерения в прошлом, являются важнейшей информацией о возможных вариантах развития волнового процесса. Их использование в оперативном режиме для сравнения с поступающей в реальном времени информацией может позволить повысить надежность прогноза опасности и эффективность работы СПЦ, снизить негативные последствия воздействия волн цунами на населенные пункты курило-камчатского побережья.

Для реализации этой цели были отобраны мареограммы, содержавшие записи всех цунами, зарегистрированных в Северо-Курильске. Береговой самописец уровня моря был установлен здесь в 1968 году, позднее серии наиболее сильных цунами, наблюдавшихся на Курильских островах в пятидесятых – первой половине шестидесятых годов прошлого века, поэтому подборка лент оказалась сравнительно небольшой. Всего было отобрано 6 ситуаций, однако только в трех из них – 28 февраля 1973, 8 июня 1993 и 5 октября 1994 года наблюдались волны сколько-нибудь заметной величины.

Сильное землетрясение с магнитудой около 7.4–7.5 произошло 28 февраля 1973 года в непосредственной близости от Северо-Курильска, примерно в 35–40 км к востоку-северо-востоку от города, и возбудило сравнительно слабое цунами, которое проявилось локально, в районе островов Шумшу и Парамушир (Оскорбин и др., 1977; Щетников, 1977). Очаг землетрясения 8 июня 1993 года находился у южной оконечности полуострова Камчатка (51.2° с.ш., 157.8° в.д, магнитуда $M_s = 7.4$), волны цунами были также небольшой высоты (Гордеев и др., 1999). Третий случай относится к совершенно другим условиям – очаг сильнейшего Шикотанского землетрясения с магнитудой $M_s = 8.0$ располагался на значительном удалении к юго-западу от исследуемого пункта. В южной части Курильской гряды наблюдались волны высотой 5–10 м (Иващенко и др., 1996; Ивельская, Шевченко, 1997), Северных Курил достигли волны значительно меньшей интенсивности.

Влияние места расположения источников этих цунами (см. рис. 1) по отношению к мареографной станции рассмотрим ниже при анализе спектральных характеристик имеющихся записей.

