

358

Комитет Российской Федерации по рыболовству  
Дальневосточный государственный технический университет  
рыбной промышленности и хозяйства

На правах рукописи

УДК 534.883:639.2.081.9

Вологдин Владимир Николаевич

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ГИДРОАКУСТИЧЕСКИХ МЕТОДИК И СИСТЕМ  
ОЦЕНКИ КОЛИЧЕСТВЕННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК РЫБНЫХ СКОПЛЕНИЙ**

Специальность 05.11.06 - "Акустические приборы и системы"

Автореферат  
диссертации на соискание  
ученой степени кандидата  
технических наук

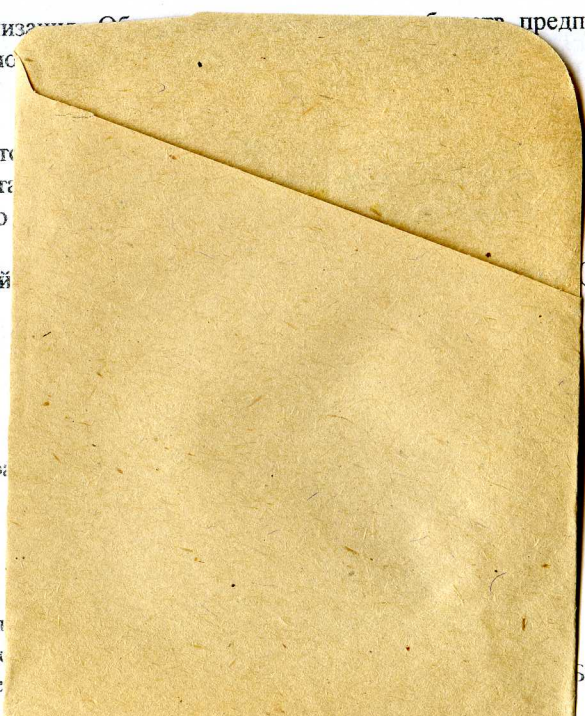
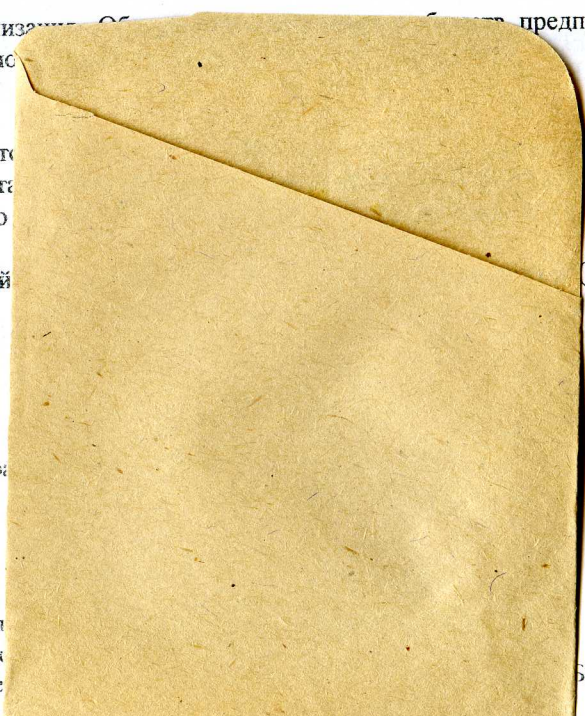
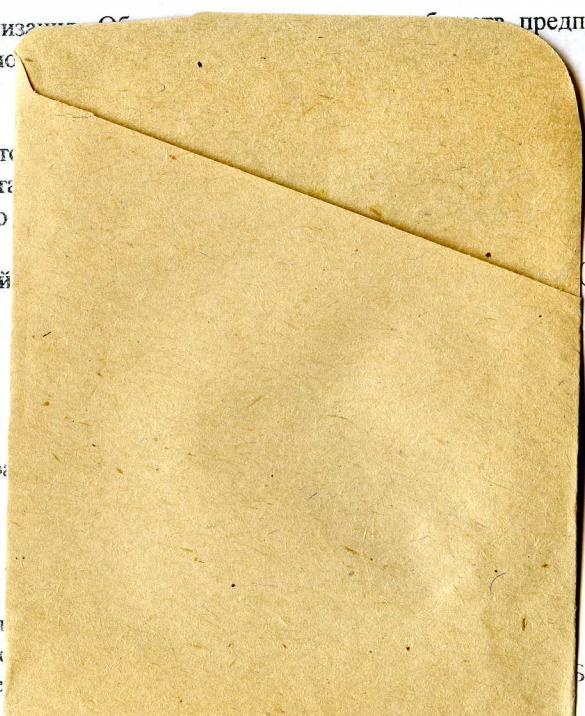
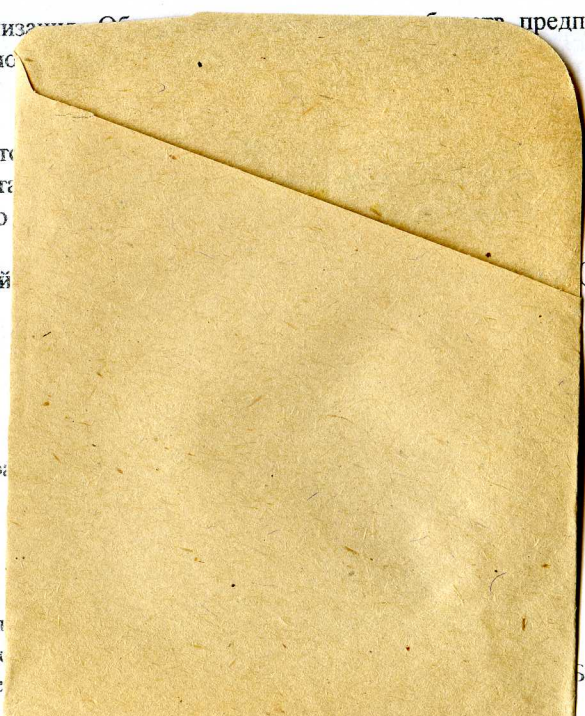
Владивосток. 1998

Работа выполнена в Тихоокеанском научно - исследовательском институте рыбного хозяйства и океанографии и в Дальневосточном государственном техническом университете рыбной промышленности и хозяйства

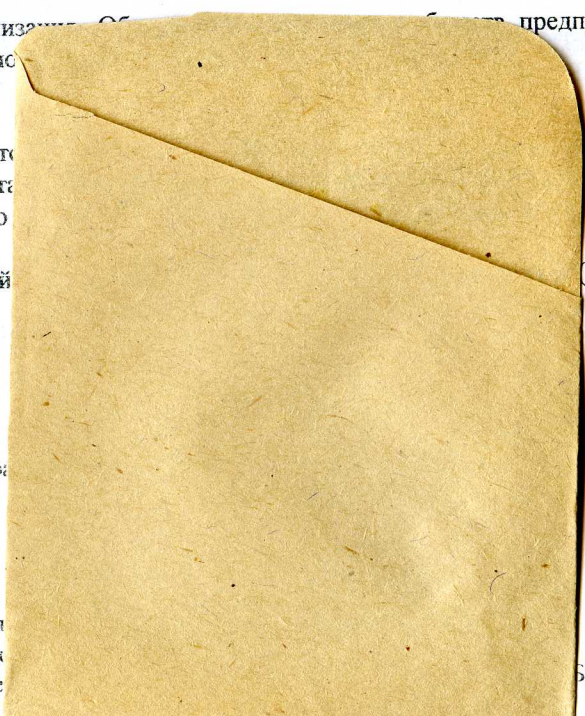
Научные руководители:  
доктор физико-математических наук, член - корреспондент Международной Академии Наук Высшей Школы, профессор И.Н. Каневский;  
кандидат географических наук, старший научный сотрудник В.Б. Дарницкий

Официальные оппоненты:  
доктор физико-математических наук, профессор А.И.Абакумов,  
кандидат технических наук, старший научный сотрудник А.И.Шевченко

Ведущая организация:  предприятий и организаций рыбного хозяйства

Защита состоится   
заседании диссертационного совета при   
зале заседаний, по адресу:   
корпус "Б".  
С диссертацией ознакомиться можно в библиотеке 

Автореферат разослан 

Ученый секретарь диссертационного совета, кандидат технических наук 

(ТУ).

