

Дзюба Юлия Николаевна – Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Южный федеральный университет»; e-mail: scp @ tti.sfedu.ru; 347928, г. Таганрог, ул. Чехова, 2, офис И-43; тел.: +78634318090; кафедра синергетики и процессов управления; аспирантка.

Dzyuba Yulia Nikolaevna – Federal State-Owned Autonomy Educational Establishment of Higher Vocational Education “Southern Federal University”; e-mail: scp@tti.sfedu.ru; 2, Chekhov street, Suite I-43, Taganrog, 347928, Russia; phone: +78634318090; the department of synergetics and control; postgraduate student.

УДК 519.876.5

А.Н. Долгов, М.А. Раскита

**ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ СОЗДАНИЯ ПОРТАТИВНОГО МНОГОЛУЧЕВОГО
ГИДРОЛОКАТОРА СЕКТОРНОГО ОБЗОРА ДЛЯ ПОДСЧЁТА РЫБ
В ОГРАЖДЁННЫХ РАЙОНАХ ПРИБРЕЖНЫХ МОРСКИХ ЗОН
РЫБОЛОВСТВА И ВО ВНУТРЕННИХ ВОДОЁМАХ**

Отмечены предпосылки создания портативного многолучевого гидролокатора секторного обзора для подсчета рыб в ограждённых районах прибрежных морских зон рыболовства и во внутренних водоёмах. В связи с высокими темпами развития аквакультуры необходим гидроакустический научный инструмент оценки численности и размерного ряда выращиваемой рыбы. Приводится описание целей и задач создания портативного многолучевого гидролокатора, перечень инновационных технических решений в разработке, технические характеристики гидролокатора и его структура.

Аквакультура; мониторинг водных биоресурсов; многолучевой гидролокатор секторного обзора; расщеплённый луч; эхосчёт; эхоинтегрирование; автоматический подсчёт одиночных рыб; гидроакустические съёмки.

A.N. Dolgov, M.A. Raskita

**THE GOALS AND OBJECTIVES OF DEVELOPMENT OF PORTABLE
MULTIBEAM SONAR INTENDED FOR FISH COUNTING IN FENCED AREA
OF COASTAL MARINE FISHING ZONES AND IN INLAND WATERS**

Preconditions of development of portable multibeam sonar intended for fish counting in fenced area of coastal marine fishing zones and in inland waters are remarked in the report. Due to the rapid evolution of aquaculture the hydroacoustic research tool for estimation of the number and size range of farmed fish is required. The goals and objectives of a portable multibeam sonar development as well as the innovation of sonar development and stages of the sonar development and its structure are described in the paper.

Aquaculture; aquatic bioresources monitoring; multibeam sonar; split beam; echocounting; echointegration; automatic fish counting; hydroacoustic survey.

Для выполнения одной из задач седьмой Всероссийской научной конференции «Экология 2013 – море и человек» – «ознакомление с современными методами и техническими средствами контроля и охраны окружающей среды», и в рамках секции «Методы и средства экологического мониторинга водных районов» вниманию читателей и слушателей конференции предлагается доклад о научном многолучевом гидролокаторе секторного обзора для мониторинга рыбных запасов в ограждённых районах прибрежных морских зон рыболовства и во внутренних водоёмах.

Известно, что задачи оценки запасов водных биоресурсов (ВБР) всегда относились к сфере государственных интересов как экономического, так и экологического характера. Исследование запасов ВБР проводилось, в основном, в масштабе

морских и океанских исследований. На сегодняшний день эти задачи стали актуальными и для объектов аквакультуры, обретающей статус одного из направлений деятельности сельского хозяйства [1].

Аквакультура – самая быстрорастущая по производству продуктов питания животного происхождения и опережающая рост населения Земли отрасль [2]. Если в конце 1960-х гг. объём производства составлял около 3 млн тонн, то в 1985 г. общий мировой объём аквакультуры (включая водоросли) составил 12,0 млн тонн. К концу XX в. объём достиг 41,7 млн тонн, а в 2006 г. он достиг 66,8 млн тонн. Аквакультура обеспечила почти половину среднего мирового объёма поставки рыбы на душу населения – 16,7 кг. По прогнозам, к 2050 г. глобальная продукция аквакультуры может достигнуть 80 млн тонн. Российская Федерация также заинтересована в развитии аквакультуры и добывает в год около 3,72 млн тонн всех видов биоресурсов.