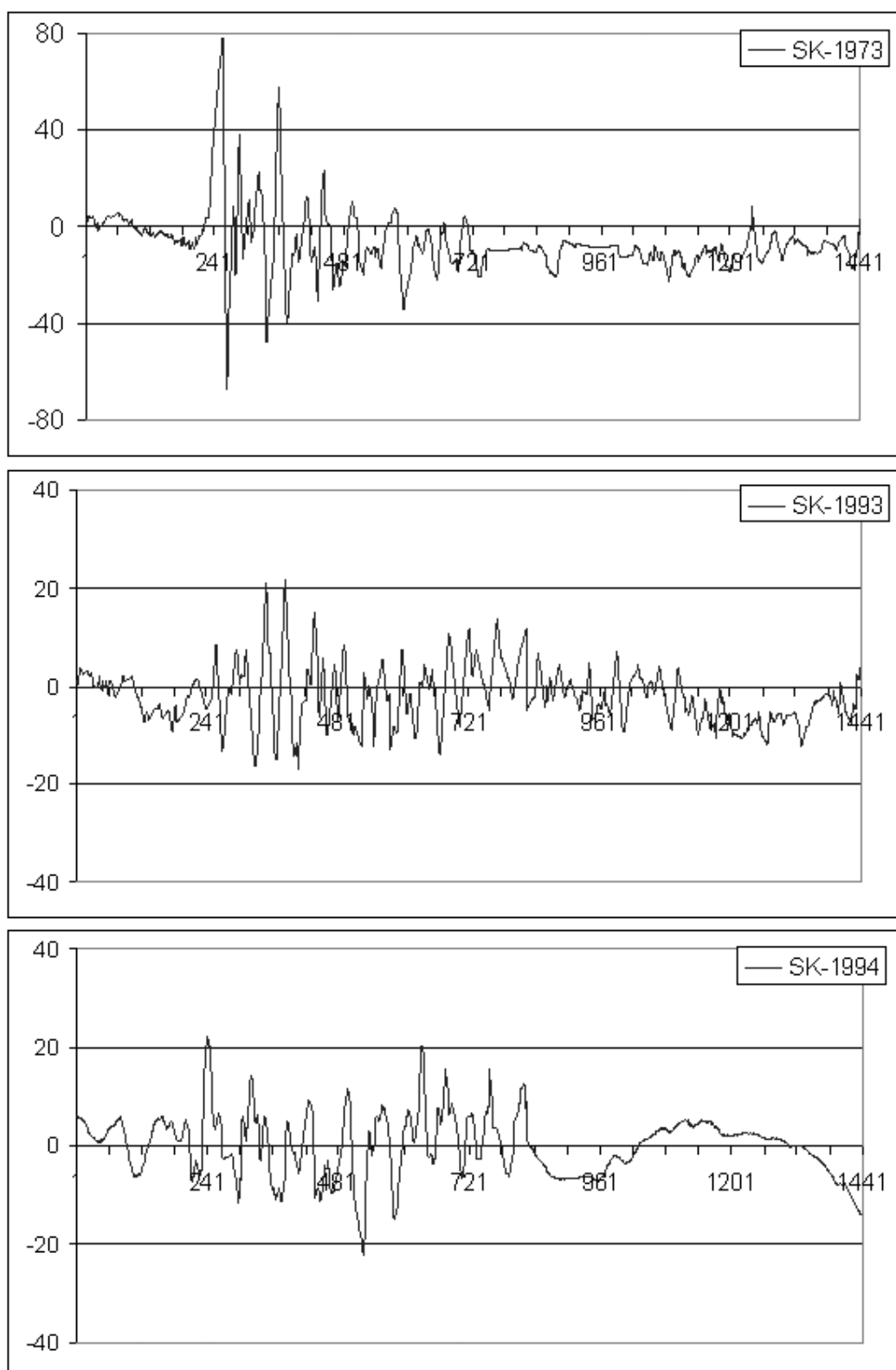


Рис. 6. Записи цунами 28 февраля 1973, 8 июня 1993 и 5 октября 1994 года в Северо-Курильске. Из исходных рядов вычтен предвычисленный прилив, длительность представленных отрезков 1 сутки при дискретности 1 мин.

При помощи дигитайзера записи цунами были оцифрованы и приведены к стандартной дискретности 1 мин. Из полученных таким образом рядов был

вычтен предвычисленный прилив. Интервалы значений остаточного уровня длительностью 1 сутки, содержавшие указанные цунами, представлены на рис. 6.