БЫЛЕН

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность проблемы. В связи с уменьшением запасов основных промысловых видов рыб и интенсификацией мирового рыболовства актуально совершенствование гидроакустических методов точной количественной оценки рыбных скоплений, технических средств и методов рыбопромысловой разведки для эффективной добычи объектов промысловости.

Для оценки численности таких высокоподвижных приповерхностных рыб как сардина, скумбрия и др. традиционно использовался траловый метод. Результаты такой оценки давали значительную погрешность ввиду того, что косяки этих рыб, движущихся со скоростями, сравнимыми и даже превышающими скорость траления, уходили от трала.

Были отдельные попытки определения численности таких рыб с помощью гидролокатора, но они оказались неудовлетворительными ввиду сложного характера распространения звука в горизонтальном тракте, вариабельности гидрологических условий и невозможности вследствие этих причин определения плотности рыб в косяках. Определение численности этих рыб с помощью только лишь эхолота давало существенную погрешность в интерполяции данных на площадь из-за неизученности вероятностного характера встреч с быстроподвижными рыбными объектами. Разработка и применение гидроакустических методик комбинированного использования эхолота и гидролокатора и рыбопоискового комплекса дали бы возможность одновременной оценки плотности и численности быстроподвижных рыбных объектов в скоплении на основе учета статистических характеристик вероятностного процесса обнаружения этих объектов. Поэтому эти исследования являются актуальными.

До 1996 г. в таком важном промысловом районе как Российская экономическая зона Берингова моря при проведении тралово - гидроакустических работ не применялась современная эхоинтегрирующая и вычислительная техника. Поэтому разработка типовой схемы галсов гидроакустических съемок, методические и технические рекомендации по сбору и обработке информации в период тралово - гидроакустической съемки в этом районе являются актуальными.

Следующее важное направление - использование цветовой шкалы промысловых цветных эхолотов до сих пор не было развито для оценки биомасс и промысловой значимости рыбных скоплений.

Имеется объективная необходимость в разработке тралово-гидроакустической методики, не требующей дорогостоящей научной аппаратуры и высококвалифицированного персонала для ее обслуживания и которая могла бы использоваться на промысловых судах.

Решению вышеуказанных задач посвящена эта работа.  
Цель исследований - разработка гидроакустических методик оценки запасов рыб и промысловой значимости рыбных скоплений с учетом исследуемых

№ 

характеристик поведения рыб и специфики районов съемок в Дальневосточных морях и создание устройства для комбинированного использования гидроакустических приборов в условиях эхометрических съемок и промысла.

Согласно поставленной цели и на базе комплекса организационных мероприятий сформулированы основные задачи исследований:

- 1) обоснование учета параметров движения рыб при гидроакустической оценке их численности и разработка вероятностных методов оценки рыбных запасов;
- 2) разработка методик исследования поведения высокоподвижных рыб;
- 3) разработка методики определения биомасс и промысловой значимости слоевых рыбных скоплений с помощью цветных эхолотов;
- 4) разработка планирования тралово-гидроакустической съемки и анализа данных, ввод в эксплуатацию и использование эхоинтеграционной информационной системы ЕК 500 - ЕР 500 для измерения количественных характеристик смешанных рыбных скоплений;
- 5) разработка гидроакустического устройства для изучения поведения рыб, совершенствования методов оценки биомасс;
- 6) экспериментальное исследование миграционных (и других) характеристик поведения промысловых рыб в связи с параметрами среды их обитания, а также относительной уловистости тралов;
- 7) разработка предложений по совершенствованию акустических методов поиска рыбных скоплений и оценки их биомассы в интересах рационального промысла.

Согласно системно-техническому планированию исследований выполнены основные этапы: определены цели теоретико-экспериментальных исследований и эффективность разработанных алгоритмов измерений и расчетов, определена структурная схема экспериментальных исследований и место гидролокационной и эхолотной подсистем в этой схеме, разработаны алгоритмы работы системы, определены временные и материальные ресурсы функционирования системы, принят метод оптимизации систем, произведен выбор более эффективного варианта системы.

Научная новизна настоящих исследований состоит в следующем:

- предложен новый принцип организации гидроакустических рыбопоисковых систем;
- построены новые методики использования технических средств для поиска промысловых скоплений рыб;
- определены пути наиболее рационального применения эхолокации для рыбного поиска на основе более полного раскрытия потенциальных возможностей гидроакустической техники;
- показаны пути получения новых знаний о поведении рыб и использования этих знаний при оценке промысловых запасов этих рыб;
- получены новые данные о поведении морских стайных рыб;

- разработаны методические рекомендации для измерений параметров движения рыбных косяков с помощью штатной судовой гидроакустической аппаратуры;

- впервые на базе постановки задачи системных исследований статистически оценены вероятностные характеристики параметров движения рыб для учета в гидроакустическом методе оценки их запасов;

- впервые статистически выявлен эффект бимодального движения косяков рыб, имеющий существенное значение для более глубокого понимания процессов миграций рыб;

- доказана принципиальная возможность гидроакустических съемок по таким приповерхностным высокоподвижным видам рыб как сардина и скумбрия;

- впервые применен эхоинтегратор для гидроакустической оценки численности сардины на акваториях Тихого океана и Японского моря;

- впервые разработан рыбопоисковый комплекс, включающий в себя гидролокатор и эхолот со специально разработанными блоками синхронизации, коммутации и регистрации сигналов, позволяющими одновременное измерение плотностей и параметров движения рыбных объектов;

- обоснована и разработана вероятностная гидроакустическая методика оценки численности рыб с использованием специального устройства для гидроакустической съемки;

- обоснована и разработана гидроакустическая методика оценки биомасс с помощью цветовой шкалы;

- получены статистические оценки вероятностных характеристик параметров движения косяков сардины; определены тенденции абиотического (температурного) и циркадного влияния на скорости движения рыбных косяков.

Практическая полезность работы подтверждается внедрением и использованием рыбопоискового комплекса и гидроакустических методик научными и рыбопромысловыми организациями (БИФ ТИНРО, ТУРНИФ, ЗАО ИНТРАРОС) и состоит в следующем:

- в результате исследований и разработки методик измерений и статистической оценки вероятностных характеристик параметров движения рыбных косяков получены новые данные о миграционном поведении рыб, позволяющие оперативно решать актуальные задачи рыболовства - определение миграций промысловых скоплений и их поиска с целью облова;

- разработана гидроакустическая методика оценки численности высокоподвижных мигрирующих рыб, что дает возможность более точно оценивать их промысловые запасы, позволяет уточнить прогноз этих запасов и своевременно увеличивать вылов промышленностью короткоцикловых видов рыб (например, сардины);

- разработана гидроакустическая методика для определения промысловой значимости рыбных скоплений с помощью цветных эхолотов, которыми оснащены промысловые суда, что позволило повысить эффективность работы промыслового судна;

разработано устройство, которое позволяет синхронизировать, коммутировать и регистрировать сигналы на одном носителе информации от нескольких промысловых гидроакустических приборов, работающих одновременно и на близких частотах.

Разработанные методики позволяют определять запасы промысловых видов рыб, что дает возможность прогноза этих запасов и уточнения квот вылова промысловому флоту.