В связи с неуклонным падением в России объёмов добычи ВБР промышленным рыболовством, обусловленным сокращением численности рыболовного флота, высокой дороговизной его эксплуатации и вместе с этим сокращением квот на вылов ВБР, в обозримом будущем настанет момент, когда объёмы добычи промышленного рыболовства и аквакультуры сравняются. На рис. 1 представлен так называемый «крест», образуемый пересечением графиков добычи промрыболовства и аквакультуры по шкале времени около 2050 г.

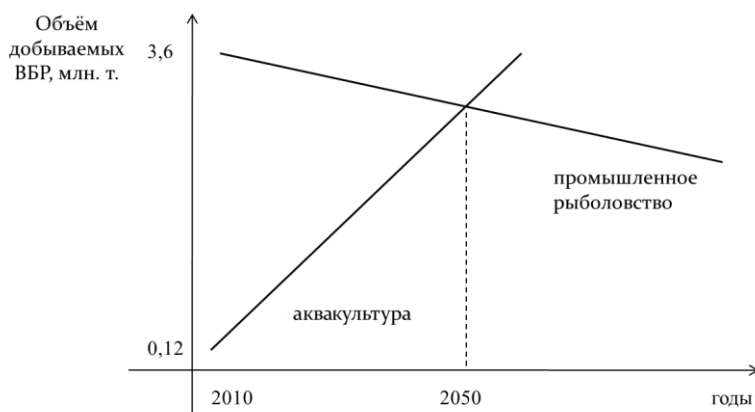


Рис. 1. Объёмы добываемых промрыболовством и аквакультурой ВБР

Кроме того, в связи с введением в действие закона Российской Федерации «О рыболовстве и сохранении водных биологических ресурсов» [3], для обоснования объёма научных квот на вылов появилась необходимость создания новых технологий оценки запасов с минимизацией объёмов физического изъятия ВБР и сокращением ущерба природной среде.

Место выращивания аквакультуры – это внутренние водоёмы и ограждённые районы прибрежных морских зон рыболовства с глубиной от 1 до 10 м (мелководье). В связи с малыми глубинами применение традиционных научных гидроакустических средств вертикального действия практически невозможно и нецелесообразно. Поэтому поставлена задача создания портативного научного многолучевого гидролокатора секторного обзора (ПГЛС), позволяющего осуществлять обнаружение и подсчет рыб с оценкой биомассы в условиях мелководья и использования малых плавсредств, включая небольшие катера и шлюпки.

Для решения задачи создания портативного научного многолучевого гидролокатора специалистами ООО «Конструкторское бюро морской электроники “Вектор” (ООО «КБМЭ “Вектор”, г. Таганрог) было разработано техническое задание на выполнение опытно-конструкторской работы (ОКР) и согласовано с основным потенциальным потребителем ПГЛС – ФГУП «Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии» (ФГУП «ВНИРО», г. Москва). Государственным заказчиком работы выступил департамент судостроительной промышленности и морской техники Министерства промышленности и торговли Российской Федерации, выставивший работу на открытый конкурс по Федеральной целевой программе «Развитие гражданской морской техники» на 2009–2016 гг. Актуальность работы также была отмечена Федеральным агентством по рыболовству и департаментом охраны и использования объектов животного мира и водных биологических ресурсов Ростовской области. Победителем в конкурсе стало ООО «КБМЭ “Вектор”», участвовавшее ранее в рамках ФЦП РГМТ в разработке научного гидроакустического комплекса для подсчёта рыб ценных пород в приповерхностном слое в широкой полосе обзора [4, 5]. Соисполнители ОКР – ФГУП «ВНИРО» и ЗАО «НТП “Реаконт”», г. Москва.

