

УДК 584.17

М.В. Мироненко¹, Е.Н. Бакланов², П.А. Стародубцев^{2,3}, К.А. Пичугин³

¹ Специальное конструкторское бюро средств автоматизации морских исследований ДВО РАН, 693023, г. Южно-Сахалинск, ул. Горького, 25

² Дальневосточный государственный технических рыбохозяйственный университет, 690087, г. Владивосток, ул. Луговая, 52б

³ Тихоокеанское высшее военно-морское училище имени С.О. Макарова, 690006, г. Владивосток, Днепровский переулок, 6

КРАТКИЙ АНАЛИЗ ПЕРСПЕКТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ СОЗДАНИЯ ПОЗИЦИОННЫХ ГИДРОАКУСТИЧЕСКИХ СРЕДСТВ КОМПЛЕКСНОГО МОНИТОРИНГА ОКЕАНА

Представлены обзорные материалы теоретических исследований современных позиционных гидроакустических средств для проведения широкомасштабного мониторинга океанской среды, по результатам которого создаются комплексные эксперименты, предназначенные для изучения различных гидродинамических процессов естественного происхождения, техногенных явлений в океане и его прибрежной зоне, развития морского приборостроения в целом.

Ключевые слова: мониторинг акватории, гидроакустическая антенна, гидроакустическая трасса, гидроакустическая станция.

M.V. Mironenko, E.N. Baklanov, P.A. Starodubtcev, K.A. Pichugin

BRIEF ANALYSIS OF PERSPECTIVE TECHNOLOGIES OF POSITIONAL HYDROACOUSTIC MEANS OF COMPLEX MONITORING OF THE OCEAN

The article presents review materials of theoretical studies of modern positional hydroacoustic instruments for large-scale monitoring of the ocean environment, based on the results of which complex experiments are created, designed to study various hydrodynamic processes of natural origin, man-caused phenomena in the ocean and its coastal zone, and the development of marine instrumentation in general.

Key words: water area monitoring, hydroacoustic antenna, hydroacoustic track, hydroacoustic station.

Специальное конструкторское бюро средств автоматизации морских исследований Дальневосточного отделения Российской академии наук (СКБ САМИ ДВО РАН) с опытно-экспериментальным производством и испытательными полигонами на побережье Охотского моря ориентировано на разработку автономных, кабельных, буксируемых и зондирующих автоматизированных средств и систем, предназначенных для проведения акустических, гидрофизических, сейсмических исследований в океане и непрерывного измерения колебаний уровня моря у южных берегов о. Сахалин.

СКБ САМИ ДВО РАН в последние десятилетия вело интенсивную разработку перспективных технологий создания позиционных гидроакустических средств (ПГАС) мониторинга океана. Их разработка производилась с учетом эксклюзивных, присущих для дальневосточных морей, характеристик подводных звуковых каналов (ПЗК) [1,2], обеспечивающих дальнейшее распространение звука.

Традиционно в составе ПГАС использовались пространственно-развитые антенны, установленные на склоне берегового шельфа и соединенные с береговой анализирующей аппаратурой. Такое построение ПГАС по ряду причин является экономически нецелесообразным. На основании анализа существующего состояния вопроса и опыта создания и эксплуатации подобных средств в Российской Федерации и за рубежом была разработана и реализована новая концепция проектирования и изготовления ПГАС [3].

Было предположено:

1. Отойти от проектирования громоздких дорогостоящих приемных антенн и перейти к созданию относительно простых и дешевых в изготовлении приемных модулей, позволяющих путем рационального размещения создавать зоны или рубежи мониторинга морских акваторий с необходимыми характеристиками.

2. При разработке новых технологий использовать последние достижения в области методов и средств обработки гидроакустических сигналов, обеспечивающих получение максимальной помехоустойчивости приёмных трактов и минимизацию массогабаритных характеристик и энергопотребления.

3. Для обмена данными применять спутниковую систему связи «Гонец» и существующие средства корабельной и береговой связи.

4. Вся аппаратуру обработки сигналов размещать непосредственно в приемном модуле.

5. Достижение необходимых показателей в приемных модулях обеспечивать использованием пространственно развитых объемных фазированных антенных решеток со встроенным модулем обработки сигналов, для чего впервые в практике создания такого вида антенн было предложено:

- при приеме сигнала формировать стабилизированный к изменениям положения антенны на подводных течениях веер диаграмм направленности в горизонтальной и вертикальной плоскостях для приема наиболее энергонесущих лучей;

- адаптировать антенную решетку к анизотропии помех и лучевой структуре сигнала;

- применять цифровую обработку для снижения потерь полезного сигнала во входных цепях антенны и снижения энергопотребления;

- размещать предварительный усилитель, аналого-цифровой преобразователь (АЦП) и сигнальный процессор внутри каждого гидрофона.