Реализация работы. Указанные в работе научные исследования выполнены автором в 24 научно-исследовательских рейсах в период гидроакустических съемок в Японском, Охотском, Беринговом морях и в Тихом океане на научных и промысловых судах и использованы в ряде научно-исследовательских и оперативно-промысловых работ по заказу Минрыбхоза, Комитета по рыболовству РФ, ТИНРО, ТУРНИФ, БИФ ТИНРО, ГПО "Дальрыба". Работы выполнялись по планам внедрения в промышленность разработок ТИНРО по ВО "Дальрыба" и научным планам ТИНРО по темам: №1 и №10, раздел "Теоретическое обоснование акустических методов учета численности рыб по промысловому району"; №21 "Исследование акустических характеристик рыбных скоплений и разработка методов их количественной оценки"; № 03.02.04 "Оценка рыбопромысловых ресурсов методом гидроакустических съемок"; № 01.15.01.04, № 01.15.01.01 "Пелагиаль", "Восток" (северо-западная часть Тихого океана и Японское море), № 1.1.9.04 "Информационные технологии и системы обеспечения акустического мониторинга промысловых районов Дальневосточного бассейна".

Были испытаны и внедрены в ТУРНИФе и в БИФе ТИНРО в течение нескольких лет непосредственно при выполнении гидроакустических съемок и в условиях промысла сардины и скумбрии в Японском море и в Тихом океане устройство синхронизации, коммутации и регистрации сигналов на едином носителе информации, гидроакустические методики измерений и статистических оценок вероятностных характеристик параметров движения рыбных косяков для определения миграции промысловых скоплений с целью их облова. В результате испытаний и использования указанных методик и устройства высвобождается одно поисковое судно из двух, что соответствует повышению эффективности научно-поисковых работ на 100%. В результате испытаний, планирования и внедрения рекомендаций по модернизации гидроакустического оборудования сэкономлено судовое время и увеличена эффективность использования судна на 20%.

В результате испытаний и использования гидроакустической методики градуировки цветовой шкалы промысловых эхолотов и определения ожидаемого вылова по эхозаписям скоплений минтая в промышленности (ЗАО ИНТРАРОС) экономится около 20 судосудок работы современного промыслового судна типа БАТМ (1 млрд. 24 млн. рублей в ценах 1998 г. (до августа)).

Результаты исследований применены также в учебных процессах ДВПИ и ДВГУ при подготовке специалистов - системотехников и гидроакустиков, а также использованы при подготовке методического пособия.

Акты испытаний и внедрений прилагаются к диссертации.

Апробация работы и публикации. Основная часть материалов диссертации докладывалась и обсуждалась на научных конференциях и на совещаниях по международному научно-техническому сотрудничеству (НТС) нашей страны, США и Японии (г.Сизтл, США, 1980 г.; г.Токио, Япония, 1981 г., 1982 г., 1983 г., 1984 г.), на Ихтиологической комиссии МРХ СССР (г.Москва, 1983 г.), на всесоюзных и всероссийских научных конференциях: "I Всесоюзное совещание по проблемам краткосрочного рыбопромыслового прогнозирования и управления" (г.Владивосток, 1982 г.), "Исследование и рациональное использование биоресурсов... и перспективы создания технических средств для освоения неиспользуемых биоресурсов открытого Океана" (г. Владивосток, 1985 г.), "Современное состояние и перспективы развития теории и прикладных вопросов гидроакустики (к 300-летию Российского флота, 1996 г.)", VI Всероссийская акустическая конференция "Исследование и освоение Мирового океана" (с международным участием, г.Владивосток, 1997 г.); Всесоюзная школа "Технические средства и методы исследования Мирового океана" (г.Москва, 1987 г.) на Ученых Советах ТИНРО, научных коллоквиумах лаборатории промысловой гидроакустики, биологических лабораторий и лаборатории промысловой океанографии ТИНРО и на кафедре технических средств судовождения и гидроакустики Дальрыбвтуза, на семинарах лаборатории промысловой гидроакустики Аляскинского рыбохозяйственного научного центра (1993, 1994, 1996, рук. доктор Д. Трэймор), на семинарах научных групп НИС "Джон Н.Кобб" (1974, рук. доктор М.Нельсон, США), НИС "Трубчевск" (1982, рук. доктор Т.Ясуи, Япония), НИС "Миллер Фримен" (1993, 1994, рук. доктор Н.Вильямсон, США) и НИС "Киова-мару #1" (1994, рук. доктор Й.Миянохана и доктор К.Савада, Япония) с участием русских, американских, японских, корейских и китайских специалистов.

По теме диссертации опубликовано 22 работы. В этих работах автор самостоятельно проводил теоретические исследования, а экспериментальные исследования были осуществлены под руководством автора и при непосредственном его участии на всех этапах работ. Из совместных с биологами и гидрологами работ автором использованы в диссертации результаты, относящиеся к выполненным им гидроакустическим исследованиям.

Материал исследований. Материалом для настоящей работы служат результаты исследований автора на протяжении более, чем 26 лет его работы в гидроакустической лаборатории при разработке и внедрении гидроакустических методик эхосъемок на научных и поисковых судах в период развития гидроакустического метода оценки биоресурсов.

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, пяти глав, заключения, списка литературы из 133 наименований и приложения. Объем работы 120 страниц машинописного текста, 19 рисунков и 10 таблиц.

На защиту выносятся следующие положения.

1. Гидроакустические методики определения параметров движения и статистических оценок численности биообъектов с различной степенью подвижности;
2. Гидроакустическая система, включающая устройство синхронизации, коммутации и регистрации сигналов, для исследования запасов рыб.
3. Планирование, анализ данных гидроакустических съемок и экспериментальные результаты исследований поведения и запасов промысловых рыб.

## СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Во введении обосновывается актуальность проблемы, намечаются цели и приводится системная постановка задачи исследований. Изложена общая характеристика работы.

В 1-й главе работы изложено современное состояние гидроакустических исследований поведения, оценки запасов и разведки промысловых рыб и приборного обеспечения. Установлено, что имеющаяся априорная информация по поведению рыбных объектов ввиду недостаточности проведенных различными исследователями работ не дает возможности полного вероятностного описания процесса гидроакустической съемки для решения задачи оптимизации системы, предназначенной для оценки численности этих объектов.

Делается вывод, что выбор метода пространственного усреднения зависит от объекта, распределения данных и от формы сетки галсирования.

Во 2-й главе рассматриваются разработанные автором методики определения параметров движения и исследование поведения приповерхностных промысловых рыб (на примере скумбрии и сардины). Эти параметры были использованы для прогнозирования перемещения рыбных скоплений и разработки вероятностных методик оценки численности подвижных рыбных объектов.

Получена формула для расчета скорости движения объекта по данным его пеленгований. Эта формула выводится при аппроксимации формы кривой расположения групп эхострихов пеленгований (при этом квадрат коэффициента корреляции Пирсона,  $R^2 = 0,9276$ ). Эта аппроксимация проиллюстрирована рис. 1. Отсюда формула для определения скорости  $V_r$  перемещения объекта относительно судна записывается как

$$V_r = \frac{V_n}{l_3} \sqrt{\frac{PD_c H}{90}}$$

где  $V_r$  - скорость протяжки эхобумаги [мм/с],  $l_3$  - относительное перемещение по эхоленте [мм],  $D_c$  - диапазон самописца [м],  $H$  - расстояние до объекта по эхоленте [мм],  $P$  - фокальный параметр параболы [мм].

Скорость  $V_k$  объекта находится из выражения для относительной скорости:

$$V_r = \sqrt{V_c^2 + V_k^2 - 2V_c V_k \cos \xi},$$

где  $V_c$  - скорость судна,  $\xi$  - разность курсов судна и объекта.

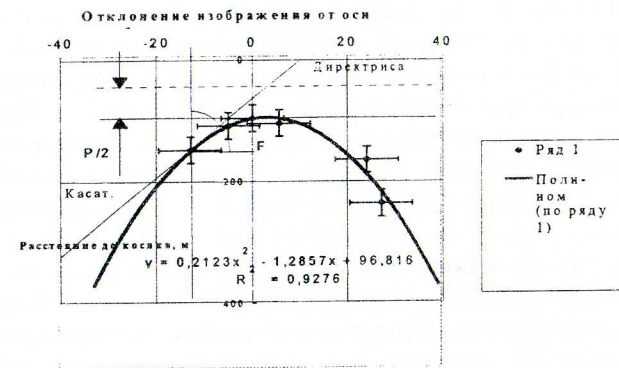


Рис. 1. К расчету скорости косяка рыб при горизонтальной эхолотации.