Целями ОКР «Разработка и изготовление портативного многолучевого гидролокатора секторного обзора для подсчета рыб в ограждённых районах прибрежных морских зон рыболовства и во внутренних водоемах», шифр «Сектор», являются:

1) разработка технологии создания малогабаритных гидроакустических средств с веером расщеплённых лучей для обнаружения и подсчёта малоразмерных пелагических объектов на мелководье;

2) создание перспективной научной гидроакустической аппаратуры для решения актуальной для рыбной отрасли России проблемы – повышение эффективности работ при проведении исследований и подсчете водных биоресурсов в ограждённых районах прибрежных морских зон рыболовства и во внутренних водоёмах;

3) выполнение Федеральной целевой программы «Развитие гражданской морской техники» на 2009–2016 гг. по технологическому направлению 5, мероприятию 5.2.2 «Разработка технологий создания нового поколения гидроакустических систем различного назначения» (комплекс работ «Гидролокация – 2»).

Основные задачи ОКР «Сектор»:

- ◆ проведение патентных исследований для обеспечения мирового уровня разработки портативного многолучевого гидролокатора секторного обзора (ПГЛС);
- ◆ проектирование малогабаритной многоканальной антенной системы ПГЛС с использованием отечественных разработок в области гидроакустики и пьезокерамических материалов;
- ◆ разработка алгоритмов и программного обеспечения (ПО) первичной обработки гидроакустических сигналов: согласованный приём эхо-сигналов (тональных и с базой больше единицы), предварительное усиление, формирование секторной характеристики направленности в режиме излучения, формирование многолучевой приёмной характеристики направленности с веером расщеплённых лучей;
- ◆ разработка алгоритмов и ПО вторичной обработки гидроакустических сигналов: выделение полезных сигналов на фоне помех (объёмной, донной реверберации и реверберации приповерхностного слоя, шумов движения судна), селекция эхо-сигналов по принадлежности к эхо-сигналам от одиночных рыб, косяков рыб и донному эхо-сигналу;

- ◆ разработка алгоритмов и ПО автоматического поштучного подсчета одиночных рыб, а также определения акустических и геометрических характеристик косяков рыб;
- ◆ разработка алгоритмов и ПО эхо-счёта и эхо-интегрирования;
- ◆ изготовление опытного образца ПГЛС и забортного устройства;
- ◆ разработка с участием специалистов ФГУП «ВНИРО» методики калибровки приёмно-излучающего тракта ПГЛС и комплекта оборудования для проведения калибровки;
- ◆ разработка комплектов рабочей конструкторской и эксплуатационной документации;
- ◆ разработка с участием специалистов ФГУП «ВНИРО» проекта методики проведения гидроакустических съёмов при использовании ПГЛС в режимах горизонтального и вертикального зондирования;
- ◆ разработка алгоритмов и программного обеспечения системы постпроцессинговой обработки результатов подсчёта рыб для оценки распределения рыб по акватории водоема;
- ◆ натурные испытания опытного образца ПГЛС в мелководных водоёмах с участием специалистов ФГУП «ВНИРО».

Отдельной задачей является разработка ПО стенда комплексной отладки для отработки ПО вторичной обработки гидроакустических сигналов и расчёта координат обнаруженных объектов. Поскольку разработка алгоритмов и ПО вторичной обработки гидроакустических данных и разработка приёмопередающего тракта ПГЛС ведутся параллельно, разработка стенда обеспечивает возможность разработки и предварительной отладки ПО на имитируемых сигналах в отсутствие реальных гидроакустических сигналов. Стенд комплексной отладки разрабатывается на базе гидроакустических модулей рыбопромыслового тренажёра, созданного специалистами ООО «КБМЭ “Вектор”» [6, 7].

Инновации в ОКР «Сектор»:

- ◆ формирование веера приёмных расщеплённых лучей в секторе 90 градусов;
- ◆ функции эхо-счёта (построение гистограммы размерного ряда обнаруженных рыб) и эхо-интегрирования (оценка биомассы);
- ◆ процедура калибровки приёмно-излучающего тракта в условиях мелководья;
- ◆ реализация режима встроенного тренажёра для обучения гидроакустик-пользователей ПГЛС;
- ◆ разработка системы постпроцессинговой обработки гидроакустических данных и результатов подсчёта рыб.

