

УДК 005; 005.584.1

EDN [VGHIV](https://vghiv.ru)



Структура и принципы функционирования многосенсорной системы дистанционного мониторинга водной среды

Е.А. Чернецова

Российский Государственный Гидрометеорологический Университет, 98,
пр. Малоохтинский, Санкт-Петербург, 195196, Россия

E-mail: chernetsova@list.ru

Аннотация. В статье рассматривается концепция построения многосенсорной системы дистанционного мониторинга водной среды, главной целью развертывания которой является обнаружение и идентификация нефтяных загрязнений на водной поверхности. Обосновывается структурная схема автоматизированной информационной системы дистанционного мониторинга водной среды и рассматриваются основные принципы построения многосенсорной системы. Зондирование водной поверхности с помощью дистанционных сенсоров, расположенных на судах, в придонном слое, плавающих на поверхности воды, или находящихся на берегу производится в нескольких диапазонах частот и позволяет решать многообразие экологических задач в водной акватории, оценивать загрязнение ее нефтепродуктами и оценивать динамику распространения нефтяных пятен по водной поверхности. Подсистема дистанционных датчиков, входящая в систему мониторинга, позволяет более точно обнаруживать участки водной поверхности, на которых находится нефтяное загрязнение, а также позволяет более точно классифицировать нефтяное загрязнение и ветровой слик. Вследствие этого точнее определяется расстояние до нефтяного пятна, его продольные и поперечные размеры, площадь. Все это позволяет увеличить точность определения времени формирования пятна и его характеристики.

Ключевые слова: дистанционный мониторинг, водная среда, нефтяные загрязнения, многосенсорная информационная система.

Structure and principles of functioning of a multi-sensor system for remote monitoring of the aquatic environment

E.A. Chernetsova

Russian State Hydrometeorology University, 98, Maloohinsky pr., St-Peterburg,
195196, Russia

E-mail: chernetsova@list.ru

Abstract The article discusses the concept of building a multi-sensor system for remote monitoring of the aquatic environment, the main purpose of which is the detection and identification of oil pollution on the water surface. The structural scheme of an automated information system for remote monitoring of the aquatic environment is substantiated and the basic principles of building a multi-sensor system are considered. Sensing of the water surface using remote sensors located on ships, in the bottom layer, floating on the water surface, or located on the shore is carried out in several frequency ranges and allows solving a variety of environmental problems in the water area, assessing its pollution with petroleum products and assessing the dynamics of the spread of oil spills on the water surface. The subsystem of remote sensors included in the monitoring system allows you to more accurately detect areas of the water surface on which oil pollution is located, and also allows you to more accurately classify oil pollution and wind slick. As a result, the distance to the oil slick, its longitudinal and transverse dimensions, and area are more accurately determined. All this makes it possible to increase the accuracy of determining the time of spot formation and its characteristics.

Keywords: remote monitoring, water environment, oil pollution, multi-sensor information system.

1. Введение

В настоящее время ускорение темпов освоения нефтяных месторождений и строительство новых нефтегазопроводов очень важно для экономики России.

Непрерывно ведется геологоразведка с целью поиска перспективных для добычи нефти и газа областей. Очень часто геологоразведочные работы ведутся в глубинах Мирового Океана. Очень часто бурение ведется в акваториях, прилегающих к густозаселенным береговым территориям.

В настоящее время 25% всей нефти, полученной в мире, добыто из месторождений, расположенных в море. Этот факт одновременно является генератором множества технических, экологических и социальных проблем. Поскольку все моря России являются открытыми акваториями, то экологические проблемы морских акваторий России затрагивают и соседние страны. Среди этих проблем основными являются проблемы обеспечения безопасности дорогостоящей нефтегазодобывающей и геологоразведочной инфраструктуры и проблемы защиты окружающей водной среды от нефтяных загрязнений. Большие размеры нефтегазопроводов и длительный срок их использования в водных акваториях увеличивают вероятность их повреждения как в результате природных явлений, так и в ходе умышленной или непреднамеренной деятельности людей [1].

Постановлением Совета Министров Правительства РФ № 1229 от 24 ноября 1993 г. "О создании Единой государственной системы экологического мониторинга (ЕГСЭМ)", предписывается снабжать эксплуатируемые объекты нефтедобывающей промышленности системами экологического мониторинга. В связи с этим каждой компании или консорциуму нужно выбрать стратегию экологической безопасности на основе комплексного мониторинга природной среды.