Если неизвестен курс движения объекта, то скорость  $V_k$  и разность курсов судна и объекта определяются из следующих выражений:

$$V_k = \frac{1}{t} \sqrt{(d_1 \sin \delta - d_0 \sin \gamma)^2 + (V_c t + d_1 \cos \delta - d_0 \cos \gamma)^2};$$

$$\xi = \arcsin \frac{1}{V_k t} (d_1 \sin \delta - d_0 \sin \gamma),$$

где  $d_0, d_1$  - расстояния до объекта при первом и втором пеленгованиях, соответственно,  $\gamma, \delta$  - углы между линией курса судна и направлением на объект при первом и втором пеленгованиях, соответственно.

Для оперативных вычислений по выведенным формулам составлены программы на микроЭВМ.

С учетом экспедиционного опыта разработана также планшетная методика определения параметров движения рыбных косяков на основе данных гидролокатора механического сканирования и методика использования в указанных целях гидролокатора электронного сканирования.

В результате применения разработанных методик в морских условиях собран статистически достаточный материал. Выполнены измерения на более, чем 500 рыбных косяках в разное время суток и при различных абioticеских условиях. Под косяком или стаей промысловых объектов принято понимать такое распределение этих объектов, при котором они "держатся в виде отдельных компактных группировок взаимно ориентирующихся друг на друга особой близкого биологического состояния и возраста, объединенных единством поведения". Термин "поведение рыб" в промысловой океанографии и в этой работе используется в узком смысле. Этот термин означает реакции рыбных косяков (и других рыбных группировок) на "преобладающие условия среды и их изменения". В период экспериментальных исследований в Тихом океане показано, что распределение скоростей рыбных косяков подчинялось теоретическому закону Пуассона, а распределение направлений движения - закону Гаусса. В Японском море полученное нами распределение скоростей косяков следовало теоретическому гамма - распределению. При этом нами был установлен эффект бимодального распределения направлений движения косяков, имеющий важные следствия для понимания этологии рыб и планирования гидроакустической съемки. Бимодальный эффект иллюстрируется рис. 2. Статистической обработкой результатов гидроакустических измерений получена информация о реальной миграции и форме траекторий движения косяков, которые не могли быть выявлены другими путями, например, длительным слежением за отдельными косяками ввиду акустического и светового (в темное время суток) влияния следящего судна на поведение объекта.

Тенденции изменений скоростей косяков сардины по отношению к их направлениям движения, температуре среды и времени суток показаны на рис.3 и рис.4.

Соответствующие аппроксимирующие полиномы получены в виде:

$$V_k = 0,938 + 0,262t + 0,005q_k - 0,02t^2,$$

где  $V_k$  - скорость косяка (узлы),  $t$  - температура среды обитания (градусы Цельсия);

$$V_k = 139,038 - 49,88(B_p) + 6,995(B_p)^2 - 0,475(B_p)^3 + 0,016(B_p)^4 + \text{eps}$$

где  $B_p$  - время (в светлую часть суток).

Ввиду изменчивости распределений параметров движения от района к району, а также в зависимости от характера миграций сбор такой гидроакустической информации необходимо выполнять в период каждой гидроакустической съемки.

В 3 - й главе рассматривается принцип одновременных измерений параметров движения структурных единиц рыбного скопления (косяков) и плотностей косяков. Это соответствует комбинированному использованию эхолота и горизонтального тракта гидролокатора, что позволяет учесть полученные распределения относительных скоростей (т.е. скоростей рыбных косяков

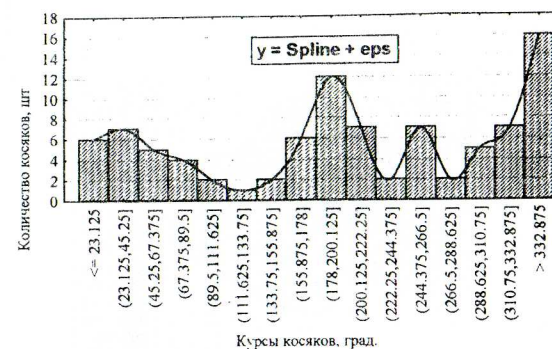


Рис.2. Распределение курсов косяков сардины в Японском море осенью 1983г. Сплайн - аппроксимация.

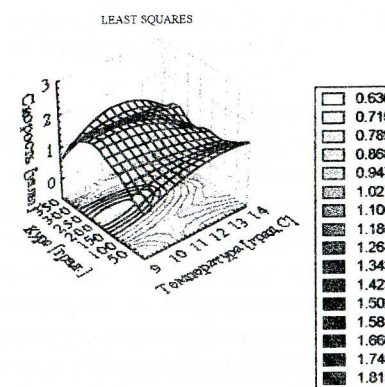


Рис. 3. Скорости косяков сардины по отношению к их курсам и температуре поверхности воды в Японском море осенью 1983 г.

относительно судна, выполняющего гидроакустическую съемку) при оценке численности рыб с учетом вероятностей встреч косяков.

Для осуществления указанного выше принципа разработано специальное устройство УСКРС-1 (рис.5), дающее возможность одновременное (с синхронизацией импульсов излучения) использования без взаимных помех эхолота и гидролокатора, работающих на близких частотах. Это устройство позволяет также выводить информацию от этих и других приборов (от датчика температуры поверхностного слоя воды, от лага и прибора контроля орудий лова) на единый носитель.

Условные обозначения и функциональное назначение блоков устройства указаны ниже.

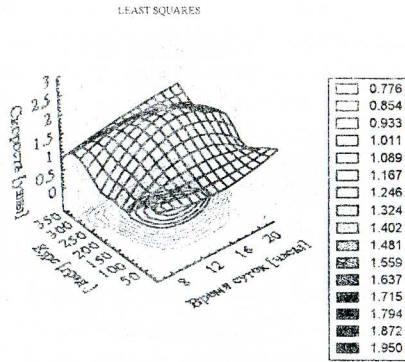


Рис. 4. Скорости косяков сардины по отношению к их курсам и времени суток (Японское море, осень 1983 г.)

Назначение блоков системы следующее (первые девять, одиннадцатая и двадцать первая позиции относятся к устройству УСКРС-1):

1) блок переключения питания и защиты (БПП) обеспечивает бесперебойное питание переключением питающих УСКРС напряжений в зависимости от того, какой из гидроакустических приборов Сарган работает: эхолот или гидролокатор; 2) блок коммутации (БК) гидроакустической аппаратуры подключает входы эхоинтегратора к одному из установленных на судне гидроакустических приборов. Блок одновременно коммутирует три цепи сигналов: амплитудно-модулированный отраженный сигнал (АМОС), запускающий импульс (ЗИ) и выделенный отраженный сигнал от дна (ДС).

Для гидролокатора электронного сканирования FSS - 32B коммутируется только ЗИ. Для научного эхолота ЕУ-М при работе на больших глубинах, ввиду недостаточной мощности излучения и, следовательно, малости амплитуды ДС, коммутируется лишь ЗИ и АМОС. Коммутируются также сигналы CVA-017: ЗИ, АМОС и "Пуек" (сигнал дистанционного управления запуском магнитофона в режиме "Пауза"); 3) блок синхронизации (БС) гидроакустических приборов преобразует и синхронизирует импульсы внешнего запуска и развертки от эхолота и гидролокатора "Сарган" и управляет запуском и разверткой этих приборов. При этом учитывается, что приемные тракты приборов на определенное время будут закрыты; 4,5) блоки записи сигналов (БЗС) производят запись сигналов, поступающих от различных приборов судовой системы на ленты эхолота и гидролокатора "Сарган"; 6) блок преобразователя напряжения - время (БПНВ) преобразует сигналы напряжения эхоинтегратора:

"интегралы на милю" и "интегралы на посылку" по обоим каналам в сигналы времени и вместе с сигналами интервала интегрирования выводит в БЗС. БПНВ формирует короткие управляющие импульсы в строго определенные моменты

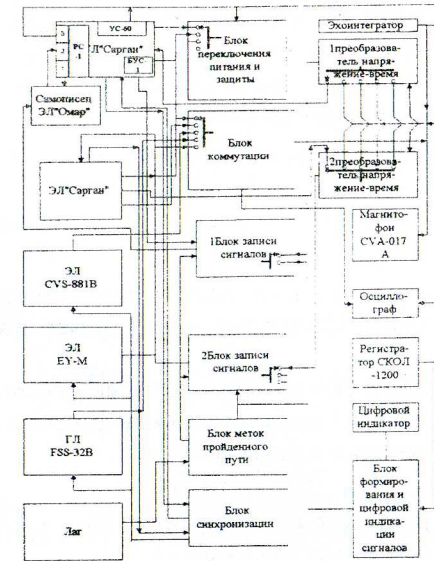


Рис. 5. Гидроакустическая система с устройством синхронизации, коммутации и регистрации сигналов (УСКРС-1).

