

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ ИНФОРМАЦИОННО-УПРАВЛЯЮЩАЯ СИСТЕМА ЦЕНТРА ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ О ЦУНАМИ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ

Андреев А.К., Камаев Д.А., Павельев А.С., Шершаков В.М.

*Федеральное государственное бюджетное учреждение «Научно-производственное объединение
«Тайфун», г. Обнинск, post@typhoon.obninsk.ru*

Введение

Для поддержки дежурного океанолога и повышения оперативности регламентированных действий в центрах цунами используется автоматизированная информационно-управляющая система (АИСЦ), которая является в настоящее время технологической базой функционирования центра цунами (ЦЦ). Входной информацией для АИСЦ являются данные о землетрясении, поступающие от региональных информационно-обрабатывающих центров Геофизической службы РАН (РИОЦ) [1,2,6].

Система реализована по схеме "клиент-сервер". На сервере расположены сервисы рассылки и сортировки сообщений, расчетные модули, средства обработки сигналов о землетрясении, база данных представленная системой вложенных папок. Данные (измерения уровня моря, архив), хранятся, в текстовых файлах. На клиентской машине располагаются автоматизированное рабочее место дежурного океанолога (АРМ) – приложения, реализующие возможность просмотра, приема и отправки сообщений, просмотра данных автоматических постов наблюдения за уровнем моря (АП) и данных архива.

В процессе эксплуатации был выявлен ряд ситуаций некорректного или неэффективного функционирования АИСЦ – таблица 1.

Таблица 1. Ситуации и причины некорректного или неэффективного функционирования АИСЦ

Ситуация	Причина
Задержки в получении данных АР-Мом. Потеря данных в процессе функционирования.	Прямой доступ клиентских приложений к данным – потеря данных в случае сбоя на стороне клиента.
Потеря входящих сообщений.	Файловая организация базы данных.
Невозможность одновременного функционирования более одного АРМ.	Прямой доступ клиентских приложений к данным – конфликт приложений при обращении к базе.
Снижение производительности АИСЦ по мере увеличения объема хранимых на сервере данных.	Способ хранения информации – большая часть данных представляет собой текстовые файлы, распределенные по системе вложенных папок.
Отсутствие расчетных данных на АРМ при получении сообщения о землетрясении от РИОЦ.	В соответствии с регламентом при регистрации землетрясения дежурный сейсмолог должен отправить в ЦЦ сообщение о землетрясении. Затем, используя специальное приложение «Alert», сформировать и отправить в ЦЦ сигнал с данными о землетрясении, при получении (неполучении) которого осуществляется (не осуществляется) запуск расчетов в АИСЦ.
Необходимость обращения к разработчикам при внесении изменений в настройки АИСЦ.	Изменение настроек АИСЦ (при изменении регламента действий дежурного океанолога, изменении форм, отправляемых океанологом сообщений) требует изменения пользователем служебных файлов, что повышает вероятность внесения ошибки с последующим нарушением работы системы.
Отсутствие данных измерений уровня моря от системы DART.	В АИСЦ не поступали данные измерений уровня моря от системы DART.
Недостаток расчетных данных о цунами.	Дежурному океанологу желательно иметь прогноз времени вступления волны цунами, прихода максимальной/минимальной волны, времен прихода волны в пункты наблюдений системы DART, распределение максимальных/минимальных высот волн цунами по всей акватории распространения (свечения).

Анализ показал, что причины некорректного или неэффективного функционирования АИСЦ обусловлены архитектурой системы и их устранение возможно только за счет её изменения.

АИСПЦ_2.0 – основные проектные решения

Архитектура новой версии автоматизированной информационно-управляющей системы – АИСПЦ_2.0 строится по принципу непрямого доступа клиентских приложений к данным. Структура АИСПЦ_2.0, представлена на Рис.1.

