

Б-100.

На правах рукописи

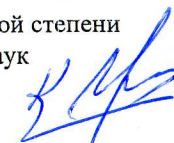
639.2

**Кузнецов Юрий Авивович**

**ОБОСНОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА МЕТОДОВ И СРЕДСТВ  
ПРОМЫСЛОВОЙ БИОАКУСТИКИ**

Специальность: 05.18.17 – "Промышленное рыболовство"  
05.11.06 – "Акустические приборы и системы"

**АВТОРЕФЕРАТ**  
диссертации на соискание ученой степени  
доктора технических наук



**Владивосток  
2004**

Работа выполнена в Дальневосточном государственном техническом рыбохозяйственном университете (ФГОУ ВПО "Дальрыбвтуз")

Официальные оппоненты: доктор технических наук,  
профессор Кудрявцев В.И.

доктор технических наук,  
профессор Проценко И.Г.

доктор физико-математических наук,  
профессор Короченцев В.И.

Ведущая организация: Тихоокеанский океанологический институт им. акад. Ильичева В.И. Дальневосточного отделения Российской академии наук

Защита диссертации состоится "21" октября 2004г. в 10 часов на заседании диссертационного совета Д 307. 006. 01. ФГОУ ВПО "Дальрыбвтуз", по адресу: 690600 г. Владивосток, ул. Луговая, 52, корпус «Б».

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке  
ФГОУ ВПО "Дальрыбвтуз".

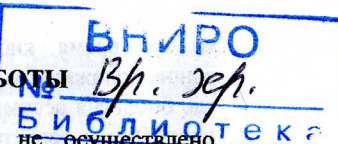


Автореферат разослан "20" сентября 2004г.

Учёный секретарь диссертационного совета,  
доктор технических наук,  
профессор

С.Д. Угрюмова

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ



**Актуальность темы.** В рыболовстве России не осуществлено экономическое событие, обязательное для переходного периода к рыночным отношениям: смена экстенсивных форм развития на интенсивные. Чрезмерная концентрация промысловых усилий на нескольких традиционных объектах лова прежде всего связана с низкой технологичностью и узковидовой направленностью существующего промысла. Отсюда многочисленные издержки на промысле, дисбаланс интересов власти и бизнеса, отсутствие эффективных рычагов управления.

Осуществляемая административная реформа в стране во главу угла повышения конкурентоспособности рыболовства ставит программно-целевой аспект развития и проектное управление. Критерий многовидовой промысловой доступности, определяемый уровнем технологичности промысла, наряду с общедоступным уловом становится системообразующим в проектном управлении рыбохозяйственным комплексом. В такой постановке инновационный процесс обретает целевую направленность на создание и совершенствование технологий управляемого многовидового промысла. Задача регулирования промысловой доступности без увеличения размеров орудий лова и дополнительных затрат энергии решается в тех технологиях лова, где раскрыты императивные факторы и механизмы формирования поведения рыб в промысловых физических полях.

Еще проф. Ф.И. Баранов (1960) при обосновании техники и технологий промысла настаивал на изучении поведения рыб, а проф. В.Р. Протасов (1965, 1978) подвел научную основу под феноменологию поведения рыб, придавая исключительную важность физиологии поведения в физических полях орудий лова, судов и средств управления. Представляя лов рыб как процесс управления гидробионтами, техническими средствами и состоянием среды, В.Н. Мельников (1988, 1990) рекомендует рассматривать его на методической базе современной кибернетики и считает чрезвычайно важным, принимать поведение объекта лова и результат лова за случайный или закономерный. В этой связи анализ промысловых операций на основе фундаментальных научных дисциплин об управлении с толкованием закономерностей формирования процесса более предпочтителен, чем альтернатива абстрагирования от них.

При использовании в управляемом технологическом процессе промысла производительной техники с жестко заданной кинематикой традиционный подход на основе классических приемов математической теории систем позволил описать технику и организацию промышленного рыболовства на достаточно высоком уровне (Ф.И. Баранов, 1960; А.В. Засосов, 1970; Н.Н. Андреев, 1970; А.И. Трещев, 1983; В.Н. Мельников, 1983, 1990; А.Л. Фридман, 1981; Л.В. Бочаров, 1990; В.И. Габрюк, 1995). В



то же время кибернетические вопросы биологии, инициированные основоположником кибернетики Н. Винером (1964) для прикладных наук, где биология ассимилирует с физикой и техникой, остались без глубоких проработок теоретиков промышленного рыболовства, что обеднило изучение проблемы устойчивого управления промысловыми процессами на научном уровне.

Дистанционное управление поведением рыб – ключевая проблема создания материало- и энергосберегающих технологий лова. Совершенные методы и средства промысловой биоакустики могут обеспечить решение проблемы. В этой связи актуальность темы исследования обусловлена следующими ключевыми проблемами: 1) недостаточным знанием внутренних и внешних мотивов поведения гидробионтов; 2) отсутствием технических средств дистанционного воздействия на их направленные реакции; 3) отсутствием методических основ структуризации множества факторных составляющих различной природы и их параметрического описания в функциональном взаимодействии достижению цели устойчивого управления технологическим процессом лова. Это проблемы промышленного рыболовства, технической гидроакустики и прикладного использования положений общей теории систем.