времени относительно ЗИ в зависимости от потенциала на входах блока; 7) второй блок БПНВ аналогичен предыдущему и предназначен для работы с блоком формирования сигналов (БФС) системы контроля за орудиями лова (СКОЛ); 8) Блок формирования и цифровой индикации сигналов (БФЦИС) производит счет импульсов от эталонного генератора тактовых импульсов (ГТИ) в течение времени, пропорционального времени распространения звукового импульса до дна, поверхности и подборки трала. Результат счета выводится на цифровой индикатор (отсчет в метрах) и в виде импульсов в БЗС. Таким образом, положение подборки (верхней или нижней в зависимости от положения датчика СКОЛ) и вертикальное раскрытие трала представляется в виде цифрового отсчета и штрихами на эхоленте; 9) блок меток пройденного судном пути (БМП) производит счет импульсов лага и в режиме 200 импульсов на милю выводит результат через 0,1 или через 1 милю в виде импульса на вход БЗС для записи на эхоленте; 10) гидролокатор "Сарган-К"; 11) самописец эхолота "Омар"; 12) эхолот "Сарган-К"; 13) цветной эхолот CVS-881B; 14) научный эхолот ЕУ-М; 15) гидролокатор электронного сканирования FSS-32B; 16) лаг MF-220; 17) эхоинтегратор QM-МКII; 18) магнитофон CVA-017; 19) осциллограф С1-56; 20) регистратор СКОЛ-1200; 21) цифровой индикатор. Гидроакустические съемки скоплений высокоподвижных рыб (таких, как

сардина скумбрия и др.) с помощью этого устройства выполняется по заранее спланированной сетке галсов. Для расчета длин галсов и межгалсовых расстояний принимается во внимание миграция рыб. Было выведено условие исключения события повторной регистрации одного и того же косяка и ограничения расстояния  $d$  между галсами:

$$d > \frac{2LV_c}{V_c - V_M},$$

где  $L$  - длина галса,  $V_c$  - скорость судна,  $V_M$  - скорость миграции косяка.

В этой главе исследованы вероятностные процессы обнаружения рыбных косяков с различной подвижностью и получены формулы оценки численности этих косяков.

При разработке методики оценки численности малоподвижных рыбных косяков вероятность появления интервалов между центрами встреченных друг за другом косяков находилась в следующем виде:

$$f(l)dl = ae^{-bl}dl,$$

где  $a$  и  $b$  - постоянные распределения интервалов;  $f(l)$  - количество интервалов, имеющих размеры от  $l$  до  $l + dl$ .

Распределение случайных интервалов рассматривалось в виде:

$$\frac{n_i}{n} = n_0 \cdot \exp\left[(-n)_0 \cdot x_i\right],$$

Линейная плотность связана с поверхностной:

$$2C n_0 = n_{0л},$$

где  $C$  - дальность обнаружения в горизонтальном направлении. Зная поверхностную плотность распределения косяков на площади и саму площадь,

$S$  можно оценить число косяков,  $N$  в скоплении:  $n_0 = \frac{n_{0л}}{2C}$ ;  $N = n_0 S$ . В результате вычислений имеем  $n_0 = 0,56$  косяков/кв.милю;  $S = 1006,09$  кв.миль, тогда  $N = 563$  косяка.

Для оценки численности рыбных косяков, движущихся с постоянной скоростью и с равномерным распределением направлений движения рассматривалась следующая модель, позволявшая учесть такое движение рыб. Судно движется галсами с постоянной скоростью по району, где находятся косяки рыб в скоплении. Производится горизонтальное эхолотирование косяков с одновременным измерением их скоростей (например, с помощью спектральной обработки эхосигналов или путем расчета скоростей по измерениям текущих расстояний до косяка и соответствующих пеленгов) и направлений движения. Распределение косяков по акватории скопления предполагается случайным. Косяки движутся с некоторой средней скоростью в различных направлениях, составляющих угол  $\xi$  с курсом судна.

Используя рис.6 и соответствующее выражение из теории поиска (Абчук, Суздаль, 1977) получено выражение для общего числа  $N$  косяков в скоплении с площадью  $S$ :

$$N = \frac{\pi MS}{4D(V_k + V_c)E(\pi/2, K)},$$

где  $M$  - среднее число косяков, идущих любым курсом и попадающих в зону обнаружения в единицу времени;

$D$  - диаметр зоны обнаружения;

$V_k$  - скорость косяков;

$V_c$  - скорость судна;

$E(\pi/2, K)$  - полный эллиптический интеграл второго рода:

$$E(\pi/2, K) = \int_0^{\pi/2} \sqrt{1 - K^2 \sin^2 \varphi} \cdot d\varphi,$$

$$K = \frac{2\sqrt{V_k V_c}}{V_k + V_c}.$$

В этой главе приведен практический пример оценки численности косяков анчоуса в скоплениях у побережья Северной Америки (1974 г.).

Найдена средняя скорость  $\langle V \rangle = 1,6$  узла аналогично тому, как это производилось с интервалами.

Для оценки численности рыбных косяков с независимыми вероятностями их обнаружений можно представить модель гидроакустической съемки в виде отдельных просмотров водных объемов при движении судна по галсам на акватории, где случайным образом располагаются косяки рыб. Вероятность обнаружения косяка при однократном просмотре (эхолокации) объема воды называется элементарной вероятностью  $q$  обнаружения рыбного косяка. Допустим каждое обнаружение косяка является независимым. Рассмотрим практически важный случай прямолинейного и равномерного движения косяков и судна, проводящего эхометрическую съемку. Введем декартовую систему координат  $XOY$  (рис.6). Пусть ось  $Y$  совпадает с линией относительного перемещения, а  $X$  - с нормалью к этой линии. Уравнения движения центра масс косяка можно записать следующим образом:

$$\begin{cases} X = \text{const}; \\ Y = V_p \cdot t, \end{cases}$$

где  $V_p$  - относительная скорость,  $t$  - время.

При оценке вероятности обнаружения косяков, получено полезное соотношение для оценки числа косяков:

$$Q = \frac{\delta}{1 - \exp\left\{-n \sum_{i=1}^n \ln[1 - q(\sqrt{x^2 + V_p^2 t_i^2})]\right\}},$$



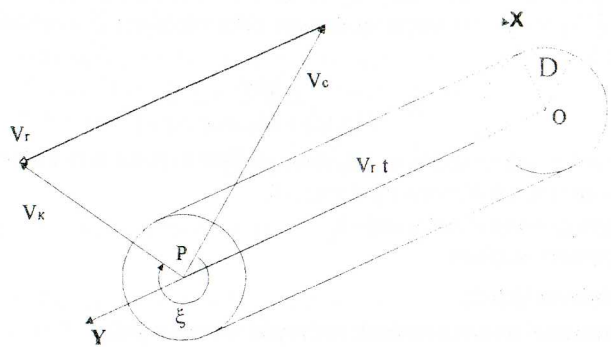


Рис. 6. К определению численности косяков

#### Оценка численности косяков, движущихся с различными скоростями и направлениями

В результате гидроакустической съемки с пеленгованием рыбных косяков имеется достаточно данных для определения их местоположения и параметров движения по их среднему перемещению за достаточно большие промежутки времени. Вычисление скоростей и направлений движения косяков производились в период нагульных миграций сардины (именно в этот период выполнялись гидроакустические съемки). Диапазон возможных скоростей косяков сардины составляет 0 - 6 узлов, а диапазон направлений их движения - 0 - 360°. По найденным значениям средних скоростей и направлений строились соответствующие распределения. Эти распределения необходимы для усреднения определенного параметра в процессе решения задачи по оценке численности косяков.

