

УДК 534.222.2
ББК 32.875

Утверждено к печати Ученым советом
Специального конструкторского бюро
средств автоматизации морских исследований ДВО РАН

Авторы:

*М.В. Мироненко, А.Е. Малащенко,
А.М. Василенко, Л.Э. Карачун, Р.В. Леоненков*

Рецензенты:

д-р физ.-мат. наук, профессор В.И. Короченцев;
канд. техн. наук А.И. Чудаков

Ответственный редактор канд. техн. наук *Н.Л. Халаев*

- Н49 Нелинейная просветная гидроакустика и средства морского приборостроения в создании Дальневосточной радиогидроакустической системы освещения атмосферы, океана и земной коры, мониторинга их полей различной физической природы** : монография / М.В. Мироненко, А.Е. Малащенко, А.М. Василенко, Л.Э. Карачун, Р.В. Леоненков ; [отв. ред. Н.Л. Халаев]. – Владивосток : Изд-во Дальневост. ун-та, 2014. – 404 с.
ISBN 978-5-906739-22-3

В монографии представлены научно-технические разработки нелинейной просветной гидроакустики и средств морского приборостроения в решении смежных задач гидрофизики, геофизики и радиопизики, практические пути их реализации в Дальневосточной радиогидроакустической системе мониторинга полей различной физической природы, формируемых искусственными и естественными источниками, процессами и явлениями атмосферы, океана и земной коры, как информационного поля Земли. Диапазон измеряемых частот создаваемой системы составляет десятки – единицы килогерц, сотни – десятки – единицы – доли Герца, включая СНЧ колебания движущихся объектов и неоднородностей среды.

Для инженеров и научных работников в областях исследования и освоения океана, может быть полезна для курсантов и студентов высших учебных заведений по специальностям «Морская геофизика», «Гидроакустика», «Гидрофизика», «Радиофизика», «Радиотехника», «Морское приборостроение».

This monograph presents scientific and technical developments in nonlinear prosvet hydro-acoustics and in marine equipment for solving the common tasks in Hydrophysics, Geophysics and Radiophysics, their practical implementation methods in the Far-Eastern radiohydroacoustic system of monitoring of fields of different physical nature. These fields are formed by natural and artificial sources, processes and phenomena of the atmosphere, ocean, and earth's crust and, in their turn, they form the information field of the Earth. The measuring step of the created system is the tens – units kHz, hundreds – tens – units – shares of Hertz. Monograph for engineers and ocean researchers.

УДК 534.222.2
ББК 32.875

© Мироненко М.В., Малащенко А.Е., Василенко А.М.,
Карачун Л.Э., Леоненков Р.В., 2014
© ФГБУН «СКБ САМИ» ДВО РАН, 2014
© Оформление. Издательство
Дальневосточного университета, 2014

ISBN 978-5-906739-22-3

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
1. МЕТОДЫ И СРЕДСТВА ДАЛЬНОГО ИЗМЕРЕНИЯ ХАРАКТЕРИСТИК ГИДРОФИЗИЧЕСКИХ ПОЛЕЙ НА ОСНОВЕ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ НЕЛИНЕЙНОЙ ГИДРОАКУСТИКИ	
1.1. Обзор методов гидролокации полей морских объектов.....	19
1.2. Пространственная структура поля, рассеянного на акустических экранах.....	21
1.3. Сравнительный анализ характеристик классических параметрических приемоизлучающих средств и просветной системы гидролокации.....	30
1.4. Нелинейное взаимодействие волн различной физической природы в морской среде.....	35
1.5. Фазовая обработка сигналов в просветных параметрических системах мониторинга гидрофизических полей.....	37
1.6. Использование закономерностей взаимодействия акустических и электромагнитных волн в параметрических системах.....	41
1.7. Результаты морских испытаний макетов параметрических систем. Рекомендации по формированию стационарной просветной системы мониторинга гидрофизических полей.....	45
1.8. Акустический мониторинг биологических запасов просветными гидроакустическими системами.....	49
1.9. Просветная параметрическая система комплексного мониторинга гидрофизических морских полей с применением фазового метода приема и обработки сигналов.....	55
1.10. Совместная реализация низкочастотных методов просветной и бистатической гидролокации в системах мониторинга протяженных морских акваторий.....	59
2. ВЫСОКОЧАСТОТНАЯ РЕВЕРБЕРАЦИОННАЯ ПАРАМЕТРИЧЕСКАЯ ГИДРОЛОКАЦИЯ ГИДРОФИЗИЧЕСКИХ ПОЛЕЙ МОРСКОЙ СРЕДЫ	
2.1. Параметрическая приемная антенна классического типа.....	63
2.2. Параметрическая приемная антенна локационного типа.....	68
2.3. Обработка гидроакустических сигналов в трактах ГАС с параметрическими приемными антеннами.....	71
2.4. Методы повышения эффективности параметрических приемных антенн.....	75
3. РАЗРАБОТКА ПАРАМЕТРИЧЕСКОЙ ПРИЕМНОЙ РЕВЕРБЕРАЦИОННОЙ ГИДРОАКУСТИЧЕСКОЙ АНТЕННЫ	
3.1. Реверберация при непрерывном излучении высокочастотного сигнала накачки.....	78
3.2. Нелинейность морской среды и ее влияние на эффективность параметрических приемных антенн.....	80
3.3. Физико-математическая модель реверберационной параметрической приемной антенны.....	83