Огромный массив информации об акустической активности гидробионтов получен в основном под влиянием оборонных и академических интересов морских держав. Среди отечественных работ, связанных с рыболовством, звукам рыб посвящены монографии Е.В. Шишковой (1977) и А.Ю. Непрошина (1979). М. Фиш (1970) описал акустические характеристики 173 видов рыб Атлантики. Сигналы и шумы регистрировались безотносительно к биологической ситуации и сбор материалов велся как набор лингвистических знаков в интересах шумопеленгации. Более приближенно к теме управления поведением рыб изложены материалы в работах В.Р. Протасова (1965, 1973). Важен общий вывод: частотный спектр звуков, издаваемых гидробионтами, лежит в области ниже 2000 – 3000 Гц, т.е. в области максимальной чувствительности органов слуха рыб (50 – 2500 Гц) по Р. Марлеру (1967) и М.А. Сорокину (1983), некоторые сигналы и шумы несут информационную нагрузку.

В ряде рыбодобывающих стран разработаны имитаторы звуков гидробионтов на магнотриксционных преобразователях: сотрудниками ВНИРО (Трусканов, 1974) разработано и испытано устройство «Гринда» на кошельковом лове скумбрии, ими же создана аппаратура «Плёт», в Японии использован прибор Фиш-коллектор для привлечения рыб, а в Новой Зеландии – прибор «Акустолор» (Воловова, 1978) и др. Однако приборы не реализованы в практике рыболовства, т.к. не достигнута стабильность воздействия на поведение рыб в изменчивых условиях промысла. Но многочисленные факты о комбинационном и устойчивом воздействии на поведение рыб примитивных способов, основанных на

использовании подручных материалов, и о влиянии на результативность лова шумов судов и орудий лова (Тарасов, 1960; Протасов, 1965; Смыслов и др., 1966; Воловова и др., 1974; Chapman, 1969; Iversen, 1967) свидетельствовали о незавершенности работ.

После того, как «захлебнулась атака» с попыткой решить проблему дистанционного управления на традиционной методической основе и использовании средств современной гидроакустики, наступила «рутинная окопная работа» по созданию методической и инструментальной базы системного анализа. В рамках выполнения проблемы 0.74.01.10.05. ГКНТ СМ СССР «Мировой океан» (раздел «Гидробионика») были поставлены принципиальные вопросы освоения биоресурсов океана в связи с гидробионическими исследованиями акустических свойств рыб. При разработке методической базы среди фундаментальных основ наук о жизни отдано предпочтение общей теории функциональных систем академика П.К. Анохина (1973). Принцип самоорганизации всего живого положен в основу системного анализа природных биоакустических процессов и технологических процессов лова. С этих позиций в работе определены объект и предмет исследований.

**Объект исследования** – процесс формирования поведения рыб в естественных условиях обитания и в реальных условиях промысла, обуславливающий динамичность и результативность лова.

**Предмет исследования** – конгломерат составляющих (гидробионты, гидросфера, технические средства лова) и система функциональных связей биоакустического содержания, обеспечивающих устойчивость процессу управления ловом.

**Целью диссертационной работы** является разработка гидроакустических методов и средств, обеспечивающих эффективное управление поведением рыб в процессе лова.

В соответствии с указанной целью в работе решаются следующие задачи:

- разработать методологию системного анализа процессов и методический аппарат гидробионических исследований в промысловой биоакустике, направленных на совершенствование технологий лова;
- определить закономерности взаимодействия системы "воздух-вода-гидробионты" на примере воздушно-пузырьковых завес, используемых в рыболовстве;
- исследовать акустическую активность гидробионтов, спектральные, энергетические и временные характеристики их сигналов и представить стереотипы акустического поведения в качестве моделей для управляемых технологий лова;
- экспериментально обосновать эффективные акустические стимулы для устойчивого управления поведением рыб в промысловых условиях;



- разработать пневмоакустические генераторы для интенсификации лова и рыбозащиты с учетом особенностей звукообразования открытопузырных рыб и китов;

- исследовать акустические шумы промысловых судов, поведение рыб в акустическом поле судна и разработать макет системы снижения шумов, отпугивающих рыбу;

- провести промысловые испытания пневмоакустических систем на ставном неводном, траловом и кошельковом лове рыб, экспериментально оценить эффективность их использования в рыбозащитных целях.

**Научная новизна работы.** Доказана целесообразность использования инструментальных приемов системного анализа в раскрытии основных свойств и закономерностей формирования устойчивого поведения гидробионтов в природных условиях и на промысле: 1) применен комплекс новых методов гидробионики при биофизическом обосновании стимулов и моделировании их генераторов; 2) предложен оригинальный метод оценки промысловых акустических полей и их влияния на результативность лова. На этой методической базе удалось разработать не имеющие аналогов в практике мирового рыболовства устройства и способы, проверенные и внедренные в реальных условиях лова и рыбозащиты. Принципы построения и моделирования биофизических процессов перспективны для разработки новых многоцелевых технических средств и морских технологий.

**Достоверность** результатов исследований и разработок подтверждается высокой сходимостью природных биоакустических аналогов, результатов биофизического и биотехнического моделирования и сведений о поведении рыб в опытных, природных и промысловых ситуациях. Верность физических принципов, заложенных в основу пневмоакустических генераторов подтверждена измерениями и практическими результатами их использования в различных условиях лова. Используемые измерительно-регистрационные средства аттестованы на калибровочных стендах ВНИИФТРИ и других специализированных организаций.

**Реализация результатов работы.** Разработаны акустические излучатели, привлекающие и отпугивающие рыб, дана оценка их пригодности для дистанционного управления поведением рыб в промысловых условиях. Результаты исследований использованы в опытно-конструкторских разработках, в практике рыболовства и учебном процессе в следующих направлениях:

- разработана техническая документация и прошла промысловые испытания пневмоакустическая система «Лосось» на ставном неводном лове лососей Сахалина и Ю.Курил (повышение производительности лова горбуши в заливе Анива до 270-280 %).