Технические характеристики ПГЛС «Сектор»:

1. Рабочая частота, кГц: 200.
2. Дальность действия по силе цели минус 45 дБ, м: 150.
3. Диапазон дальности, м: 10, 25, 50, 100, 150.
4. Разрешение по дальности, см: 2,5.
5. Ширина ХН одного луча, градусов: 7x7.
6. Сектор обзора, градусов: 90.
7. Количество лучей в секторе обзора, шт: 33.
8. Тип излучаемых сигналов? тон: ГЧМ.
9. Способ определения направления на цель внутри раствора ХН: "split beam".
10. Поддержание постоянного разрешения по углу в плоскости сектора.
11. Совокупная масса оборудования гидролокатора, не более, кг: 50.

Структура ПГЛС «Сектор» показана на рис. 2.

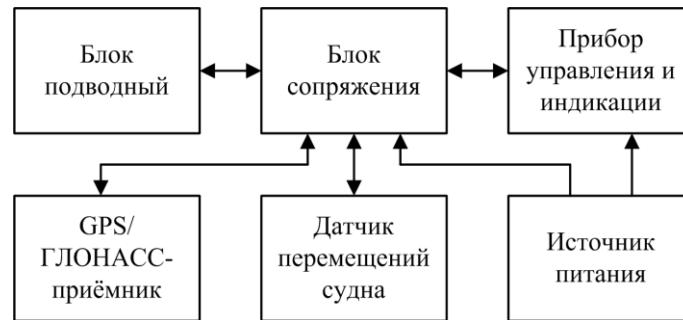


Рис. 2. Структура ПГЛС

Блок подводный содержит многоэлементную приёмно-излучающую гидроакустическую антенну, электронику аналоговой части излучающего и приёмного трактов, аналогово-цифровые и цифроаналоговые преобразователи, датчик температуры воды. Блок подводный соединён с блоком сопряжения многожильным кабелем для обмена цифровыми управляющими и гидроакустическими данными и подачи электропитания в блок подводный. В блоке сопряжения осуществляются формирование управляющих данных для блока подводного, цифровая обработка гидроакустических данных по каждому приёмному каналу многоэлементной антенной решётки, цифровое формирование излучающей и приёмной характеристик направленности, вычисление разности фаз между подрешётками многоэлементной антенны (данные, необходимые для формирования «расщеплённого луча»), выделение огибающей сигнала по каждому лучу веера приёмных характеристик направленности, приём цифровых сообщений от GPS/ГЛОНАСС-приёмника, датчика перемещений судна, формирование и передача выходных данных в прибор управления и индикации по линии связи Ethernet. Выходными данными блока сопряжения являются пакеты цифровых данных, содержащие:

- ◆ отсчёты огибающей принятых эхо-сигналов по каждому лучу веера характеристик направленности;
- ◆ отсчёты разностей фаз между подрешётками (квадрантами) многоэлементной гидроакустической антенны;
- ◆ NMEA-предложения GPS/ГЛОНАСС-приёмника и датчика перемещений судна;
- ◆ значение температуры воды в месте размещения блока подводного.

Прибор управления и индикации осуществляет:

- ◆ управление параметрами блока сопряжения;
- ◆ вторичную обработку гидроакустических данных с учётом пространственных перемещений судна (выделение полезных эхо-сигналов на фоне помех, селекция эхо-сигналов по принадлежности к эхо-сигналам от одиночных рыб, косяков рыб, эхо-сигналу от донной поверхности);
- ◆ подсчёт количества обнаруженных одиночных рыб;
- ◆ оценку геометрических и акустических характеристик косяков рыб;
- ◆ эхо-счёт, эхо-интегрирование;
- ◆ индикацию поступающих от блока сопряжения гидроакустических данных и результатов обработки их в различных режимах отображения.