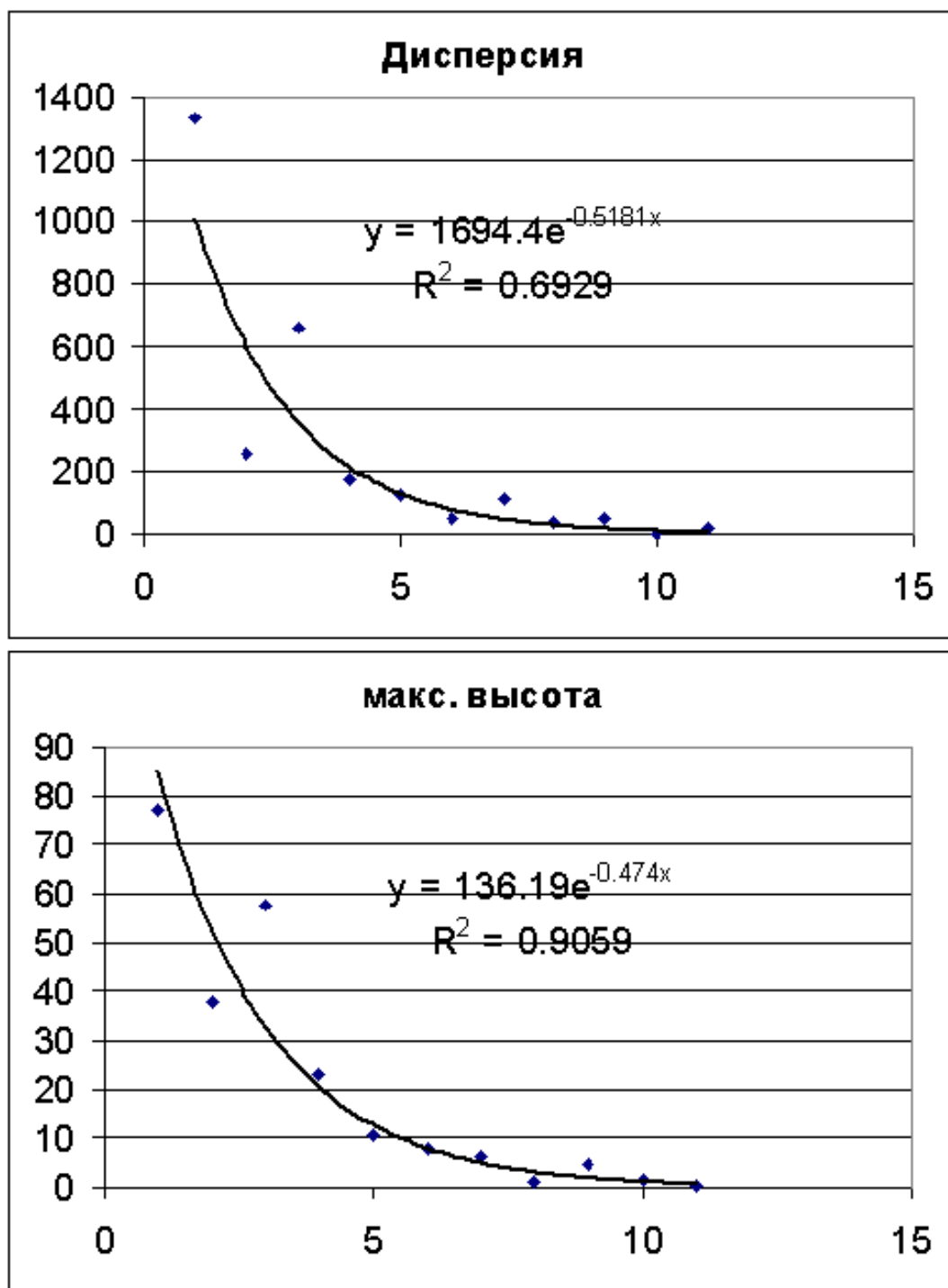


Рис. 7. Значения дисперсии длинноволновых колебаний и максимального значения уровня, вычисленные по последовательным отрезкам длительностью 1 час и их аппроксимация экспоненциальной зависимостью для цунами 28 февраля 1973 года.

Цунами 28 февраля 1973 года было самым сильным из всех, зарегистрированных в данном пункте – положительные отклонения от среднего уровня составляют около 80 см, отрицательные – около 70 см. Вариации уровня, медленно затухая, продолжались около 12 часов. Для оценки затухания, что весьма существенно для принятия реше-

ния об отбое тревоги цунами, были вычислены статистические характеристики, в том числе величина дисперсии и максимального уровня для последовательных часовых интервалов времени. Полученные значения дисперсии и максимального уровня аппроксимировались затухающей экспонентой (рис. 7), показатель которой оказался в обоих слу-

чаях достаточно близким и составил около 0.5 ч^{-1} . Причем для амплитуд статистическая значимость приближения теоретической зависимостью очень велика – значение коэффициента детерминации составляет около 90%. Другими словами, интенсивность волн цунами убывала в e раз за каждые 2 часа, хотя и наблюдается второй всплеск интенсивности с интервалом около 2 часов после прихода основной волны.

Второе цунами, 8 июня 1993 года, было гораздо более слабым, для таких случаев, когда амплитуды цунами сравнимы с естественным длинноволновым шумом, оценки затухания могут быть некорректны, поэтому они не проводились. Волны при Шикотанском землетрясении 5 октября 1994 года были примерно такой же интенсивности, как и в предыдущем случае, заметна только более низкочастотная структура сигнала.

Трудно оценить по одной записи, насколько полученная оценка затухания интенсивности цунами во времени характеризует данный район или может быть отнесена к более протяженному участку побережья – этот вопрос требует дополнительного изучения.

Рассмотрим спектры трех упомянутых выше цунами, представленные на рис. 8. Они достаточно сильно различаются между собой как по уровню энергии колебаний, так и по основным энергетическим пикам. Только в одном случае, для цунами 5 октября 1994 года, можно отметить определенное сходство со спектром длинноволновых процессов в районе Северо-Курильска при прохождении циклона – в обоих случаях наблюдаются пики на периодах около 60, 35, 22 и 8 мин, хотя степень их выраженности неодинакова.