Макет такой гидроакустической антенны прошел испытания в Охотском море (рис. 1).

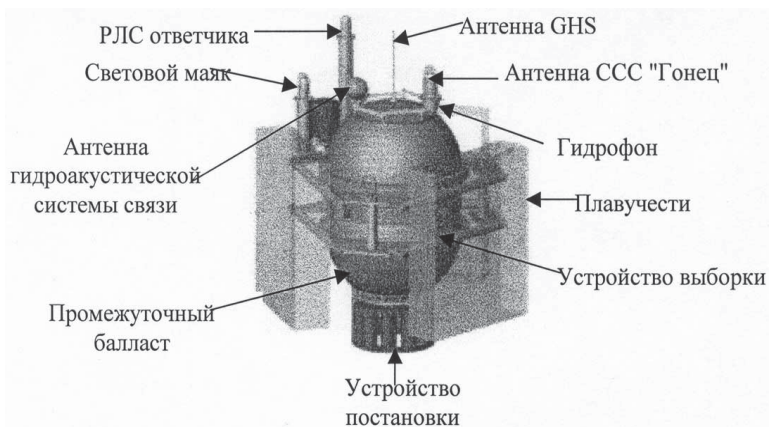


Рис. 1. Позиционное гидроакустическое средство
Fig. 1. Positional hydroacoustic device

В гидроакустических и гидрофизических исследованиях [5] использовалось уникальное оборудование, в том числе создаваемое в СКБ САМИ в кооперации с Институтом общей физики РАН (ИОФРАН). Разработано программное обеспечение документации, архивирования и передачи данных о надводной обстановке с использованием опытного образца терминала низкоорбитальных спутников системы «Гонец».

При создании антенн максимально использовались новые технологии и материалы. В частности, резина заменялась современными полиуретанами, что позволяло резко снижать массу подводной части и тем самым упрощать их постановку и выборку.

Размещение модуля обработки сигналов непосредственно в антенне позволяло на три порядка и более снизить требования к скорости передачи данных по сравнению с кабельными линиями связи. Так, для передачи информации от приемного модуля достаточно скорости обмена данными на уровне одноканальной телефонной линии. Поэтому наряду с автономным вариантом предусматривалось использование стационарного варианта с магистральной кабельной волоконно-оптической линией связи, сопряженной с подводным модулем. Подводный кабель использовался по прямому назначению, и в его конструкции предусматривались подводные абонентские пункты в точках установки антенн. При этом обеспечивалось электрическое и информационное сопряжение антенн с кабельной линией связи без ее подъема.

Ориентации гидроакустической антенны в пространстве обеспечивалась 3-координатными датчиками положения. Такие датчики обеспечивали непрерывное измерение положения антенны относительно вертикальной плоскости и ее направления на север, в результате чего антенна хорошо фазировалась при ее отклонении от вертикали и вращении вокруг оси якорного троса под воздействием подводных течений. Для теоретического расчета характеристик направленности сложной многоэлементной гидроакустической антенны было разработано специальное программное обеспечение.

Размещение аппаратуры обработки данных производилось в сферических корпусах, имеющих в наличии и изготавливаемых в СКБ САМИ ДВО РАН. Конструкции сферических корпусов достаточно хорошо отработаны, унифицированы и подтвердили свою высокую эффективность при длительной эксплуатации в морских условиях [4].

В процессе обработки информации применялись современные программы спектрально-корреляционного и вейвлетного анализа, позволяющие исследовать статистические свойства принимаемых акустических сигналов на стационарной гидроакустической трассе и выполнять анализ этих связей с изменчивостью гидрометеорологической обстановки в районе стационарной гидроакустической трассы с использованием современного АЦП.

Наличие такой аппаратуры обработки и обнаружения позволяло проводить анализ имеющихся экспериментальных данных о звуках морских животных и других биологических объектов в районе стационарной гидроакустической трассы [6]. В результате были выделены характерные звуки, относящиеся к различным поведенческим функциям, а именно: общение между собой, локация водной среды и т.д. На основании полученных результатов была произведена «паспортизация» отдельных типов морских животных, рыб по издаваемым ими звукам с целью дальнейшего прослеживания их на путях миграции и в различных районах обитания (рис. 2).