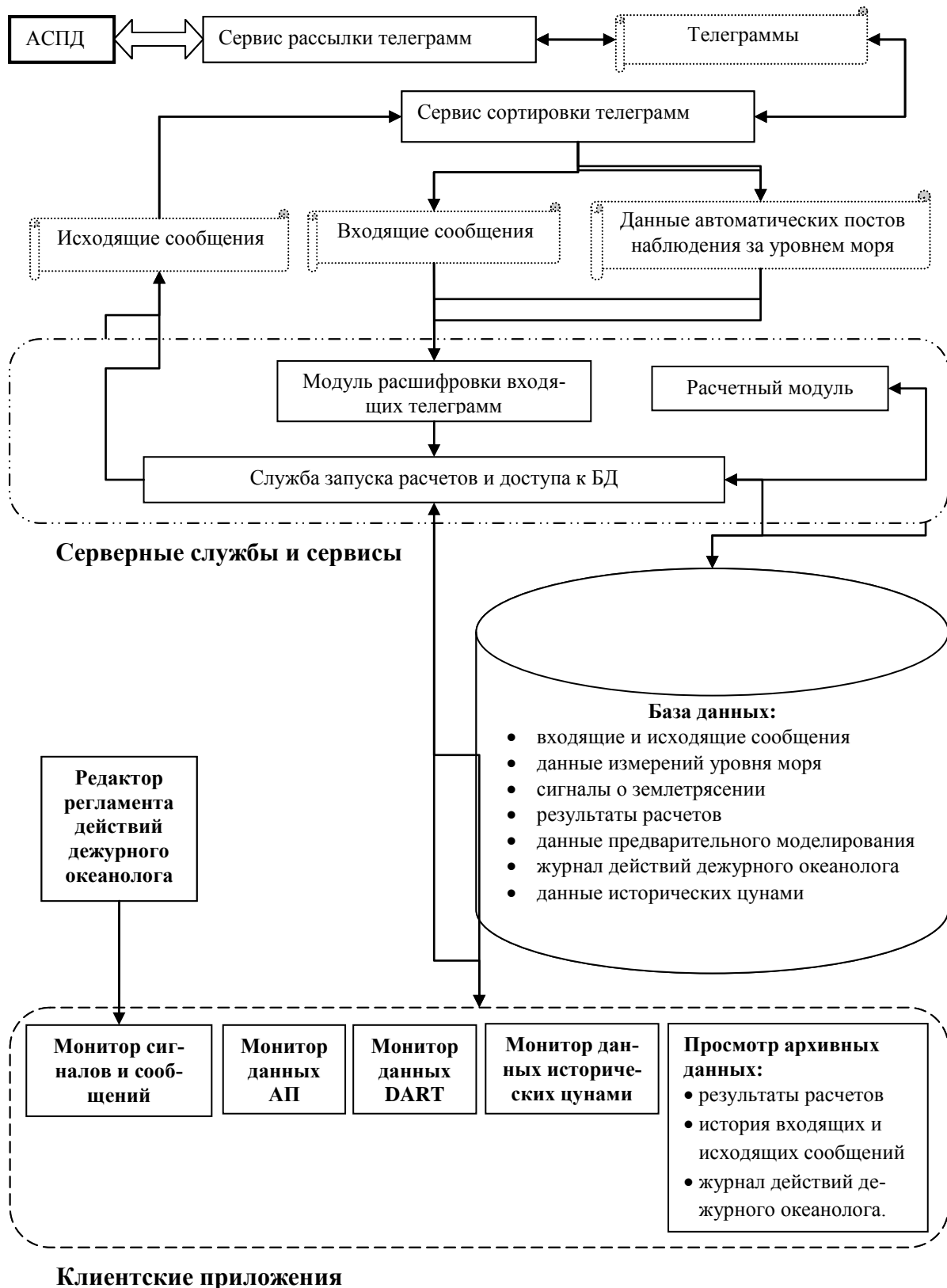


Рис. 1 Схема информационных потоков модернизированной системы предупреждения о цунами (АСПД – автоматизированная система передачи данных, АП – автоматические посты измерения уровня моря, DART – система глубоководных донных датчиков измерения уровня моря).