В нашем анализе один галс рассматривается как одна выборка. Это соответствует стратификации множества в  $n$  стратах с одной выборкой на страту. И если допустить, что между значениями выборок между галсами нет корреляции, то эти систематические выборки являются эквивалентными случайной выборке. Если наблюдается некоторая междугалсовая корреляция, то, с учетом выбранной нами параллельной сетки галсов, она может быть значительно снижена увеличением расстояния между галсами.

Допустим, что известно среднее количество  $N_s$  косяков на единице площади  $S$  скопления. Косяки двигаются с различными скоростями и направлениями. За время  $t$  движения по галсу просматривается площадь

$$S_1 = D < V_r > t,$$

где  $D$  - радиус сечения звукового луча эхолота на глубине обнаружения косяков,

$<V_r>$  - математическое ожидание относительной скорости  $V_r$ ,  $V_r = V_r(V_k, V_c, \xi)$ .

В результате усреднения относительной скорости  $V_r$  по эмпирическому распределению, аппроксимированному соответствующей теоретической кривой  $f(V)$  и сравнения теоретической и экспериментальной оценок получена оценка числа косяков при их однородном распределении в скоплении:

$$\hat{a} = \frac{S}{n} \sum_{k=1}^n \frac{(a_{ho})_k}{D_k t_k \int_{V_{r1}}^{V_{r2}} V_{rk}(V_s, V_v, \xi) f(V_r) dV_r},$$

Далее в главе определяются статистические характеристики: дисперсия  $D[a]$ , ошибка оценки численности и границы доверительного интервала. Относительная скорость находится как:

$$V_r = \sqrt{V_k^2 + V_c^2 - 2V_k V_c \cdot \cos \xi}.$$

Конкретный вид функции  $f(V_r)$  определяется по эмпирическим распределениям относительных скоростей (пример такого реального распределения - на рис.7). В случае, если первообразную функцию в знаменателе формулы для оценки числа косяков нельзя выразить в элементарных функциях, то выполняется численное интегрирование.

При неоднородном распределении косяков на акватории производят разбивку площади района на страты таким образом, чтобы распределение косяков в пределах страт можно было считать однородным. Тогда дисперсия может быть существенно уменьшена. В этом случае оценка численности косяков в районе выглядит как

$$\hat{a} = \frac{d}{2} \sum_{k=1}^n \sum_{i=1}^m L_i a_i \frac{1}{D_k t_k \int_{V_{r1}}^{V_{r2}} V_{rk}(V_s, V_v, \xi) f(V_r) dV_r},$$

где  $d$  - расстояние между галсами,  $L_i$  - длина галса в  $i$ -той страте. А оценка дисперсии среднего числа косяков,

$$D(\overline{a_{ho}}) = \frac{1}{4S^2} \sum_{i=1}^m \frac{d^2 L_i^2 \sigma_i^2}{n_i},$$

где  $n_i$  - количество выборок в страте,  $\sigma_i$  - стандартное отклонение средней величины внутри страты.

В качестве примера оценки численности косяков по полученной формуле приведем результаты съемки скопления сардины осенью 1983 г. в Японском море, у берегов Приморья с помощью комбинированного использования эхолотных (использовался ГЛ "Сарган" в эхолотном режиме для обнаружения и определения количества косяков) и гидролокаторных (использовался ГЛ электронного сканирования "ФСС-32 Б" для определения параметров движения

косяков) измерений. Исходные данные для оценки численности следующие: среднее число  $\bar{a}_{об}$  обнаруженных косяков на галсе - 35,4; площадь S скопления - 4650 кв. миль; количество галсов,  $n = 14$ ; растров D диаграммы направленности - 2,96 м; среднее время  $t$  движения по галсу - 2,39 часа; матожидание  $m[V_T] = 9,82$  узла определено из статистического распределения относительных скоростей (рис.7). Другие статистические характеристики указанного распределения следующие: дисперсия,  $D = 3,48$ ; стандартная ошибка,  $Se = 0,12$ .

Оцененное количество косяков  $a = 4,384 \cdot 10^6$  косяков.

В 4 - й главе обосновывается методика оценки биомасс с помощью промысловых цветных эхолотов.

Основная идея этой части работы заключалась в исследовании связи между плотностями рыбных скоплений и цветным выходом эхолота, точной калибровке плотностного выхода цветного эхолота большим количеством траловых уловов (в практическом примере - 197 тралений), в измерениях параметров трала во время тралений и в переходе от относительных плотностей биомассы к абсолютным их значениям.

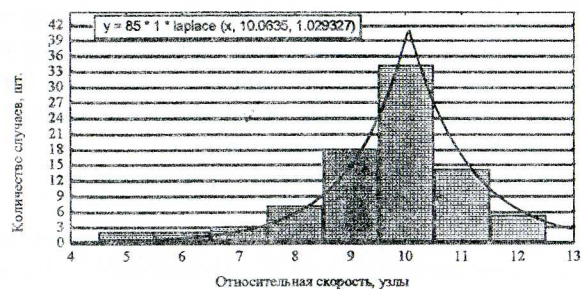


Рис.7. Распределение относительных скоростей в период гидроакустической съемки на скоплении сардины в Японском море осенью 1983 г.

Как во время калибровки, так и в период гидроакустической съемки производятся определения цвета, его процентного содержания и пространственных размеров рыбных концентраций. Для производства работ была составлена гидроакустическая система (структурная схема этой системы представлена на рис.8).

Велся электронный промысловый журнал с использованием персонального компьютера. Информация в этом журнале накапливается, систематизируется и добавляется по мере поступления. Был создан электронный промысловый планшет с помощью вспомогательной программы "Slon"(Запасвыбразведка).

Для рассмотрения модели были приняты следующие гипотезы относительно объекта исследования:

- 1) местоположения рыб статистически независимы;
- 2) отсутствует вторичное рассеяние звуковых волн в рыбном скоплении.

В использованном нами для гидроакустической съемки японском эхолоте CVS - 8822 интенсивностям принятым эхосигналов поставлены в соответствие семи цветам, каждому из которых присвоен свой номер.

Объемная плотность рыбного скопления

$$\rho_T = K_e F_2(I),$$

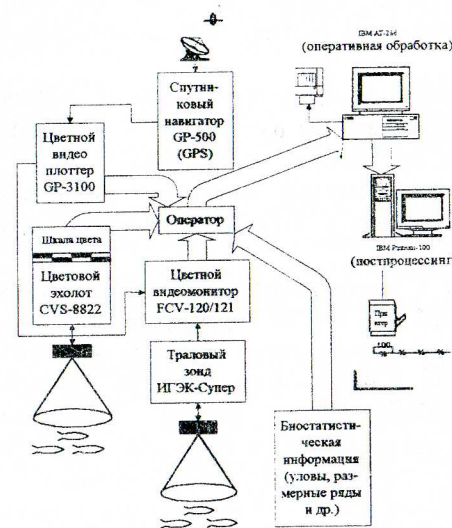


Рис.8. Структурная схема гидроакустической системы.

где  $K_e$  - коэффициент уловистости трала,  $F_2(I)$  - функция зависимости плотности от номера цвета (который в свою очередь зависит от интенсивности эхосигнала,  $I$ ). В этой главе коэффициент уловистости для слоевых скоплений минтая коэффициент уловистости определен приблизительно равным единице, поэтому градуировка (калибровка) цветовой шкалы сводится к определению функции  $F_2(I)$ .