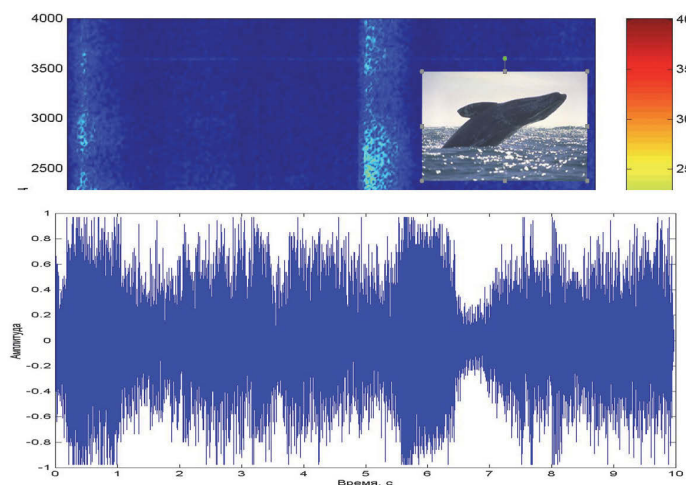


Рис. 2. Осциллограмма (сверху) и сонограмма (внизу) звука, излучаемого серым китом
Fig. 2. Oscillogram (top) and sonogram (bottom) sound emitted by the gray whale

В настоящее время СКБ САМИ ДВО РАН имеет в своём распоряжении единственную на Дальнем Востоке стационарную гидроакустическую трассу о. Сахалин (приёмный стационар) – о. Итуруп (излучающий стационар) (рис. 3).

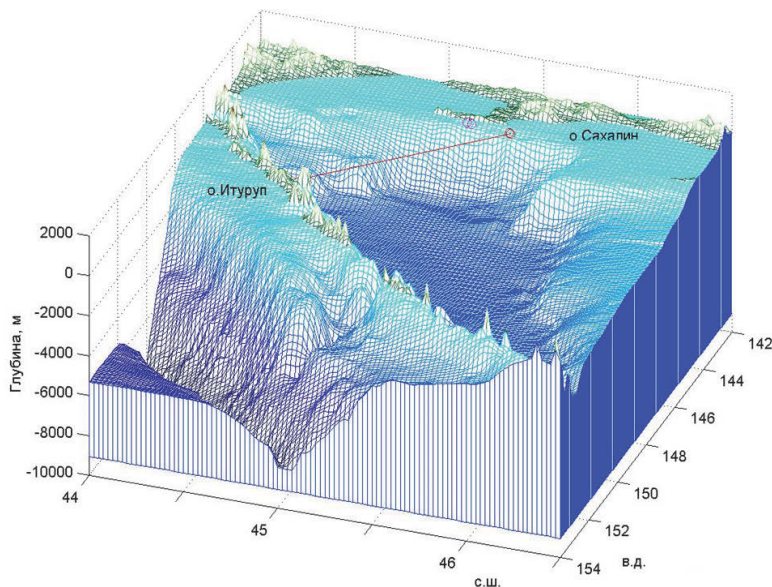


Рис. 3. Стационарная гидроакустическая трасса о. Сахалин – о. Итуруп
Fig. 3. Stationary hydroacoustic track Sakhalin island – Iturup island

За время эксплуатации на этой трассе проведено большое количество экспериментов, в том числе с привлечением зарубежных участников (Science Applications International Corporation). Имеющийся банк экспериментальных данных по применению ПГАС и возможность осуществления новых необходимых морских экспериментов с биологическими объектами позволяет ставить весьма широкий круг задач в области фундаментальных и прикладных научных исследований, особенно в вопросах современного морского приборостроения.

В настоящее время завершился этап создания электронной базы данных, полученных на трассе. Выполнены работы по теоретическому моделированию и построению зависимостей спада уровня звука в районах гидроакустической трассы и их сравнению с экспериментальными данными; изучению влияния сезонной изменчивости на распространение акустического сигнала; получению обобщенных количественных характеристик морской среды; анализу влияния техногенных явлений в районе трассы на характеристики принятого акустического сигнала, а также по исследованию возможности использования сейсмических источников в качестве зондирующего акустического сигнала; получены экспериментальные данные использования ПГАС на акустической трассе.

Подтверждён модельными расчётами обнаруженный посредством измерений на ПГАС район образования постоянного антициклонического вихря в зоне 47° с.ш. и 145° в.д. При анализе записей скорости течений выявлено, что у границ шельфа юго-восточного побережья о. Сахалин и в западной части Курильской глубоководной котловины приливные течения имеют меньшие скорости, чем на шельфе. Для развития процессов широкомасштабного мониторинга океанской среды прорабатывается вопрос об обустройстве в научно-исследовательских и прикладных целях стационарных гидроакустических трасс «о. Сахалин – Приморье» и «о. Сахалин – п-ов Камчатка» и комплексной системы получения, анализа, обработки и передачи информации о состоянии гидрологической и метеорологической обстановки в морях Дальневосточного бассейна (рис. 4). Для чего создается новая программа развития глубоководных позиционных гидроакустических станций и современного морского приборостроения [7].