На Рис.1 в прямоугольные блоки заключены программные компоненты, в блоки «свиток» – передаваемые в формате текстовых файлов данные.

В состав модернизированной системы входят три основных компонента:

1. База данных (БД), в которой хранятся все поступающие на обработку данные, результаты расчетов и протокол работы системы. БД располагается на сервере. В качестве СУБД была выбрана OracleDataBase 11g.

2. Серверные службы и сервисы обработки данных и предоставления доступа к БД (далее Служба), включающие в себя следующие компоненты: службу запуска расчетов и доступа к БД, модуль расшифровки входящих телеграмм, расчетный модуль. Служба располагается на сервере и ведет обработку поступающих данных, запись их в БД, осуществляет расчеты времен добегания и высоты волн цунами, обеспечивает доступ клиентской части системы к данным БД. Кроме того, в функции службы входит автоматическое формирование специального сигнала о землетрясении на основе телеграммы, содержащей параметры зарегистрированного сейсмического события.

3. Клиентские приложения (АРМ), представленные монитором сигналов и сообщений, мониторами данных об уровне моря, монитором исторических цунами и монитором архива, размещены на компьютере дежурного океанолога, имеющим доступ к серверу, на котором установлена Служба и БД. Все операции с данными клиентские приложения производят посредством отправки соответствующих запросов службе и не имеют прямого доступа к этим данным.

Для организации базы данных была использована СУБД Oracle, которая, в отличие от файловой организации БД, позволяет эффективно работать с данными, в частности, обеспечивает более высокую скорость работы системы с большими объемами накапливающейся информации. Проблема безопасного доступа к данным решена путем предоставления права прямого доступа к ним только Службе, располагающейся на сервере. Клиентские приложения получают от Службы результаты расчетов и сообщения, не имея прямого доступа к БД. Кроме того, расчетный модуль и модуль расшифровки сообщений модернизированной системы располагаются на сервере, что обеспечивает независимость скорости расчетов от мощности клиентских машин, вычислительные возможности которых, как правило, на порядок ниже возможностей серверной машины.

Программные элементы АИСПЦ_2.0 были реализованы в среде разработки Microsoft Visual Studio 2012 на языке программирования С#.

Разработка системы основывалась на технологии Windows Communication Foundation (WCF). Модель программирования WCF основана на коммуникации между двумя сущностями: службой WCF и клиентом WCF [9]. Службы данных WCF взаимодействуют с базой данных напрямую. Клиентские приложения (клиенты WCF) не имеют прямого доступа к данным, а взаимодействуют с ними посредством сообщения со службой WCF. Технология WCF дает возможность нескольким разным клиентам одновременно взаимодействовать с одной и той же службой разными способами.

При разработке клиентских приложений был применен шаблон MVVM (Model-View-View-Model) – шаблон проектирования архитектуры приложения, ориентированный на современные платформы разработки, такие как Windows Presentation Foundation и Silverlight. MVVM используется для разделения модели и её представления, что необходимо для изменения их отдельно друг от друга [8].

Во всех разработанных приложениях для отображения данных на картографической основе применяется пользовательский элемент управления, разработанный на базе компонента DotSpatialfor .Net [7], в который добавлены панель управления слоями карты, обработчик положения указателя мыши и клика на элементе карты. В пользовательский элемент управления включена строка состояния, в которой, при наличии данных, отображаются координаты, глубина, время добегания волны цунами и высота волны цунами в точке на карте, соответствующей положению курсора мыши. Слои подложки карты хранятся в формате Shapefile. Генерируемые слои с данными о положении защищаемых пунктов и постов наблюдения, слой изохрон времен добегания волны цунами, автоматически строящиеся на основе файла расчетной сетки, также представляются в формате Shapefile. Автоматически строящиеся на основе файла расчетной сетки слои распределения максимальных и минимальных высот волн цунами («свечения»), хранятся в виде растра.