- разработан макет устройства и произведены промысловые испытания на траловом лове минтая в Беринговом море буксируемой пневмоакустической системы «Дельфин» (при облове разреженных скоплений минтая сравнительная уловистость повышается до 150 %);

- разработана рабочая документация и налажено производство пневмоизлучателей (ПИ) энергетического воздействия на поведение рыб для кошелькового лова тихоокеанской сардины, которыми было оснащено около 80 % судов кошелькового лова в системе ВРПО "Дальрыба";

- на кошельковом флоте ВРПО "Дальрыба" внедрена "Методика оценки параметров поведения рыб в зоне замета кошелькового невода в акустическом поле судна", алгоритм поведения заложен в ЭВМ – тренажер замета кошелькового невода и используется в учебном процессе ГОУ "Дальрыбвтуз";

- раскрыты корреляционные связи между параметрами акустических шумов промысловых судов и поведением рыб, выполнен технический проект и оборудовано судно СРТМ-800 опытной системой снижения отпугивающих рыбу шумов, физический эффект проверен на поведении тунцов (дистанция реагирования «транзитных» косяков тунцов на судно сокращается в 3-4 раза);

- пневмоакустическая система «Дельфин» прошла производственные испытания в ПО "Камчатрыбпром" в качестве средства отвода производителей сельди корфо-карагинского стада от заморных участков, ПИ «Сардина» – в качестве средств концентрации сельди на искусственных нерестилищах со стерильным субстратом (достигнут эффект задержания стайных сельдей на расстоянии более 1,5 – 2 км и обход ими заграждения, обькрение на искусственном субстрате в 9,7 раз больше, чем на естественном, смертность на 2,9 % ниже).

Все эти испытания и внедрения подтверждены соответствующими протоколами и актами, приложенными к диссертации.

**Апробация работы.** Результаты исследований и разработок регулярно обсуждались на комиссии по гидробионике при ГКНТ СМ СССР по проблеме «Мировой океан» и бассейновой секции «Тихий океан». Основные материалы диссертации докладывались на Международных, Всесоюзных и Всероссийских конференциях и научно-технических совещаниях по использованию физических раздражителей в рыболовстве, по теории и прикладным вопросам гидроакустики, по промысловой океанологии, на научных семинарах и коллоквиумах ВНИРО, ТИНРО, ИЭМЭЖ РАН, ГОУ Калрыбвтуз, ГОУ Дальрыбвтуз, ТОВМИ, ДВГТУ и др., экспонировались на ВДНХ и ИНРЫБПРОМе.

По теме диссертации опубликовано 103 печатных работы, в том числе 4 монографии, 22 авторских свидетельства СССР на изобретения и патент РФ, тезисы 18 докладов на конференциях и совещаниях.



### На защиту выносятся

- методические положения в анализе и разработках способов и средств промысловой биоакустики, основанные на принципах системной организации функций;

- биофизические закономерности взаимодействия системы «воздух – вода – гидробионты» на примере воздушно-пузырьковых завес, используемых в рыболовстве;

- биоакустические стереотипы поведения окрытопузырных рыб и дельфинов, их внутривидовые и межвидовые отношения;

- система физических стимулов дистанционного управления поведением рыб;

- технические модели акустических средств эффективного управления поведением рыб для различных условий промысла;

- методы исследования акустических шумов промысловых судов, установленные корреляционные зависимости между их параметрами и поведением рыб, меры снижения их влияния на результативность промысла;

- методы и средства промысловой биоакустики обеспечивающие повышение эффективности технологий управляемого ставного неводного, тралового, кошелькового лова и рыбозащиты.

**Структура и объем работы.** Диссертация состоит из введения, семи глав и заключения. Работа изложена на 408 страницах, содержит 98 рисунков и 31 таблицу, а также приложения на 114 страницах. Библиографический список включает 219 наименований, из них 52 иностранных.

## СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

**Введение** посвящено описанию состояния исследуемой проблемы и обоснованию актуальности темы. Сформулированы основные задачи исследований, научные результаты и положения, выносимые на защиту. Приведена общая характеристика, указана научная новизна и практическая ценность работы.

**Первая глава** содержит краткий анализ материалов, характеризующих акустическую активность гидробионтов, особенности слуха рыб и использование звуковых стимулов в рыболовстве. На его основе сделан вывод о необходимости более углубленного детерминистического подхода к оценке акустических свойств гидробионтов в связи с технологиями промысла. Для этого использованы новые приемы системного анализа (С.а.). Постановка работы выполнена в соответствии с общей теорией систем Л.Берталанфи (1969), но доработана, чтобы исключить свободное толкование целостной системы, освободить операторов комплексной разработки от множества описаний одного и того

же процесса, зависимых от субъективного понимания целесообразности.

В процессе лова конкретного объекта с его индивидуальными приспособительными свойствами существует внутренняя организация, единственная и адекватная только ему по биофизической и функциональной сути. Если оператор ее игнорирует или абстрагирует до уровня «стимул – ответ», он обедняет физическое описание и выхолащивает морской эксперимент.