3.4. Методы повышения эффективности применения реверберационной приемной параметрической антенны.....	90
--	----

4. РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ПАРАМЕТРИЧЕСКИХ ПРИЕМНЫХ ГИДРОАКУСТИЧЕСКИХ АНТЕНН

4.1. Общая методика проведения исследований.....	99
4.2. Результаты исследований характеристик реверберации морской среды при непрерывном излучении высокочастотного сигнала.....	100
4.3. Экспериментальная оценка влияния гидрофизических характеристик среды на эффективность нелинейного взаимодействия волн.....	107
4.4. Направленность и помехоустойчивость параметрических приемных антенн.....	113
4.5. Дальность действия гидроакустического средства с реверберационной приемной параметрической антенной.....	123

5. МОНИТОРИНГ ХАРАКТЕРИСТИК ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ПОЛЕЙ ИСТОЧНИКОВ МОРСКОГО ДНА

5.1. История морской геофизики в России.....	128
5.2. Направления совершенствования морской сейсморазведки.....	131
5.3. Способ и параметрическая система приема геофизических полей источников морского дна.....	135

6. ВЛИЯНИЕ СРЕДЫ НА РАСПРОСТРАНЕНИЕ АКУСТИЧЕСКИХ ВОЛН

6.1. Информационно-аналитическая система расчета параметров гидроакустического поля.....	144
6.2. Влияние вихря на формирование структуры акустического поля и условия приема сигналов.....	152
6.3. Импульсная передаточная характеристика среды и ее реализация в решении задачи «обращенного фазового фронта волны».....	156
6.4. Оценка погрешности координат источника путем решения обратной лучевой задачи.....	158
6.5. Горизонтальная рефракция акустических волн в шельфовой зоне.....	162
6.6. Амплитудно-фазовая структура акустического поля в протяженном океанском волноводе с переменными характеристиками среды.....	167

7. ХАРАКТЕРИСТИКИ СГНАЛОВ В ТОМОГРАФИЧЕСКИХ ПРОСВЕТНЫХ СИСТЕМАХ МОНИТОРИНГА

7.1. Выбор характеристик зондирующих сигналов.....	172
7.2. Рассеяние акустических волн при распространении в океанском волноводе.....	185

8. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПРОСВЕТНОЙ АКУСТИЧЕСКОЙ ТОМОГРАФИИ ГИДРОФИЗИЧЕСКИХ ПОЛЕЙ МОРСКИХ ОБЪЕКТОВ И СРЕДЫ

8.1. Основные понятия и определения акустической томографии.....	193
8.2. Особенности решения задач активно-пассивной томографии.....	194

8.3. Методы акустической томографии.....	199
8.3.1. Обобщенные характеристики методов реконструкции пространственных образов мелкомасштабных неоднородностей морской среды.....	201
8.3.2. Дифракционные методы акустической томографии.....	205
8.4. Дифракционные методы томографии в однородной безграничной морской среде.....	206
8.5. Особенности дифракционных методов акустической томографии неоднородностей поля скорости звука в океанском волноводе.....	209
8.6. Квазидифракционный метод реконструкции возмущений морской среды, сформированных движущимся подводным объектом.....	215
8.6.1. Специфика перебора проекций в квазидифракционном методе.....	221
8.6.2. Обратная свертка совокупности просветных сигналов, принятых на горизонтально разнесенные приемные элементы измерительной томографической системы.....	222
8.6.3. Разделение пространственно-частотных спектров возмущений морской среды путем расчета их энергетических спектров.....	226
8.6.4. Измерение и реализация фазового спектра сигналов в просветных томографических системах.....	235
8.6.5. Оценка погрешности определения фазового спектра.....	237
8.6.6. Совокупность информационных признаков построения томографических образов с использованием рассеянного просветного акустического поля.....	245
8.7. Просветный метод гидролокации в решении задач томографического контроля характеристик полей морской среды.....	252