В спектрах двух других цунами имеется общий мощный максимум на периоде около 40 мин, который особенно выделяется в записи цунами 1993 года. Однако на этом их сходство спектров этих событий исчерпывается – при цунами 1973 года можно отметить пики на периодах около 16, 10 и 5 мин, а 1993 года – на периодах около 18 и 12 мин.

Все эти различия спектральных характеристик записей цунами лишь подчеркивают сложный характер волнового процесса, присущий изучаемому явлению. Для данного района хорошо выражены частотно-избирательные свойства, обусловленные характером рельефа дна на шельфе в районе Северных Курил (Файн, 1984). Обычно для таких районов различные цунами имеют приблизительно одинаковые спектры, так как местные резонансные условия оказывают преобладающее влияние по сравне-

нию с особенностями волнового процесса, связанными с излучением в области подводного землетрясения.

Особенно удивительны различия в области низких частот, в частности, отсутствие в записях цунами 1973 и 1993 гг. колебаний с периодом около 1 часа, который присутствует в естественном длинноволновом шуме как в спокойную погоду, так и при прохождении циклона, а также в спектре цунами 1994 года. Этот период отвечает, согласно (Файн, 1984), минимуму групповой скорости первой моды краевых волн (так называемой фазе Эйри). На этих периодах обычно наблюдается эффективный отклик на внешние факторы различной природы. Волны цунами, распространяющиеся от острова Шикотан, пришли к Северо-Курильску вдоль островной дуги в виде захваченных краевых волн, поэтому в этом случае естественно было ожидать проявления данного эффекта. Расположение источников двух других цунами, очевидно, не отвечало условиям возбуждения краевых волн в районе г. Северо-Курильска.

Для выявления природы наблюдаемых различий и более достоверной интерпретации рассмотренных спектральных характеристик был проведен вычислительный эксперимент по моделированию распространения длинных волн в изучаемом районе

Использовался комплекс программ, разработанный В.Н. Храмушиным для расчетов динамики цунами с учетом реального рельефа дна у заданного участка побережья (Поплавский и др., 1996). Очаг задавался вытянутым вдоль Курило-Камчатского желоба, что практически исключало возможность моделирования эффектов, связанных с краевыми волнами.

Точки, в которых фиксировались теоретические волнограммы, выбирались вдоль линии, идущей по центральному створу Второго Курильского пролива, а также вдоль побережья островов Шумшу и Парамушир. В рассчитанных спектрах в точках центрального створа выделяются два основных пика. Основной, с периодом около 110 мин, усиливается по мере удаления точки от источника в сторону Северо-Курильска и достаточно хорошо соответствует основному периоду шельфового резонанса, который оценивался в работе (Файн, 1984) в 2 часа. Именно на этом периоде должно наблюдаться максимальное усиление волн, чего не обнаружено в записях трех упомянутых выше цунами. Заметим, однако, что эффект такого усиления низкочастотной компоненты, теоретически оцененный И.В. Файном, проявляется на практике не так часто, прежде всего в тех случаях, когда волны приходят из открытого океана, как, например, при Чилийском цунами в мае