Дополнительные возможности АИСПЦ_2.0

В сравнении с действующей версией АИСПЦ в АИСПЦ_2.0 расширены функциональные возможности клиентских приложений.

1. Разработано клиентское приложение редактирования формализованного регламента действий дежурного океанолога и форм сообщений, используемых для работы приложением «Монитор сигналов и сообщений».

2. В АИСПЦ_2.0 процедура прогнозирования характеристик волны цунами опирается на результаты предварительного математического моделирования (ПММ) генерации и распространения волн цунами для системы модельных очагов землетрясений. При поступлении сигнала о зарегистрированном землетрясении запускается поиск в базе данных модельного очага, наиболее соответствующего полученным параметрам эпицентра (схема поиска совпадает с используемой в АИСПЦ). Для каждого модельного очага в базе данных хранятся результаты ПММ распределения максимальных и минимальных высот волн по зоне распространения и мареограмм для каждого пункта наблюдений за уровнем моря. После выбора модельного очага, соответствующие ему результаты ПММ передаются клиентским приложениям для отображения на картографической основе и в текстовом виде. По умолчанию обеспечено отображение следующей информации:

- а) эпицентра зарегистрированного землетрясения и его параметров;
- б) защищаемых пунктов на побережья с указанием расчетного времени вступления волны цунами, прихода максимальной/минимальной волны;
- в) прибрежных автоматических постов наблюдений за уровнем моря и глубоководных станций системы DART с указанием расчетного времени добегания волны цунами;
- г) изохрон времен добегания волны цунами;
- д) эпицентра выбранного виртуального источника и его параметров;
- е) «свечений» – распределений максимальных и минимальных расчетных высот волн цунами, соответствующих выбранному модельному очагу.

3. Добавлена функция автоматического разбора текстового сообщения о зафиксированном землетрясении, поступающего от РИОЦ, и запуска расчетов при его получении. Также добавлена функция запуска расчетов по заданным параметрам землетрясения пользователем, используя интерфейс приложения «Монитор сигналов и сообщений».

4. Разработано клиентское приложение, отображающее в реальном времени данные наблюдений за уровнем моря глубоководных станций системы DART.

5. В клиентские приложения наблюдения за уровнем моря «Монитор данных АП» и «Монитор данных DART» добавлена функция отображения в случае поступления сигнала о землетрясении соответствующих каждому датчику и выбранному модельному очагу землетрясения расчетных значений уровня моря при прохождении волны цунами. Отображение фактических и расчетных значений на одном графике позволяют океанологу оценить достоверность результатов прогнозирования.

6. Изменен интерфейс и функционал «Монитора данных исторических цунами»:

- а) добавлен картографический пользовательский элемент управления, обеспечивающий поиск по заданным критериям и отображение эпицентров исторических цунами, пункты наблюдения волны цунами с описанием имеющихся результатов наблюдения в виде текстовой и графической информации;
- б) реализована возможность редактирования и пополнения базы данных исторических цунами пользователем через интерфейс приложения;
- в) реализована возможность создания и ведения в ЦЦ архива исторических цунами, по результатам наблюдения за проявлениями волн цунами на защищаемом побережье.

7. Модульная структура АИСПЦ_2.0 позволяет включать в нее новые программные компоненты без глубокой переработки кода. Также предусмотрена возможность расширения имеющейся базы модельных очагов и соответствующих результатов ПММ.

Заключение

Архитектура АИСПЦ_2.0 и использованные технологии разработки программных приложений позволили устранить причины некорректного или неэффективного функционирования действующей АИСПЦ, а также обеспечили возможность развития системы без глубокой переработки входящих в её состав модулей.