9. ОБОСНОВАНИЕ ПРИНЦИПОВ И ПРАКТИЧЕСКИХ ПУТЕЙ ПОСТРОЕНИЯ ГИДРОАКУСТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ СИЛЬНЫХ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ

9.1. Историческая справка о сейсмических исследованиях на акваториях Дальневосточных морей.....	258
9.2. Широкомасштабные наблюдения синоптических и сейсмических процессов морской среды на просветном поле.....	260
9.3. Исследования закономерностей зарождения и прохождения землетрясений с использованием гидроакустических средств.....	262
9.4. Наблюдение сейсмических полей и прогнозирование землетрясений с использованием донных гидроакустических систем.....	270
9.5. Экспериментальные исследования в рамках задач Министерства по чрезвычайным ситуациям.....	271
9.6. Методические предпосылки прогнозирования сильных землетрясений по измерениям их предвестников.....	273
9.7. Анализ материалов, экспериментальных исследований сейсмической обстановки в южной части Охотского моря.....	275
9.8. Регистрация сигналов землетрясений донными станциями, оснащенными акустическими приемниками.....	278

9.9. Прогнозирование времени вступления опасных явлений по измерениям электромагнитных волн, формируемых в очаге землетрясения.....	285
9.10. Прогнозирование сильных землетрясений по признакам проявления электромагнитных волн в атмосфере.....	291

10. НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ РАЗРАБОТКИ СРЕДСТВ МОРСКОГО ПРИБОРОСТРОЕНИЯ, ИХ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ И РЕАЛИЗАЦИЯ В СОЗДАНИИ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА ПОЛЕЙ АТМОСФЕРЫ, ОКЕАНА И ЗЕМНОЙ КОРЫ

10.1. Глубоководные донные автономные станции в системе мониторинга полей морских акваторий.....	294
10.2. Метрологическое обеспечение систем ГДАС серии «МОНИТОР».....	309
10.3. Звукопрозрачная приемная гидроакустическая антенна, ее технические и измерительные характеристики и результаты испытаний.....	313
10.4. Структура, схемные и конструктивные решения создания автономного радиотехнического модуля космической связи.....	321

11. ФОРМИРОВАНИЕ И ЭКСПЛУАТАЦИЯ ПРОСВЕТНОЙ РАДИОГИДРОАКУСТИЧЕСКОЙ ПАРАМЕТРИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ В ПРОТЯЖЕННОМ ГИДРОАКУСТИЧЕСКОМ КАНАЛЕ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ВОЛН

11.1. Анализ разработок в создании параметрических акустических систем.....	334
11.2. Формирование просветных параметрических антенн в многолучевом канале распространения акустических волн.....	337
11.3. Организационные и научно-технические пути создания Дальневосточной радиогидроакустической системы освещения обстановки, комплексного мониторинга полей атмосферы, океана и земной коры на основе разработок измерительного поля.....	339
11.4. Результаты испытаний экспериментальных радиогидроакустических систем мониторинга полей атмосферы, океана и земной коры.....	345
11.5. Нелинейная просветная гидроакустика в создании радиогидроакустических систем контроля сейсмической и синоптической обстановки на протяженных морских акваториях.....	352

12. РАДИОГИДРОАКУСТИЧЕСКИЙ ПОЛИГОН, ОБОРУДОВАННЫЙ В ПЕРЕХОДНОЙ ЗОНЕ ОХОТСКОГО И ЯПОНСКОГО МОРЕЙ

12.1. Создание и эксплуатации полигона для исследования гидрофизических и геофизических полей морской среды и объектов.....	361
---	-----

12.2. Широкомасштабный акустический эксперимент по измерению гидродинамических возмущений морской среды, сформированных гидрофизическими полями морских судов.....	364
12.3. Основные тактико-технические требования к просветной системе мониторинга для ее использования как широкомасштабной радиогидроакустической.....	366

ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	369
------------------------	------------

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ И ЛИТЕРАТУРЫ.....	379
--	------------