В целесобразовании и построении (структуризации) работы имеют право на существование две альтернативы: 1) в построении структуры цели участвует надсистема, и детерминация обусловлена активностью и подготовкой разработчика; 2) мотивационные импульсы исходят изнутри биотехнической системы в силу действия природных законов самоорганизации, т.е. участвует определенный механизм целесоборования, реализующий функцию системоорганизующей детерминанты. В этой связи для построения комплексных НИОКР в области промысловой биоакустики в гл. 1 приведены системные понятия цели, целесоборования (структуры цели) и целенаправленного поведения (целевой функции поведения) биотехнической системы лова на основе принципа системной организации функций (П.К. Анохин, 1973; Ю.А. Кузнецов, 1985, 1988)..

В таком аспекте С.а. в промысловой биоакустике – это метод определения структуры цели и целевой функции совершенствования промысловой системы, путей реализации цели, моделей разрабатываемых процессов и критериев оценки, прием последовательной детализации управляемой системы на составные части для параметрической оценки функций взаимодействия (взаимодействия) для достижения основной цели) между ними, определения предпочтительности промежуточных целей, критериев, моделей и средств их достижения. Метод полезен для исследования таких слабоструктурированных систем, как технологические процессы лова, в последовательности «С.а. – синтез».

Управляемый процесс лова становится биокибернетическим, если параметры техники и тактики лова во времени и пространстве достаточно согласованы с изменчивыми биофизическими параметрами динамично протекающего процесса. В синтезируемой многофакторной модели существует императивный (системообразующий) фактор. Его роль в работе возлагается на конечный результат синтеза – согласованную с природными адаптациями рациональную технику и технологии промысла. Промежуточные цели и критерии оценки всех звеньев функциональной системы подчиняются основному системообразующему критерию – целевой функции системы (структуре цели).

Функциональная схема на рис. 1 демонстрирует непрерывность исследований и практических действий от системного уровня их организации через аналитические операции по выявлению доминант (факторов) до принятия проектных или тактических решений.



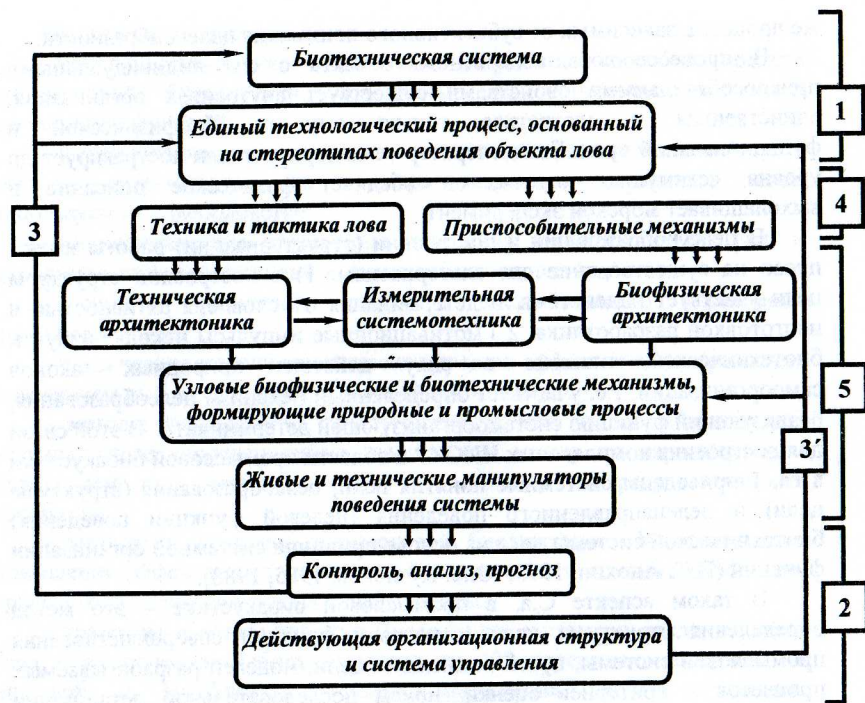


Рис. 1. Функциональная схема взаимодействия между уровнями системных и аналитических процессов:

1 – единый управляемый процесс лова; 2 – модель организации на основе аналитических процессов; 3 – каналы запроса; 3' – каналы управления; 4 – системообразующий фактор (техника и биологические свойства); 5 – операционная архитектура и ее узловые механизмы.

Единая промысловая система (1), опирающаяся на технику и технологии лова, через операционный блок (5) влияет на организационную структуру управления процессом исследования и лова. Можно весь процесс исследования и управления ловом структурировать в упрощенную модель «стимул – ответ» и методом исследования операций абстрагировать внутреннюю биотехническую архитектуру (закономерное построение конструктивных элементов системы и их взаимосвязи). Тогда модель лишается биофизического содержания, и описание процессов становится статистическим. В предложенной автором схеме метод исследования операций применяется, но при системоорганизующем учете природных адаптаций.

Принятая схема С.а. и системоорганизующий фактор (4) обязывают оператора при рассмотрении природного или технологического процесса

оценить параметры компонентов и функциональные связи, взаимодействующие объективному прогнозу и достижению цели устойчивого управления технологическим процессом лова. Операционные процессы (5) более эффективны при использовании методической и инструментальной базы гидробионики. Правая ветвь в схеме ответственна за интерпретацию природных механизмов самоорганизации, левая – за системотехнику управления ловом адекватно состоянию (ситуации). Оценки состояний обеспечиваются обратными связями (3 – запрос текущих параметров, 3' – команды управления), позволяющими манипулировать состоянием системы и оценивать ее реакции на изменения. В структуре цели биофизическая и техническая архитектура рассматриваются как предмет исследования при раскрытии тех узловых механизмов формирования процессов, где биоакустика и ее средства (манипуляторы) обеспечивают устойчивость управления самой динамичной составляющей – поведением объекта лова.