Перспективы развития АИСПЦ_2.0 обусловлены дальнейшим развитием Службы предупреждения о цунами (СПЦ), направленным на повышение оперативности, надежности и достоверности предупреждений об угрозах цунами.

Фактические данные о проявлениях цунами [4, 5] вместе с результатами моделирования распределения высот волн [3] свидетельствуют о неоднородности проявления цунами на побережье Дальнего Востока Российской Федерации. Таким образом, опасность воздействия цунами на защищаемый пункт существенным образом зависит от его географического положения. Это обстоятельство позволяет поставить вопрос о разработке и внедрении новых методов ситуационного анализа и принятия решений об объявлении тревоги цунами, которые должны учитывать неоднородности про-

явления цунами на побережье и обеспечивать принятие решения об объявлении тревоги цунами индивидуально для каждого защищаемого пункта и снижение на этой основе издержек от ложных тревог.

Вплоть до настоящего времени, при возникновении цунами оперативный прогноз ситуации осуществляется в СПЦ по бинарной схеме (угроза цунами/нет угрозы цунами). Достигнутый уровень развития знаний о природе цунами, опыт функционирования СПЦ обеспечивают принципиальную возможность перехода на количественный прогноз ситуации с оценкой ожидаемых высот цунами на побережье и переходу к так называемой дифференцированной схеме объявления тревоги (например, по трехступенчатой схеме: слабое цунами, ощутимое цунами, разрушительное цунами).

Повышение надежности и достоверности предупреждений об угрозах цунами может быть достигнуто за счет использования для корректировки прогноза ситуации данных измерений уровня моря, поступающих от гидрофизической подсистемы СПЦ и системы глубоководных станций DART. Использование ЦЦ в оперативном режиме гидрофизических данных потребует разработки соответствующего алгоритмического и программного обеспечения с последующим внедрением в состав АИСЦЦ 2.0.

Список литературы

1. Андреев А.К. Компьютерная поддержка принятия решений при угрозе цунами.// Информационные технологии. 2010. №11. С. 60-65.
2. Андреев А.К., Бородин Р.В., Крылова А.В., Камаев Д.А. Автоматизированная информационно-управляющая система Центра предупреждения о цунами.// Труды ИЭМ. 2010. Т. 3. С. 87-107.
3. Бейзель С.А., Гусяков В.К., Чубаров Л.Б., Шокин Ю.И. Численное моделирование воздействия удаленных цунами на Дальневосточное побережье России.// Известия РАН. Физика атмосферы и океана. 2014. Т. 50, № 5. С. 578-590.
4. Лобковский Л.И., Рабинович А.Б., Куликов Е.А., Ивашенко А.И., Файн И.В., Томсон Р.Е., Ивельская Т.Н., Богданов Г.С. Курильские землетрясения и цунами 15 ноября 2006 г. и 13 января 2007 г. (наблюдения, анализ и численное моделирование) // Океанология. 2009. Т. 49. № 1. С. 1-16.
5. Соловьев С.Л. Основные данные о цунами на Тихоокеанском побережье СССР, 1937-1976 гг. // В кн.: Изучение цунами в открытом океане. М.: Наука. 1978. С. 61-136.
6. Andreev, A., Borodin, R., Kamaev, D., Chubarov, L., Gusiakov, V. Automated information-management tsunami warning system.// Proceedings of 24th International Tsunami Symposium. Novosibirsk. 2009. P. ?
7. Documentation for Programmers. URL: <http://dotspatial.codeplex.com/documentation> (дата обращения: 20.08.2015).
8. The MVVM Pattern. URL: <https://msdn.microsoft.com/en-us/library/hh848246.aspx> (дата обращения: 20.08.2015).
9. Windows Communication Foundation. URL: [https://msdn.microsoft.com/en-us/library/Dd456779\(v=VS.110\).aspx](https://msdn.microsoft.com/en-us/library/Dd456779(v=VS.110).aspx) (дата обращения: 20.08.2015).