Таким образом, обоснование структуры принципов функционирования многосенсорной системы дистанционного мониторинга водной среды является актуальной задачей с точки зрения науки и практики, которая согласуется с Экологической доктриной Российской Федерации (распоряжение Правительства Российской Федерации от 31 августа 2002 г. № 1225-р) и Концепцией устойчивого развития, переход к которой провозглашен на конференции ООН по окружающей среде и развитию (Рио-де-Жанейро, 1992 г.), а также решениями Всемирного Саммита в Йоханнесбурге (сентябрь, 2002 г.).

2. Структура автоматизированной информационной системы дистанционного мониторинга водной среды

Причины, которые лежат в основе ошибочных прогнозов, составляемых на основе информации, получаемой от системы мониторинга водной среды, зависят от различия в количестве данных о прибрежных и открытых морских районах, выборочности и несовпадения временных и пространственных наблюдений, нерегулярности поступления информации и ее неоднородности по объему и структуре, так как методики получения могут различаться в каждом отдельном случае, а также большой вариативности воздействий окружающей среды. Большие различия в характере и интенсивности воздействий окружающей среды на технический объект также обусловлены глубиной водной акватории, а также непродолжительностью и эпизодичностью влияния многих природных и антропогенных воздействий, и большой динамикой процессов в водной среде. Рельеф дна и очертания морских берегов также оказывают влияние на пространственную изменчивость реакции водной среды на одно и то же воздействие. Экологическое состояние водоема также связано с воздействиями природной среды на территорию за его пределами. Точность автоматизированной обработки данных, поступающих в систему дистанционного многосенсорного мониторинга зависит от точности получения и обобщения данных, поступающих от сенсоров различной физической природы.

Современная система экологического мониторинга должна своевременно предупреждать пользователя о нежелательной ситуации, а не реагировать на уже произошедшее загрязнение, то есть обладать возможностью прогнозирования.

Структура автоматизированной информационной системы дистанционного мониторинга водной среды изображена на рисунке 1.



Рисунок 1. Схема автоматизированной системы дистанционного мониторинга водной среды.

Чтобы прогноз нефтяных загрязнений водной поверхности с помощью системы экологического мониторинга стал возможен, необходимо проведение непрерывных наблюдений во времени, осуществляемых с помощью измерительных средств, которые продуманно распределены в пространстве. Таким образом, информационная система о состоянии водной среды должна быть распределенной, многосенсорной и дистанционной. Работа этой системы должна быть основана на принципах оперативности и автоматизации [3].

Оперативность подразумевает, что данные на центральный пост должны поступать в реальном масштабе времени. Это позволит сократить временные рамки принятия решения по классификации наблюдаемого объекта. Для выполнения требования оперативности нужно автоматизировать как сам процесс сбора данных, так и алгоритмы классификации объекта наблюдения (то есть реализовать их программно), чтобы внимание человека-оператора было сосредоточено только на объектах, действительно угрожающих экологическому состоянию наблюдаемой территории, и еще на этапе автоматизированной обработки данных отсеять объекты, не угрожающие экологическому состоянию зоны ответственности.

Автоматизацию алгоритмов обработки сигналов и классификации объектов можно произвести с помощью методов интеграции данных на различных уровнях – на уровне сигналов, на уровне пикселей, на уровне параметров, на уровне решений [4].

3. Принципы построения многосенсорной системы дистанционного мониторинга

Модульность должна являться основным принципом построения многосенсорной системы дистанционного мониторинга. Каждый модуль должен работать независимо от остальных, это увеличивает надежность системы в целом. Такой принцип построения системы мониторинга позволяет дополнять ее новыми модулями, не изменяя значительно структуру системы, и вести разработку нового аппаратного и программного обеспечения одновременно с выполнением системой своих функций с первоначальным с первоначальным набором аппаратных и программных средств.

Кроме уменьшения времени ввода системы мониторинга в эксплуатацию, такой подход дает значительный экономический эффект. Несмотря на то, что модули системы могут работать независимо друг от друга, применение принципа интеграции информации, поступающей от нескольких датчиков, позволяет повысить качество решения задачи мониторинга [5].