Морской рыбохозяйственный полигон на рис. 2 поблочно реализован в Уссурийском заливе (ТИНРО и в/ч 90720), бухте Витязь (ТОИ ДВО РАН), бухте Северная (ГОУ Дальрыбвтуз), а мобильная часть – в условиях Охотского, Берингова, Японского морей, ВЦТО, на Сахалине и Курильских островах.

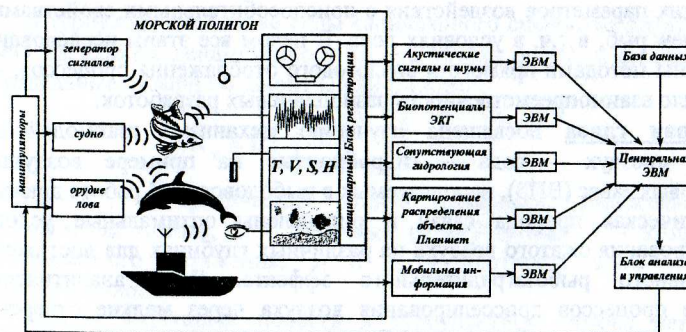


Рис. 2. Структура морского биофизического полигона:

T – температура; S – соленость; V – скорость течения; H – глубина.

Структура и инструментарий полигона позволяют не только регистрировать развитие природного или промыслового процесса, но также предъявлять системе определенные условия и активно исследовать функции взаимодействия достижению конечного результата. На полигоне реакции гидробионтов на предъявления сигналов контролировались методами электрофизиологической телеметрии (в т.ч. на объектах с денервированными органами слуха), регистрацией двигательных реакций рыб, регистрацией сопутствующей процессу



гидрологической обстановки, акустическими измерениями и контрольной оценкой уловов. Гидроакустические измерения, включая инфразвуковой диапазон, производились при изучении акустической и двигательной ритмики активности, при исследовании звуковых коммуникативных связей в стрессовой природной ситуации, при предъявлении стимулов от опытных моделей излучателей, при исследовании шумов судов, орудий лова и их влияния на поведение рыб в промысловых условиях.

Специфичность требований к метрологическому обеспечению также продиктована структурой цели достижения адекватности представления единого биотехнического процесса в физических величинах: 1) в исследованиях биосигналов, биозумов и свойств слуха определены требования к чувствительности и помехозащищенности трактов регистрации, а в аппаратуре измерений и анализа – к спектрально-временной визуализации колебательных процессов; 2) при изучении промысловых зон физического воздействия судов, орудий лова и средств интенсификации лова определены требования к отображению пространственно-временных информационных характеристик акустических полей. Выбраны пределы точности и соотношения дискретности измерений, исключен бессистемный сбор избыточной информации, случайные эпизодические наблюдения и измерения, что повысило уровень информативности и позволило установить связь физических параметров воздействия с приспособительными свойствами и поведением рыб, в т.ч. в условиях лова. В целом все этапы исследований обеспечены методами прямого и аналогового отображения процессов, что обеспечило взаимопреемственность разноплановых разработок.

**Вторая глава** посвящена изучению механизма взаимодействия системы «воздух – вода – гидробионты» на примере воздушно-пузырьковых завес (ВПЗ), используемых в рыболовстве. В работе доказана биоакустическая природа связи и определены оптимальные условия дросселирования сжатого воздуха на различных глубинах для достижения максимального рыбозаградительного эффекта. Дано аналитическое описание процессов дросселирования воздуха через мелкие отверстия, турбулизации и звукообразования. Результатами акустических измерений подтверждена связь законов гидродинамики и звукообразования применительно к ВПЗ.

Замерами обнаружено, что в отличие от истечения газа в газ через мелкие отверстия в случае с ВПЗ (истечение сжатого воздуха в воду) скорость его истечения ( $U$ ) достигает своего максимума (скорости звука в воздухе –  $C$ ), т.е.  $U=C=300$  м/с (коэффициент число Маха  $M = \frac{U}{C} = 1$ ) при перепаде давления  $P_0/P_{ш} = 0,46 \div 0,5$ , где  $P_0$  – гидростатическое, а  $P_{ш}$  – рабочее давление воздуха в шланге. Спектральная плотность шумов ВПЗ на рис. 3 при различных отношениях  $P_0$  к  $P_{ш}$  подтверждает прямую связь интенсивности турбулентного шума (ниже 1,0

кГц) с кинематикой истечения струй через малые отверстия в воду. Для условий эксперимента ближе к критическому ( $M=1$ )  $P_{ш} = 4$  атм. ( $P_0/P_{ш} = 0,45$ ). Понижение давления воздуха в шланге и чрезмерное его увеличение снижают уровни акустического давления шумов ВПЗ во всем диапазоне частот от десятков Гц до 12 кГц.

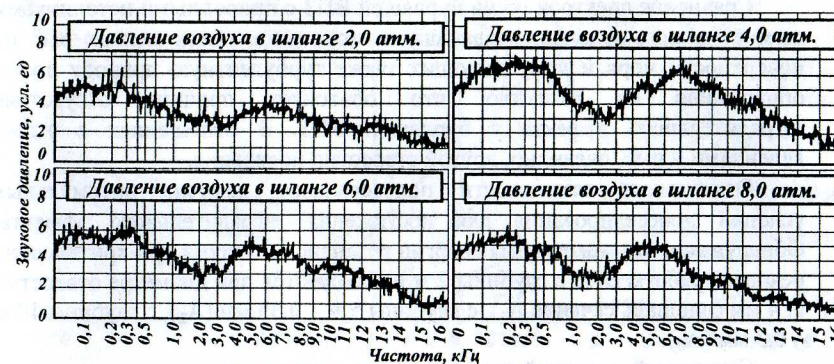


Рис. 3. Спектрограммы шумов ВПЗ при глубине дросселирования воздуха 8,0 метров.