На текущий момент выполнены патентные исследования, технико-экономическое обоснование, разработан комплект документации технического проекта, выполнен обзор информации по размерно-видовому составу внутренних водоёмов и анализ проектов научно-исследовательских судов и маломерных плав-

средств для размещения ПГЛС. Ведётся разработка алгоритмов и ПО первичной и вторичной обработки гидроакустических сигналов и разработка комплекта рабочей конструкторской и программной документации.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Проект федерального закона № 482298-5 «Об аквакультуре». Официальный интернет-портал Министерства сельского хозяйства РФ <http://mcs.ru/documents/document/show/16771.77.htm> (ссылка по состоянию на 05.04.2013 г.).
2. Спрос на продукцию аквакультуры продолжает расти. Сайт "Рыбные ресурсы" <http://www.fishres.ru/news/news.php?id=19765> (ссылка по состоянию на 05.04.2013 г.).
3. Федеральный закон «О рыболовстве и сохранении водных биологических ресурсов» от 20.12.2004 г. № 166-ФЗ (ред. от 06.12.2011 г. с изменениями, вступившими в силу 01.01.2013 г.). <http://www.referent.ru/1/206117> (ссылка по состоянию на 05.04.2013 г.).
4. Долгов А.Н., Раскита М.А. Разработка структуры ГАК и требований к алгоритмам вторичной и третичной обработки сигналов для обнаружения и подсчета одиночных рыб в приповерхностном слое // Труды X Всероссийской конференции «Прикладные технологии гидроакустики и гидрофизики». – СПб.: Наука, 2010. – С. 134-136.
5. Долгов А.Н., Раскита М.А. Архитектура программного обеспечения прибора управления и индикации научного гидроакустического комплекса // Труды XI Всероссийской конференции «Прикладные технологии гидроакустики и гидрофизики». – СПб.: Наука, 2012. – С. 159-162.
6. Долгов А.Н. Теория и практика проектирования тренажёров гидроакустической рыбопоисковой аппаратуры. – Ростов-на-Дону: ЗАО «Росиздат», 2009. – 400 с.
7. Долгов А.Н., Десятерик М.Н., Набойченко М.А., Раскита М.А. Программный имитатор сигналов многолучевого гидролокатора бокового обзора (программа для ЭВМ). Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2011616996.

Статью рекомендовал к опубликованию д.т.н., проф. Я.Е. Ромм.

Долгов Александр Николаевич – ООО «Конструкторское бюро морской электроники “Вектор”»; e-mail: dolgov@vector.ttn.ru, mail@vector.ttn.ru; 347913, г. Таганрог, ул. Менделеева, 6; тел./факс: 88634333900; директор-генеральный конструктор; к.т.н.

Раскита Максим Анатольевич – e-mail: raskita@vector.ttn.ru; старший научный сотрудник; к.т.н.

Dolgov Alexander Nikolaevich – Vector marine electronics, Ltd; e-mail: dolgov@vector.ttn.ru, mail@vector.ttn.ru; 6, Mendeleev street, Taganrog, 347913, Russia; phone/fax: +78634333900; director general; cand. of eng. sc.

Raskita Maxim Anatolievich – e-mail: raskita@vector.ttn.ru; senior researcher; cand. of eng. sc.

УДК 519.876.5

А.Н. Долгов, А.Н. Куценко, М.А. Раскита

РЕЗУЛЬТАТЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ АЛГОРИТМОВ ВТОРИЧНОЙ ОБРАБОТКИ ГИДРОАКУСТИЧЕСКИХ СИГНАЛОВ МНОГОЛУЧЕВОГО ГИДРОЛОКАТОРА СЕКТОРНОГО ОБЗОРА ДЛЯ ПОДСЧЕТА ОДИНОЧНЫХ РЫБ И ОЦЕНКИ ПАРАМЕТРОВ КОСЯКОВ РЫБ

Приводится описание результатов моделирования некоторых алгоритмов вторичной обработки эхо-сигналов многолучевого гидролокатора секторного обзора. Вторичная обработка эхо-сигналов применяется для адаптивного выделения полезных сигналов на фоне помех, определения координат обнаруженных объектов с учётом движения и качки судна, селекции донного эхо-сигнала, автоматического подсчёта одиночных рыб, определения геометрических и акустических характеристик косяков рыб. Приводится обобщённая