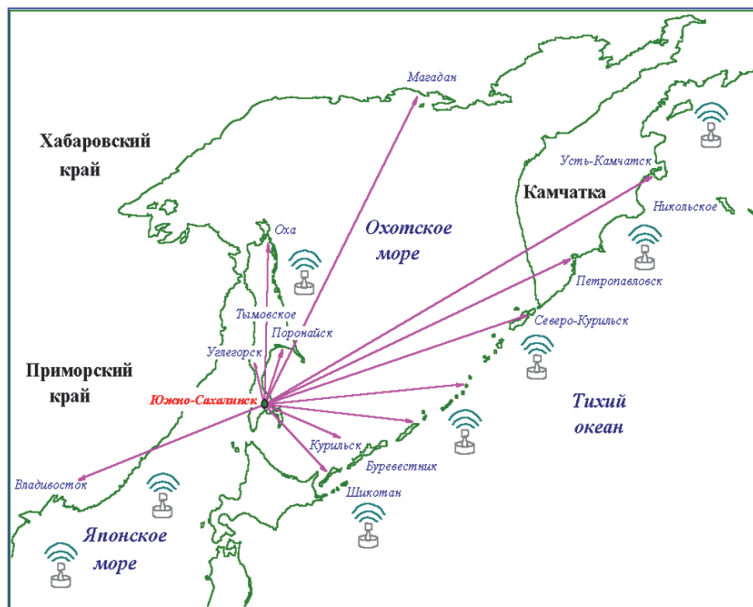


Рис. 4. Эскиз сейсмической и гидрофизической сети наблюдения с центром сбора и обработки оперативных данных в г. Южно-Сахалинске

Fig. 4. Sketch of a seismic and hydrophysical observation network with the center for the collection and processing of operative data in Yuzhno-Sakhalinsk

Выводы

На основании приведенных результатов можно сделать следующие выводы:

1. У ученых Дальнего Востока есть уникальный измерительный инструмент (автономные позиционные гидроакустические станции) для исследования гидроакустической обстановки в различных районах Мирового океана.

2. Научно-исследовательские и опытно-конструкторские наработки СКБ САМИ ДВО РАН в области создания необслуживаемых гидроакустических аппаратных комплексов (в том числе с космической компонентой связи), его лабораторная и приборная база, экспериментальный полигон (гидроакустическая трасса), полученный опыт эксплуатационно-диспетчерского обслуживания Сахалинской региональной станцией спутниковой системы связи «Гонец» может быть достаточно эффективно использован при создании глобальной системы мониторинга Мирового океана.

Список литературы

1. Руководство по гидрологическим работам в океанах и морях. Л. : Гидрометеиздат, 1977. 725 с.
2. Справочный каталог течений шельфа о. Сахалин / под ред. Е.Н. Морозова. Южно-Сахалинск : Сахалинское УГКС, 1984. 38 с.
3. Стародубцев П.А., Василенко А.М., Мироненко М.В. Просветная система мониторинга гидрофизических полей морской среды как низкочастотная многолучевая параметрическая антенна. М. : Сендидат-Плюс, № 12(175). С.41–43.
4. Стародубцев П.А., Бакланов Е.Н., Мироненко М.В. Некоторые акустические особенности морских биологических объектов и их использование для обнаружения // Науч. тр. Дальрыбвтуза. Владивосток : Дальрыбвтуз, 2014. Т. 32. С. 32–41.
5. Стародубцев П.А., Бакланов Е.Н., Шевченко А.П., Мироненко М.В. Некоторые современные теоретические взгляды на процесс реализации просветных систем мониторинга

характеристик гидрофизических полей морской среды // Науч. тр. Дальрыбвтуза. Владивосток : Дальрыбвтуз, 2015. Т. 34. С. 39–44.

6. Удинцев Г.Б. Рельеф дна Охотского моря // Тр. ИОАН. 1957. Т. 22. С. 3–76.

7. Ушаков П.В. Фауна Охотского моря и условия ее существования. М. : Изд-во АН СССР, 1953. 457с.

Сведения об авторах:

Мироненко Михаил Владимирович, доктор технических наук, профессор, e-mail: professor@mail.primorye.ru;

Бакланов Евгений Николаевич, доцент, e-mail: baklanoven@mail.ru;

Стародубцев Павел Анатольевич, доктор технических наук, профессор, e-mail: spa1958@mail.ru;

Пичугин Константин Александрович, доцент, e-mail: pka2004@yandex.ru.