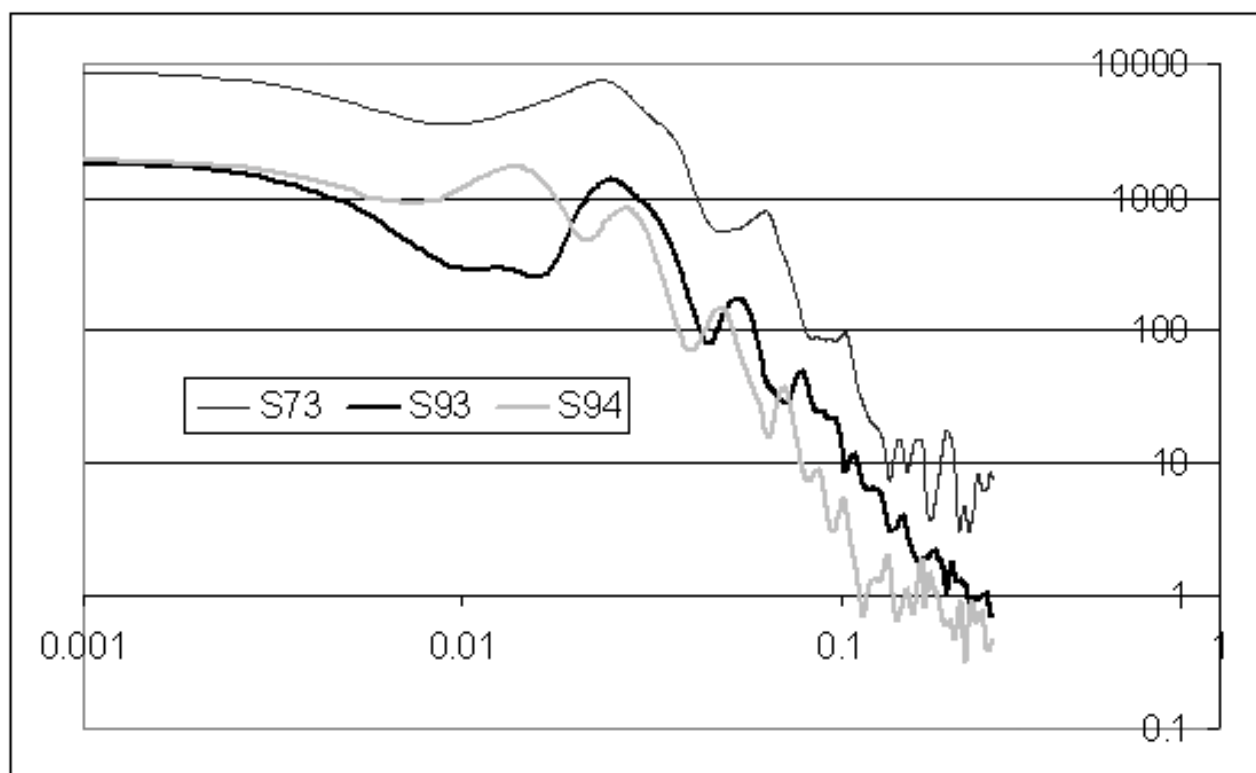


Рис. 8. Спектры колебаний уровня моря при цунами 28 февраля 1973, 8 июня 1993 и 5 октября 1994 года в г. Северо-Курильске. Число степеней свободы равно 22.

1960 года (Шевченко, 1997). В имеющихся записях на станции Северо-Курильск таких ситуаций не наблюдалось.

Период второго максимума плавно изменялся от примерно 24 мин в точках, расположенных на входе в пролив, до 19 мин в наиболее удаленной части. Вероятно, этот период отвечает поперечной сейше пролива, а изменение периода обусловлено уменьшением расстояния между островами Парамушир и Шумшу. Хорошо выделяющиеся в данных наблюдений, поступающих с ПСБ «Хандар», колебания с периодом около 8 мин, обнаруживаются в спектрах теоретических волнограмм в виде довольно слабо выраженного пика и только в точках, выбранных вблизи поселка.

Очевидно, они обусловлены собственными колебаниями в Северо-Курильском заливе, имеющем полузамкнутую структуру и прикрытом от направления подхода волн цунами выдающимся в сторону Шумшу мысом. На оцифрованных мареограммах в штормовую погоду 1 – 2 марта 1973 года, после наблюдавшегося цунами, также выделялся максимум на периоде около 8 мин. Причина, по которой данные колебания, эффективно возбуждаемые метеорологическими причинами, не проявились при анализировавшихся цунами, остается неясной.

Источники 1973 и 1993 года располагались в области шельфа - материкового склона, неподалеку от пункта наблюдения, несколько к северу от Второго Курильского пролива. В спектрах расчетных волнограмм для точек, расположенных на тихоокеанском побережье острова Шумшу, отчетливо проявился пик с периодом около 40 мин, который наблюдался и в спектрах данных цунами.

Очевидно, усиление колебаний на этом периоде связано с влиянием шельфового резонанса, который для данного района в работе (Файн, 1984) был определен в 50 мин. Вероятно, полученная в настоящей работе оценка условий резонанса является более точной за счет гораздо более детальной аппроксимации рельефа дна исследуемого района.