После статистической обработки экспериментальных данных была найдена зависимость между объемной плотностью  $\rho$  рыбных скоплений и цветовым номером  $I$  в виде парной регрессии:

$$\rho = 1.04678 \times I$$

В результате разработки методики и ее экспериментальной проверки

- подтверждена справедливость гипотезы о случайном и независимом местоположении рыб построенным статистическим распределением рыбных плотностей (логнормальное распределение);
- подтверждено отсутствие эффектов вторичного рассеяния, на что указывает определенный траловыми обловами диапазон плотностей рассеивателей, который существенно ниже требуемого для этих эффектов;
- полученные в рамках феноменологического подхода результаты свидетельствуют, что выбранная модель статистических оценок рыбных плотностей не противоречит теоретической модели. Следовательно можно считать выбранную модель наиболее близкой к наблюдаемой на практике;
- разработанная регрессионная модель адекватна реальным физическим процессам отображения плотностей рыбных скоплений посредством цветковых номеров;
- полученное логнормальное распределение рыбных плотностей вполне удовлетворительно описывает реальное распределение рыб, наблюдавшееся с помощью траловых методик другими исследователями;
- оцененная с помощью разработанной модели биомасса минтая близка к оценкам биомассы в этом районе и в тот же период по ихтиологической методике.

В главе 5 описаны ввод в эксплуатацию современной эхоинтегрирующей информационной системы ЕК 500 - ЕР 500, структурная схема которой показана на рис. 9, и результаты впервые проведенной гидроакустической съемки с этой комплектованной системой в Беринговом море на отечественном судне автором настоящей работы. Эти работы позволили перевести гидроакустические исследования ТИНРО в ДВ морях на качественно новый уровень. Были разработаны системы галсов и постпроцессинга.

Галсы строились аналогично тому, как это делалось в третьей главе (для съемки по скоплениям скумбрии и сардины), т.е. перпендикулярно оси преобладающих течений. Отличие - в принятии во внимание распределения минтая по изобатам, в местах сгущений которых по данным различных съемок в прошлом определена более высокая плотность рыбных скоплений для учета анизотропии плотностного поля и направления вероятной миграции скоплений рыб для снижения дисперсии. Положение первого галса выбиралось случайным образом.

Условие исключения события повторной регистрации одного и того же косяка (и ограничения снизу расстояния между галсами) записывается согласно вывода неравенства в Главе 3 настоящей работы:

$$d > \frac{2LV_c}{V_c - V_M}$$

Были разработаны стратификация и анализ данных по результатам эхоинтеграционно-траловых (ЭИТ) съемок в западной части Берингова моря.

Предложен и реализован способ рекогносцировочного усреднения данных эхоинтегрирования на площади, покрытой сеткой съемочных параллельных эквидистантных галсов.

Пусть имеется некоторый массив эхоинтеграционных данных, снятых на параллельных эквидистантных галсах. Для интерполяции данных на междугалсовую площадь предлагается следующий способ:

- выбирается выборочный интервал таким образом, чтобы, во-первых, между выборками данных эхоинтегрирования не было корреляции, а во-вторых, чтобы его максимальная длина наиболее соответствовала удобству выбранного способа обработки: автоматического или ручного (обычно 1-5 миль);
- из массива средних по каждому ESDU определяем минимальное и максимальное значения;
- определяем количество классов разбиения массива данных плотностей (исходя из опыта: не более 10 - 15 классов);
- определяем ширину класса обычным образом, т.е. делением разности максимального и минимального значений массива на количество классов; определяем частоту попадания средних по ESDU значений плотностей в каждый класс;
- для суждений о возможной закономерности строится гистограмма плотностей;
- указанные выше классы нумеруются в порядке возрастания номеров;
- на планшете, на галсах гидроакустической съемки откладываются 5-мильные интервалы с указанием номера класса, в который попало значение плотности, измеренное на данном интервале;
- если имеются интервалы с одинаковыми номерами классов, то они объединяются и оконтуриваются в отдельные субскопления (страты);
- если на соседнем галсе напротив интервала с данным номером класса нет такого же номера класса, то интервал (или объединенные в группу интервалы) оконтуривается в отдельное субскопление (страту) с максимальным протяжением до точек, лежащих на середине расстояния между галсами;
- полученные субскопления (страты) нумеруются в порядке их встречи судном, двигающимся по галсам;
- биомасса внутри каждого оконтуренного субскопления (групп страт) находится произведением средней по классам плотности внутри такого подскопления;

Суммарная биомасса рыб запишется следующим образом:

$$W = \sum_{i=1}^n W_i$$

или

$$W = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m \sum_{k=1}^p \rho_{ijk} S_i$$

где  $i$  - номер субскопления (от начальной точки съемки),

$j$  - номер галса, пересекающего субскопление (страту),

k - номер значения плотности,

S<sub>i</sub> - площадь i - той страты.

Дисперсия, D среднего в каждом субскоплении (страте):

$$D_i = \frac{\sum_k (\rho_k - \rho_i)^2}{(mp)_i - 1} (\tau / \text{миля}^2)^2$$

Ошибка оценки биомассы генерального скопления:

$$e_w = \sqrt{\sum_{i=1}^n e_i^2}$$

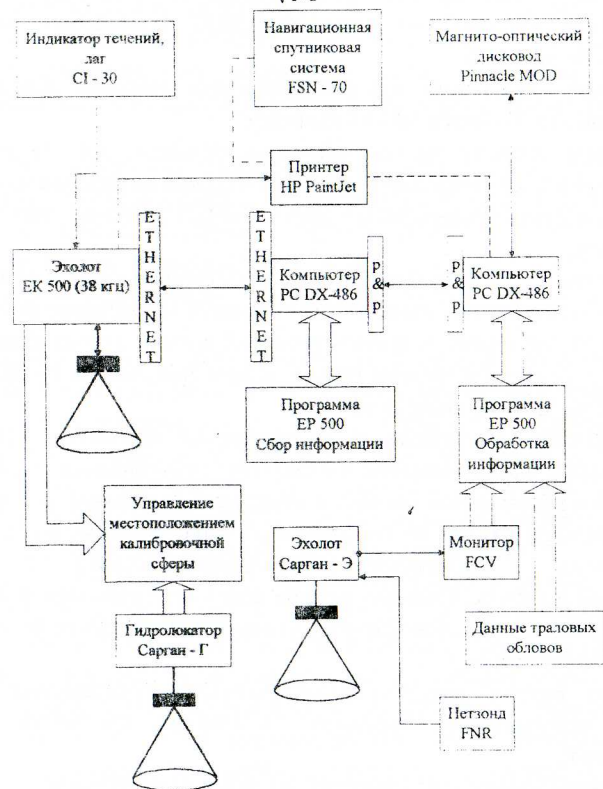


Рис. 9. Гидроакустическая система EK 500 - EP 500

или

$$e_w = \sqrt{\sum \frac{D_i S_i^2}{(mp)_i}} [\tau]$$

где e<sub>i</sub> - ошибка оценки биомассы субскоплений (страт).

Суммарное количество показаний интегратора:

$$mp = \sum_{i=1}^n (mp)_i$$

Доверительная оценка W находится обычным образом.

Изложенный выше способ позволяет уменьшить автокорреляцию, погрешность и дисперсию, так как объединяются значения плотности из различных частей скопления. Этот способ дает также достаточно высокую наглядность в выявлении степени плотности. рыбном

Приводится методика интеркалибровки (сравнение данных, получаемых на гидроакустическом оборудовании разных судов на выбранном скоплении в одно и то же время), разработанная автором в 1974 г.

Приведены экспериментальные результаты исследования численности и биомассы минтая на западном шельфе Берингова моря в качестве реализации разработанных методик.

Были выработаны рекомендации по модернизации гидроакустического оборудования.

Определена табличная зависимость поверхностной плотности биомассы минтая от его биологического состояния (нагул, нерест). Показано, что эта зависимость может быть использована практически для определения достоверности оценки запасов этой рыбы.

### ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ

1. Исследовано поведение рыб в натуральных условиях, приводятся гидроакустические методики измерения параметров движения рыб и вероятностной оценки численности рыбных объектов.
2. Разработаны гидроакустическое устройство и системы для количественной оценки рыбных скоплений.
3. Предложенные методики подтверждены экспериментально.