Задачи, решаемые с помощью комплексной системы дистанционного мониторинга водной среды, включают в себя [6] как пополнение информационной базы водных экосистем, так и систематизацию экологической информации с использованием структуры информационной базы. Автоматизированная поддержка принятия решений позволяет в масштабе реального времени дать оценку причин развития неблагоприятной экологической ситуации в водной среде, уменьшить зону ее оперативного поиска, разработать научно обоснованные природоохранные мероприятия. Прогнозирование позволяет оценить возможные экономические последствия экологической катастрофы, а также оценить остроту экологической ситуации в водоеме. На основе полученных решений становится возможным спрогнозировать вероятность экологических изменений в акватории.

Создание комплексной базы данных по различным характеристикам водной среды обеспечивается геоинформационной системой, которая обязательно должна входить в систему дистанционного мониторинга водной среды. С помощью геоинформационной системы осуществляется хранение, поиск, анализ и визуализация информации, необходимая для поддержки принятия решений при экологическом

мониторинге водной среды. Данные, предоставляемые геоинформационной системой, также позволяют создать экологические карты водоемов, являющиеся комплексным представлением водной экологической информации, на основе которого вырабатывается диагноз благополучия состояния водной среды. В настоящее время такие карты составляются только эпизодически. При функционировании комплексной системы мониторинга, имеющей в своем составе ГИС-систему, составление таких карт должно быть периодическим или непрерывным.

Структура, представленная на рисунке 1, позволяет определить комплексную систему дистанционного мониторинга водной среды как совокупность автономных вычислительных модулей, взаимодействие которых направлено на улучшение точности определения местоположения и расширение номенклатуры характеристик загрязнения водной поверхности. Такая система должна работать на основе разделяемой памяти, ее узлы взаимодействуют друг с другом посредством различных протоколов в асинхронном режиме обмена данными.

При наличии в системе разделяемой памяти обмен информацией между устройствами происходит с использованием клиент-серверной архитектуры. Принимаемые и передаваемые сообщения могут быть широковещательными и передаваемыми по каналу «точка-точка». Команды управления передаются с помощью широковещательных сообщений, а данные мониторинга передаются по каналам «точка-точка».

Наличие в системе разнообразных аппаратных средств приводит к использованию нескольких протоколов передачи данных, а также шлюзов для трансляции протоколов. Непостоянство требований, предъявляемых модулями к ресурсу связи, вынуждает к организации сеансов связи в произвольные моменты времени. Для этого используется асинхронный режим с событийно-управляемыми протоколами.

Асинхронность взаимодействия приводит к конечным, но непредсказуемым задержкам связи, нарушению порядка передаваемых сообщений. Это обстоятельство вызывает необходимость предусмотреть возможность восстановления сообщения в пункте приема, для чего требуется использование единого системного времени при синхронизации отдельных модулей.

Комплексность негативного воздействия нефтяного загрязнения, широтная и температурная зависимость вредных веществ на растительный и животный мир водной

среды, требует наличия в составе системы дистанционного мониторинга датчиков различной физической природы.

Экспедиционные работы в море в настоящее время стоят слишком дорого по сравнению с использованием для целей мониторинга береговых станций. Кроме того, необходимость производства измерений в реальном масштабе времени и требуемая непрерывность временных рядов данных не могут быть достигнуты при использовании только с использованием стационарных платформ, какими являются суда. Однако судовые методы исследования хорошо зарекомендовали себя при периодическом наблюдении таких параметров окружающей среды и особенностей биоты, которые не требуют непрерывности при контроле.

Сеть стационарных станций нуждается в наличии каналов связи с береговым центром обработки информации. Прокладка стационарных кабелей для целей связи донных или плавучих датчиков с пунктом берегового контроля нерентабельна, кроме того вывод кабелей на берег технически сложен. Гидроакустические каналы связи не могут быть использованы для этой цели, так как имеют малую пропускную способность при большой потребляемой мощности. Поэтому нужно использовать радиосвязь или спутниковую связь. Для организации таких каналов связи нужно использовать поверхностные трансляционные буи, от которых требуется устойчивость к штормам, дрейфующим льдам и возможным столкновениям с судами.

Обмен данными в беспроводной многосенсорной системе мониторинга с использованием GPRS технологий показан на схеме рисунок 2 [7].