В турбулентном потоке силы капиллярного сцепления воздуха  $\delta/R$  не могут выдержать динамического напора потока  $\rho \cdot U^2/2$ , и он разрушается на отдельные пузырьки по закону (Левич, 1959):

$$R_{кр} \approx L^{2/3} \cdot \left( \frac{2\delta}{\rho_1} \right)^{1/3} \cdot \frac{1}{U^{2/3}} \cdot \left( \frac{\rho_1}{\rho_2} \right)^{1/3}, \quad (1)$$

где  $R_{кр}$  – критический радиус пузырьков, образовавшихся в турбулентном потоке;  $L$  – линейный размер потока;  $\delta$  – коэффициент поверхностного натяжения;  $\rho_1$  и  $\rho_2$  – плотность воды и воздуха соответственно.

Каждая воздушная полость в турбулентном потоке накапливает энергию радиальных пульсаций. Частота этих пульсаций определяется известной зависимостью (Клей, Медвин, 1980):

$$f_p = \frac{1}{2\pi R} \cdot \sqrt{\frac{3\gamma \cdot P_0 \cdot \alpha \cdot \beta}{\rho_1}}, \quad (2)$$

где  $R$  – радиус сферы;  $\gamma$  – показатель адиабаты (1,4 для воздуха);  $\alpha$  и  $\beta$  – поправки, учитывающие неадиабатичность пульсаций газа и поверхностное натяжение пузырька.

Согласно (1) и (2) в спектре шумов ВПЗ в диапазоне 3 – 9 кГц присутствуют резонансные излучатели с радиусами от 0,145 до 0,0012 см. Причем в процентном отношении преобладают пузырьки критических



размеров, соответствующие значению максимума на этих частотах. При критических параметрах истечения воздуха нижний спектральный максимум смещается в область ближе к 1 кГц, но на высоких частотах 3-9 кГц турбулентные пульсации в потоке также имеют звуковые составляющие, которые «раскачивают» радиальные пульсации пузырей, затухающие по мере удаления от отверстий.

Сравнение спектров шума бурлящей ВПЗ с природными источниками шумов (дождь, водопад, впадающая в море река, плеск мелких рыб на поверхности моря и др.), имеющих также турбулентную природу шума, обнаружило их сходство, что объясняет причину отсутствия заградительного эффекта у бурлящей ВПЗ. В отношениях с этими явлениями у рыб, очевидно, другой стереотип поведения.

Отмеченные зависимости подтверждают наличие оптимальных условий дросселирования для достижения заградительного эффекта. Обнаружено, что максимумы энергии резонансного шума при критических режимах работы ВПЗ с глубины 2 м наблюдаются при диаметре отверстий 0,4 мм (площадь сечения  $A_1$ ), с глубины 5 м – 0,35 мм ( $A_2$ ), с глубины 10 м – 0,3 мм ( $A_3$ ).

Секундный массовый расход воздуха составляет:

$$\begin{aligned} m_2 &= 1,33 \cdot P_0^{1,2} \cdot A_1; m_2 = 0,215 \cdot 10^{-2} \text{ кг/с} \\ m_5 &= 1,33 \cdot P_0^{1,2} \cdot A_2; m_5 = 0,205 \cdot 10^{-2} \text{ кг/с} \\ m_{10} &= 1,33 \cdot P_0^{1,2} \cdot A_3; m_{10} = 0,208 \cdot 10^{-2} \text{ кг/с} \end{aligned} \quad (3)$$

Из этого следует, что на различных глубинах дросселирования требуется примерно одинаковый секундный массовый расход воздуха ( $0,21 \cdot 10^{-2}$  кг/с). При этих условиях оптимальный диаметр отверстий (при  $M=1$ ) для различных глубин находится из:  $d = \left( 0,045 / P_0^{0,6} \right)$ .

Структурный шум вблизи ВПЗ характеризуется двумя максимумами, происхождение которых в работе определено аналитически и экспериментально. Но с удалением от ВПЗ ее акустические свойства не поддаются численным формулировкам. «Стена» из источников сферических волн, видимо, излучает плоские волны в двух горизонтальных направлениях. Они не когерентны и каждый источник интерферирует с соседними случайным образом. Взаимодействие множества акустических пучков приводит к резкому снижению энергии высокочастотных колебаний. С удалением гидрофона от ВПЗ по горизонту (рис. 4) наблюдается трансформация высокочастотных колебаний в низкочастотные. Наибольшие изменения частотного спектра наблюдаются на первых 5-10 м от ВПЗ. Далее акустический портрет ВПЗ по

спектральным характеристикам приобретает сходство с природными явлениями (например «шепот» сельдей, плеск мелких рыб).