Испытаны и внедрены в организациях - судовладельцах: в Базе исследовательского флота (БИФ ТИНРО) и в ЗАО ИНТРАРОС с экономическим эффектом следующие методики и результаты:

методики измерений и статистических оценок вероятностных характеристик параметров движения рыбных косяков, определяющие миграции промысловых скоплений; оценки численности и биомассы промысловых рыб в Беринговом, Охотском, Японском морях и в Тихом океане; устройство синхронизации, коммутации и регистрации сигналов на одном носителе информации; методика планирования и обработки данных гидроакустической съемки в Беринговом море.

Экономический эффект: при определении миграций и численности движущихся рыбных косяков высвобождается одно поисковое судно из двух, что соответствует повышению эффективности научно-поисковых работ на 100%; по методике планирования и обработки данных гидроакустической

съемки и по результатам модернизации антенны экономится 20% судового времени;

гидроакустическая методика градуировки цветовой шкалы промысловых эхолотов и определения ожидаемого вылова - на судах промысловой организации ЗАО ИНТРАРОС с ресурсосбережением (экономией) 20 судосудок за экспедицию.

#### Основные публикации по теме диссертации

1. Прокопец Е.Н., Мясников В.С., Вологдин В.Н. Советско - американская интеркалибровка эхометрических съемок // Изв. ТИНРО, Владивосток, 1978. Т.102. С. 113-118.
2. Vologdin V.N. Results of the hydroacoustical surveys with trawlings off the Pacific coast of North America in 1979.//In: Doc. Ann. Meeting Resources. Assesments. NMFS. Seattle. 1980. 7 p.
3. Вологдин В.Н. Изучение поведения косяков сардины с помощью оперативного сонарного определения параметров их движения и численности. В сб.: Использование физических раздражителей в целях развития морского рыбного промысла. Москва. 1982. 1 с.
4. Вологдин В.Н. Оперативное определение элементов движения косяков сардины горизонтальной гидролокацией для прогнозирования перемещения скоплений. В кн.: Проблемы краткосрочного промыслового прогнозирования и управления. Владивосток. 1982. С.33-34.
5. Вологдин В.Н. Методика акустического исследования скопления сардины. В кн.: Проблемы краткосрочного промыслового прогнозирования и управления. Владивосток. 1982. С.30-32.
6. Vologdin V.N. Stock Assesment of a Pacific Sardine by Hydroacoustical Method// In : Intermediate report of XIV joint Soviet-Japanese conference on saira, scomber and sardines resources. Tokyo. Japan. 1981 (in Japanese language). Pp.213-219.
7. Vologdin V.N. Stock Assesment of Feeding Pacific Sardine by Acoustical Method in 1981 South Kuril Region. //In : Intermediate report of XV joint Soviet-Japanese conference on saira, scomber and sardines resources. Tokyo. Japan. 1982 (in Japanese language). Pp 209-213.
8. Vologdin V.N. Echometric Research of Sardine (iwasi) Stock by Appliance Simrad Echointegrator QM-MKII. //In: Intermediate report of XVI joint Soviet-Japanese conference on saira, scomber and sardines resources. Tokyo. Japan. 1983(in Japanese language). Pp.216-220.
9. Вологдин В.Н., Беляев В.А., Иванов А.Н. Оценка численности скумбрии северо-западной части Тихого океана.// В сб.: Научно-практическая конференция по методам прогнозирования. Мурманск. 1983. 3 с.
10. Вологдин В.Н., Беляев В.А. Определение движения косяков японской скумбрии для прогнозирования перемещения скоплений.// В кн.:

Современное состояние промысла тунцов и экология scombroидных рыб. Всесоюзное совещание по проблемам тунцового промысла. 23-25 сентября 1986 г. Калининград: АтлантНИРО. 1986. с.106-107.

11. Vologdin V.N. An Abundance and a Biomass Hydroacoustical Assesment and a Movement elements Definition of Sardines (iwasi) in 1983.// In: Intermediate report of XVII joint Soviet-Japanese conference on saira, scomber and sardines resources. Tokyo. Japan. 1984 (in Japanese language). Pp.211-215.
12. Свирский В.Г., Вологдин В.Н., Жигалин А.Ю., Кеня В.С., Колосюк Г.Г. Состояние запасов и прогнозирование вылова тихоокеанских группировок дальневосточной сардины.// В сб.: Исследование и рациональное использование биоресурсов дальневосточных и северных морей СССР и перспективы создания технических средств для освоения неиспользуемых биоресурсов открытого океана. Владивосток. 1985. С.56-57.
13. Вологдин В.Н. О представительности акустических оценок популяций сардины. //В сб.: Исследование и рациональное использование биоресурсов дальневосточных и северных морей СССР и перспективы создания технических средств для освоения неиспользуемых биоресурсов открытого океана. Владивосток. 1985. С.112-113.
14. Беляев В.А., Иванов А.Н., Вологдин В.Н. Методы оценки численности японской скумбрии в северо-западной части Тихого океана. // Биология моря, АН СССР. Владивосток. 1986. №4, с.65-71.
15. Вологдин В.Н. Размеры и скорость косяков сардины в районах исследований.// В сб.: Исследование и рациональное использование биоресурсов дальневосточных и северных морей СССР и перспективы создания технических средств для освоения неиспользуемых биоресурсов открытого океана. Владивосток. 1985. С.143.
16. Малышев А.А., Вологдин В.Н., Николук А.М. Методические аспекты и результаты комплексных рыбохозяйственных исследований с применением акустических и гидрологических зондирующих средств. // В кн.: Технические средства и методы исследования Мирового океана. М.: ГКНТ и АН СССР, 1987. Т. II. С. 91.
17. Stepanenko M.A., Vologdin V.N. Biological characteristics and estimation of biomass of pollock in the Bering Sea according to the results of EIT survey: January-March 1993 conducted aboard Miller Freeman and Kaiyo-maru.// In: Bering Sea Pollock Cooperative Survey Working Group Meeting. Tokyo. Japan. 1994. 76 p.
18. Vologdin V.N. Estimation of the results of the Hydroacoustic Inercalibration r/v Miller Freeman, r/v Kaiyo-maru in winter period 1989 and 1993 in Bering Sea. //In : Bering Sea Pollock Cooperative Survey Working Group Meeting. Tokyo. Japan. 1994. 22 p.
19. Вологдин В.Н., Дарницкий В.Б., Каневский И.Н. Применение гидролокаторов для исследования биологических ресурсов океана.// В кн.: Современное состояние и перспективы развития теории и прикладных

- вопросов гидроакустики (к 300-летию Российского флота). Владивосток: ТОВВМУ им.Макарова. 1996. С. 39-43.
20. Vologdin V.N., Belyaev V.A. A development and an utilization of a hydroacoustical method of an evaluation of supplies and studies of a behavior of sardine and mackerel.//In: International Workshop on Acoustic Surveys of North Pacific Fisheries Resources. 1998. Pusan. Korea. Pp. 33.
21. Вологдин В.Н., Дарницкий В.Б., Каневский И.Н. Гидроакустическая методика и результаты исследования поведения и численности приповерхностных рыб.//В кн.: Труды Шестой Всерос. Акуст. конф. (с международным участием) "Иссл. и освоение Мирового океана". Мин.общ. и проф. обр., РАН, НТО им.акад.Крылова. Владивосток: ДВГТУ. С. 167-169.
22. Каневский И.Н., Вологдин В.Н., Дарницкий В.Б. Вероятностные методики оценки численности биообъектов с помощью гидроакустической аппаратуры. //В кн.: Современные методы и средства океанологических исследований. М.: ИО РАН, 1998. 1 с.

Тихоокеанский научно-исследовательский рыбохозяйственный центр  
Владивосток, тупик Шевченко, 4

Подписано в печать 24.12.98 г. Формат 60x90/16. Уч.-изд.л. 1.  
Тираж 100. Заказ № 12