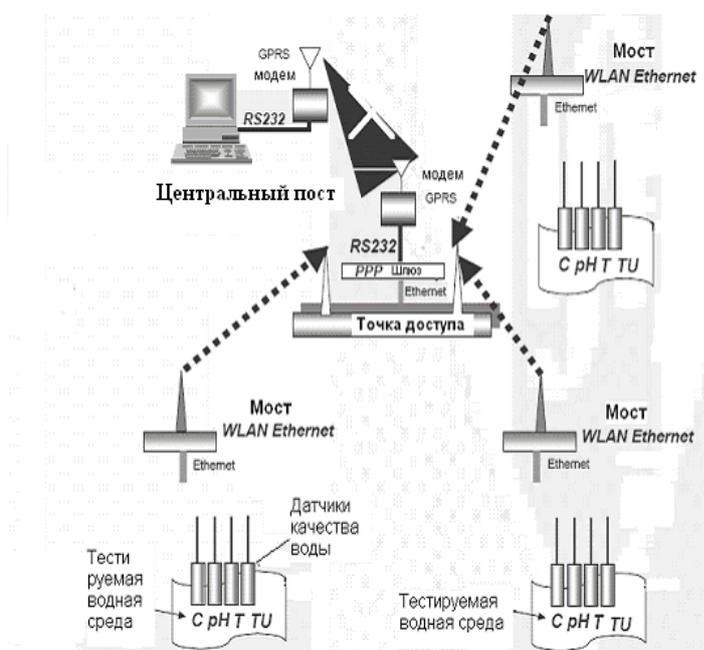


Рисунок 2. Схема беспроводной системы мониторинга водной среды.

Как видно из рисунка 2, в беспроводную радиосеть входят датчики различной физической природы, позволяющие вести наблюдение за гидрологическими, гидрохимическими, биологическими и геофизическими параметрами окружающей водной среды.

4. Выводы

Зондирование водной поверхности с помощью дистанционных сенсоров, расположенных на судах, в придонном слое, плавающих на поверхности воды, или находящихся на берегу производится в нескольких диапазонах частот и позволяет решать многообразие экологических задач в водной акватории, оценивать загрязнение ее нефтепродуктами и оценивать динамику распространения нефтяных пятен по водной поверхности. Подсистема дистанционных датчиков, входящая в систему мониторинга, позволяет более точно обнаруживать участки водной поверхности, на которых находится нефтяное загрязнение, а также позволяет более точно классифицировать нефтяное загрязнение и ветровой слик. Вследствие этого точнее определяется расстояние до нефтяного пятна, его продольные и поперечные размеры, площадь. Все это позволяет увеличить точность определения времени формирования пятна и его характеристики.

Многосенсорная система мониторинга водной поверхности оценивает состояние водной среды и прогнозирует развитие экологической обстановки в зоне ответственности с использованием принципов множественности моделей и учета большого количества факторов, что позволяет создать динамическую модель зоны ответственности и проанализировать ее поведение во времени на основе статистической обработки рядов данных и экстраполяции этих рядов.

Список литературы

1. Лобковский, Л.И. Геоэкологический мониторинг морских нефтегазоносных акваторий / Л.И. Лобковский, Д.Г. Левченко, А.В. Леонов, А.К. Амбросимов. – М.: Наука-М, 2005. – 326 с.
2. Подчукаев, В.А. Теория информационных процессов и систем. – М.: Гардарики, 2007. – 207 с.
3. Brooks, R.R. Distributed target tracking and classification in sensor networks / R.R. Brooks, P. Ramanathan, A. Sayeed // IEEE Signal Processing Magazine. – 2002. – № 19(2). – P. 17-29.

4. Коваль, В.С. Алгоритм конкурентного слияния сенсорных данных в мультисенсорных системах / В.С. Коваль // Датчики и системы. – 2002. – № 7. – С. 39-41
5. Косенко, Г.Г. Критерии информативности при различении сигналов / Г.Г. Косенко. – М.: Радио и связь, 1982. – 216 с.
6. Carter, J.B. Techniques for reducing consistency-related communication in distributed shared-memory systems / J.B. Carter, J.K. Bennet, W. Zwaenepoel // ACM Trans. Comp. Sys. – 1995. – № 13(3). – P. 205-243.
7. Pottie, G. Wireless integrated network sensors / G. Pottie, W. Kaiser // Communications of the ACM. – 2000. – № 3(5). – P. 51-58.