В целом, вычислительный эксперимент показал, что максимумы в спектрах различных цунами в Северо-Курильске обусловлены преимущественно резонансными свойствами исследуемого района и в меньшей степени - особенностями процессов в очаге землетрясений, что и наблюдается в большинстве случаев при анализе записей цунами.

Приведенные примеры наглядно показывают важность изучения характеристик цунами, наблюдавшихся в изучаемом районе в прошлом.

ПРОБЛЕМА ИЗМЕРЕНИЙ УРОВНЯ
В УСТЬ-КАМЧАТСКЕ

Как отмечалось выше, разработанные в Центре цунами СахУГКС программные средства позволяют получать и обрабатывать в реальном времени данные измерений уровня моря с ПСД, установленной в Усть-Камчатске. Особенный интерес это обстоятельство вызвало в связи с тем, что данный прибор был в рабочем состоянии в период, когда берегов Камчатки достигли волны цунами, вызванные Перуанским землетрясением 23 июня 2001 года. Высота этого цунами была оценена Камчатской СПЦ в 7 см, это значение было отправлено и в международную систему оповещения о волнах цунами. Однако при более детальном рассмотрении записей, полученных из Усть-Камчатска, справедливость полученной оценки вызывает определенные сомнения. На рис. 9 представлены ряды исходных данных, а также очищенных от прилива, за 15-25 июня 2001 года.

Первое, на что необходимо обратить внимание – это практически полное отсутствие приливов в данных измерений уровня моря, их характерный размах составляет около 20 см. В то же время, по данным берегового мареографа, который распола-

гался ранее вблизи места расположения ПСБ «Хандар», величина приливных колебаний была примерно в 6 раз больше. Понять, в чем причина такого изменения приливного режима в районе измерений, не имея возможности обследовать условия постановки прибора, невозможно. В принципе, возможных причин наблюдаемого явления может быть две.

Первая из них заключается в перекрытии песчаным баром устья реки Камчатка до такой степени, что приливные волны практически не проникают в район расположения ГМС Усть-Камчатска; подобные ситуации, хотя и не с таким значительным ослаблением приливных волн, наблюдались здесь и ранее.

Вторая причина может заключаться в локальной особенности места и условий постановки прибора, если, например, он установлен в бассейне, связь которого с внешней акваторией нарушена. К сожалению, на наши запросы Камчатская СПЦ не отреагировала, что не позволило внести ясность в данный вопрос. Вне всякой зависимости от конкретной причины, повлекшей наблюдаемые изменения приливного режима, можно констатировать крайне неудачный выбор места расположения ПСБ в районе Усть-Камчатска.

По существу, телеметрический комплекс, вполне исправно работающий, не представляет в СПЦ