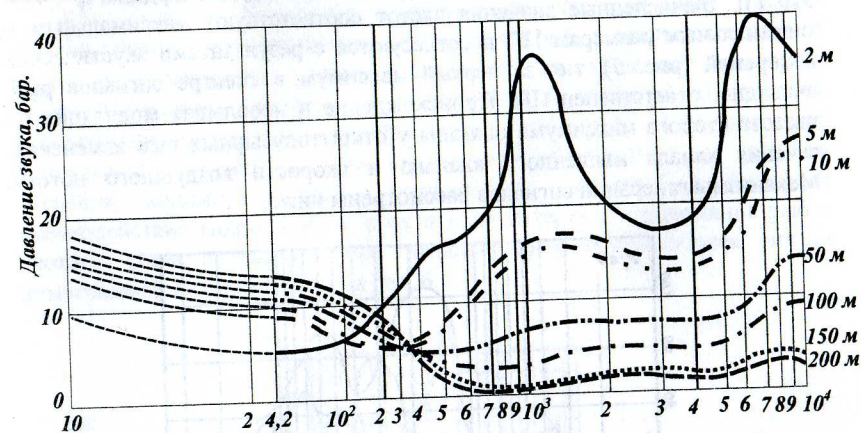


Рис. 4. Диаграммы уровней звукового поля на различных расстояниях от ВПЗ.

Испытания ВПЗ в качестве крыла ставного невода (заградителя) на лове нерестовой сельди и хищных нагульных лососей показали ее двойную информационную нагрузку: с удаленных участков акватории рыба привлекалась, вблизи ВПЗ задерживалась. Это обстоятельство способствовало выбору направлений дальнейшего поиска эффективных методов дистанционного воздействия на поведение рыб.

В третьей главе изложен материал, посвященный поиску природных гидроакустических аналогов, способных обеспечить устойчивое воздействие на поведение рыб в условиях лова. Подобие ВПЗ обнаружено у открытопузырных рыб (сельдевые и лососевые) и китов (зубатых и усатых). Механика взаимодействия системы «воздух – вода – гидробионты», как показали дальнейшие исследования, имеет глубокие корни в обеспечении адаптивных функций самоорганизации гидробионтов.

В качестве природных моделей выбрано акустическое поведение сардины, сельди, горбуши и кеты, у которых замечена строгая суточная цикличность активности. По фонетическому звучанию у сельдей преобладают звуки «чик-чак», у лососей – «кроу-кряк». В результате обработки сигналов получены их спектрально-энергетические характеристики (рис. 5). Независимо от фонетики и формы для всех сигналов характерно увеличение спектральной плотности в двух частотных поддиапазонах, соответствующих каждому виду, с небольшой модуляцией по частоте от начала к концу сигнала (от 10 до 55 Гц).



Обмеры плавательных пузырей (ПП) и расчеты по (2) резонансных частот ПП дали следующие величины: для кеты  $f_p = 120-180$  Гц, для горбуши  $f_p = 250-320$  Гц, для сельди  $f_p = 350-420$  Гц, для сардины  $f_p = 450-510$  Гц. Вычисленные значения частот соответствуют максимальным и минимальным размерам ПП и согласуются с результатами акустических измерений (рис. 5), т.е. за первый максимум в спектре сигналов рыб, очевидно, ответственен ПП. Происхождение и небольшая модуляция по частоте второго максимума обязаны у открытопузырных рыб изменению сечения канала мышечного клапана и скорости воздушного потока. Механизмы генерации сигналов рассмотрены ниже.

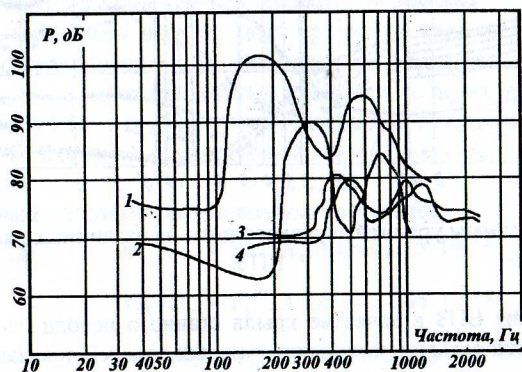


Рис. 5. Обобщенные спектрально-энергетические характеристики сигналов рыб:

1 – кеты; 2 – горбуши; 3 – сельди; 4 – сардины

За природный аналог межвидовых отношений гидробионтов «хищник-жертва» автором принят групповой способ охоты зубатых китов (дельфинов) и их акустическое поведение. Биоакустике и звуковой коммуникации дельфинов посвящено множество работ. Дельфины – «уважительные собеседники» (один издает звуки, все молчат). В фонотеке сигналов общения преобладают свистовые сигналы на частотах 8 – 16 кГц и более (Белькович и др., 1978).

Собственные наблюдения оригинальны тем, что проведены в морских условиях охоты дельфинов. Удалось многократно фиксировать акустическую обстановку и поведение дельфинов белобочек при нападении на скопления скумбрии в зоне течения Куроисио (наличие термоклина на глубине 25 – 30 м), анчоуса в зоне Калифорнийского течения в ЦВТО (наличие термоклина на глубине 15 – 20 м) и при охоте белух в лимане р. Амур во время хода кеты на нерест. Характерны во всех случаях нападения дельфинов на рыб четкая реакция рыб уплотнением скопления и принцип охоты созданием «карусели» или «котла», т.е.

удержанием рыб в окруженном пространстве. Выделено и обработано 18 типовых свистовых сигналов дельфинов белобочек и 11 групп сигналов белых китов.

Все сигналы дельфинов сходны тем, что основная энергия звукоизлучения сосредоточена в области слуха рыб, а отличаются друг от друга длительностью, уровнем давления, динамическим спектром, частотой посылок, частотной и амплитудной модуляцией во времени. Беспорядочность сигналов (какофония) не свойственна дельфинам в их социальных отношениях. При охоте последовательность и характер сигналов, видимо, связаны с изменчивой ситуацией в динамике взаимодействия гидробионтов, с их предназначением – удержание рыб в «котле». Один из характерных сигналов дельфинов-белобочек описан номограммой и сонограммой на рис. 6.