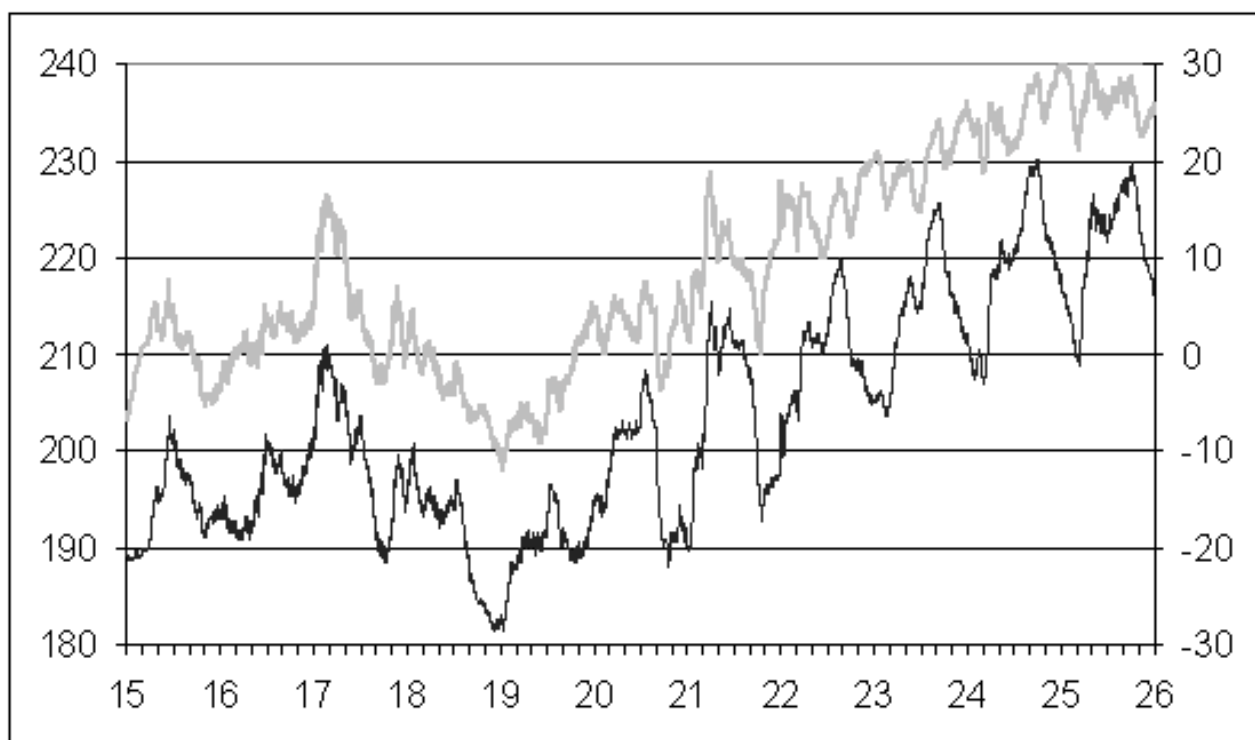


Рис. 9. Запись колебаний уровня моря, полученная при помощи ПСБ «Хандар» 15-26 июня 2001 года в п. Усть-Камчатске. Черная тонкая линия – исходные значения (в см, шкала слева), серая толстая – вычтенный предвычисленный прилив (в см, шкала справа). Метки на оси времени – через 4 часа.

реальной информации о развитии волнового процесса и не может быть использован для оценки и прогно-зирования волн цунами. Это отчетливо видно и на рис. 9, выделить на котором волны Перуанского цунами абсолютно невозможно, совершенно неясно, как было идентифицировано данное событие и что собственно имелось в виду под высотой цунами, равной 7 см. Для сравнения, на мареографных станциях Малокурильское и Южно-Курильск Перуанское цунами четко проявилось как цуг волн с размахом 30-40 см.

Все это указывает на необходимость тщательно рассмотреть вопрос с постановкой телеметрического комплекса в Усть-Камчатске, и устранить причины, препятствующие нормальной регистрации колебаний уровня моря, если это представляется возможным. В противном случае аппаратуру необходимо переносить в другой пункт, где можно обеспечить эффективное ее использование в целях совершенствования работы СПЦ на дальневосточном побережье России.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Организован прием, визуализация и анализ информации о колебаниях уровня моря на цунами-опасных участках побережья (Северо-Курильск, Усть-Камчатск), поступающей в режиме реального времени с ПСБ «Хандар» на компьютер службы предупреждения о цунами в Южно-Сахалинск. С целью максимально эффективного использования поступающих данных анализировалась изменчивость спектральных характеристик длинноволновых процессов в различных погодных условиях.

Полученные результаты сравнивались со спектрами реальных цунами, зарегистрированных в Северо-Курильске, а также с результатами численного моделирования. Показано, что резонансные свойства акватории не являлись определяющими в записях цунами, которые, вероятно, в большей степени отражали особенности процессов в очаге землетрясения. Для наиболее интенсивного цунами 28 февраля 1973 года получены оценки декремента затухания, составляющего около 0.5 ч^{-1} .

Информация, получаемая из Усть-Камчатка, обнаруживает значительное уменьшение величины приливов по сравнению с наблюдавшейся ранее в данном пункте. Слабое проникновение приливных волн к месту расположения прибора указывает на его непригодность для регистрации волн цунами (что проявилось, в частности, при Перуанском

цунами в июле 2001 года) и необходимость переноса аппаратуры в более подходящее место.

Авторы выражают благодарность Ю.П. Королеву, выполнившему по нашей просьбе численные расчеты распространения волн цунами в районе Северо-Курильска.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Гордеев Е.И., Левина В.И., Чебров В.Н. и др. Землетрясения Камчатки и Командорских островов // Землетрясения Северной Евразии в 1993 году. М.: Природа, 1999. С. 102-114.

Жак В.М., Куликов Е.А. Анализ распространения длинных волн на шельфе северной части Курильской гряды // Метеорология и гидрология. 1978. № 6. С. 51-55.

Иващенко А.И., Гусяков В.К., Джумагалиев В.А. и др. Шикотанское цунами 5 октября 1994 года // Докл. РАН. 1996. Т. 348. № 4. С. 532-538.

Ивельская Т.Н., Храмушин В.Н., Шевченко Г.В. Мониторинг морских опасных явлений в порту города Холмск // Динамические процессы на шельфе Сахалина и Курильских островов. Южно-Сахалинск, 2001. С. 146-159.

Ивельская Т.Н., Шевченко Г.В. Спектральный анализ записей Шикотанского цунами 5 октября 1994 года // Проявления конкретных цунами. Цунами 1993 и 1994 годов на побережье России. Южно-Сахалинск: ИМГиГ ДВО РАН, 1997. С. 105-118.

Куликов Е.А. Регистрация уровня океана и прогноз цунами // Метеорология и гидрология. 1990. № 6. С. 75-82.

Оскорбин Л.С., Поплавская Л.Н., Шумилина Л.С. и др. Северо-Курильское цунами 28 февраля 1973 г. // Теоретические и экспериментальные исследования по проблеме цунами. М.: Наука, 1977. С. 177-185.

Поплавский А.А., Куликов Е.А., Поплавская Л.Н. Методы и алгоритмы автоматизированного прогноза цунами. М.: Наука, 1988. 128 с.

Поплавский А.А., Храмушин В.Н., Ненон К.И., Королев Ю.П. Оперативный прогноз цунами на морских берегах Дальнего Востока России. Южно – Сахалинск: ИМГиГ ДВО РАН, 1997. 273 с.

Файн И.В. Частотные свойства Курильского шельфа // Генерация цунами и выход волн на берег. М.: Радио и связь, 1984. С. 80-83.

Шевченко Г.В. Об усилении низкочастотной компоненты цунами на шельфе Курильской гряды (по записям Чилийского цунами, май 1960) // Про-

ОПЫТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТЕЛЕМЕТРИЧЕСКИХ РЕГИСТРАТОРОВ

явления конкретных цунами. Цунами 1993 и 1994 годов на побережье России. Южно-Сахалинск: ИМГиГ ДВО РАН, 1997. С. 145-154.

Щетников Н.А. Северо-Курильское цунами 28 февраля 1973 г. // Теоретические и цунами. М.: Наука, 1977. С. 172-176.

Kovalev P.D., Rabinovich A.B., Shevchenko G.V. Investigation of long waves in the tsunami frequency band on the southwestern shelf of Kanchatka// Naturel Hazards. 1991. V. 4. № 2/3. P. 141-159.

Experience of Using of Telemetric Sea Level Gauges in the Tsunami Warning System

P.V. Dushchenko¹, T.N. Ivelskaya¹, G.V. Shevchenko²

¹*Tsunami Center of Sakhalin territorial administration for hydrometeorology and monitoring of natural environment, 78 Zapadnaya street Yuzhno-Sakhalinsk, Russia*

²*Institute of marine geology & geophysics RAS, Nauki street Yuzhno-Sakhalinsk, Russia*

It was analyzed the use of the telemetric complexes "Handar" intended for measurement of a sea level fluctuations and real time transfer of the gotten information to a tsunami warning service center computer in Yuzhno-Sakhalinsk where reception, visualization and the analysis of the received data are realized.

For the station located in Severo-Kurilsk situations in typical weather and with increase of long-wave processes energy during the cyclone passage were analyzed. Spectra of the obtained records were compared to spectral characteristics of the tsunamis, registered in the given point earlier. The numerical modeling of long waves propagation in investigated area was executed for interpretation of the obtained results.

The information received from Ust-Kamchatsk finds out significant reduction of tidal amplitude in contrast with earlier observation in the given point. Weak propagation of tidal waves to the location of the sea level gauge specifies its uselessness for registration of waves of a tsunami and necessity of the equipment carrying to more suitable place.