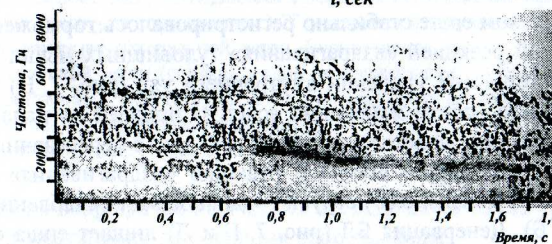
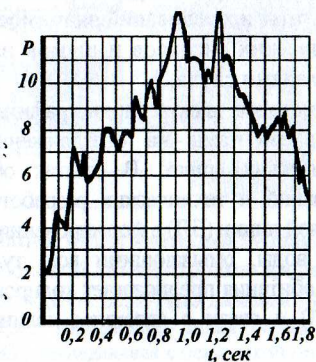


Рис. 6. Номограмма и сонограмма одиночного свистового сигнала дельфина-белобочки

Замечено, что зубатые и усатые киты, стремясь ограничить подвижность рыб в «котле», создают ВПЗ. При этом охота зубатых китов сопровождается свистовыми, а усатых взрывными сигналами. С выбросом струй сжатого газа и взрывными источниками связаны явления сейсмоакустики (инфразвуковые колебания давлений и смещений). Их роль в формировании направленных реакций рыб рассмотрена в работе.



Отмечается феноменальная целесообразность использования водными животными пневмоакустических манипуляторов в их взаимоотношениях. Чтобы раскрыть природу и закономерности (функции) взаимодействия, выделены три уровня использования системотехники: субстанция (звуки и шумы со спектрально-временными характеристиками), форма (таксономическая иерархия звуковых образов, если сигналы не случайны), биологическая ситуация (берется за прототип биофизический процесс). Субстанция в биоакустике лучше всего изучена и наилучшим образом обеспечена инструментарием. Форма и ситуация, определяющие среди сигналов приоритеты, их сочетание и биологическую значимость в формировании поведения рыб, потребовали применения адекватных критериев и методов оценки реакций.

**В четвертой главе** на морфофункциональном уровне раскрываются свойства направленного слуха промысловых рыб, анализируются аудиограммы и результаты исследований значимости простых и сложных, биотических и абиотических сигналов и шумов на рыбах интактных и с денервированными органами слуха.

Начало освоения методов электрокардиографии (ЭКГ) на промысловых рыбах было положено работами на обездвиженных и закрепленных в специальном станке морских ершах. В опытах обнаружены важные для последующих исследований и технических разработок сведения об участии механорецепторов боковой линии (БЛ) в формировании поведения рыб. БЛ и ухо раздражались струями воды, омывающими всю туловищную часть, что в сравнении с условиями обитания предполагает кодирование части акустической информации (смещений) и связи с явлением нелинейной пространственной суммации потенциалов.

На интактном ерше стабильно регистрировалось торможение сердца с одновременной реакцией «вздрагивания» туловищных мышц (рис. 7, А и Б). При двустороннем удалении внутреннего уха (рис. 7, В) торможение ЭКГ наблюдается почти мгновенно вслед за подачей сигнала (латентный период реакции сокращается), а спинальный ерш с перерезанным спинным мозгом проявляет самую высокую реакцию «вздрагивания» (рис. 7, Е). Раздражение БЛ локально (Б) струей воды вызывает ослабленную реакцию (сравн. А и Б). Денервация БЛ (рис. 7, Г и Д) лишает ерша способности адекватно реагировать на поток воды.

Следующий эксперимент на подвижных ершах, морских окунях и скумбрии при предъявлении тональных сигналов 150 и 800 Гц, шумов судна и дождя, сигналов пневмоизлучателя (ПИ) подтвердил по показателям ЭКГ избирательную реакцию рыб: а) при удалении внутреннего уха у всех рыб понижалась чувствительность к сигналу 800 Гц и усиливалась к сигналу 150 Гц, при денервации БЛ рыба становилась равнодушной к сигналу 150 Гц и у нее резко обострялась реакция на сигнал 800 Гц; б) у всех интактных рыб наблюдалась повышенная реакция

на сигнал ПИ, латентный период укорочен; в) на сигнал «шум дождя» и естественный дождь у интактных рыб ярко выражена реакция волнообразным изменением дыхания по типу Чейн-Стокса, у рыб с денервированной БЛ реакция отсутствовала; г) скорость реакции скумбрии во всех опытах выше, чем у донных рыб, что свидетельствует о более примитивной организации слуха у последних.

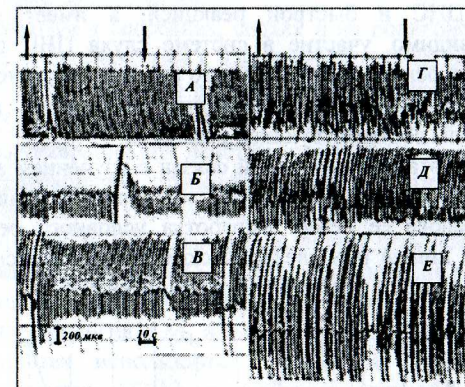


Рис. 7. ЭКГ и реакции «вздрагивания» туловищных мышц ерша при раздражении главной боковой линии струями жидкости (Б) и стоком воды в ванночке (А, В, Е) (по данным [8, 66]):

А-Б – интактный ерш, торможение ритма сердца и механическая реакция «вздрагивания» на фоне ЭКГ, совпадающая с остановкой сердца; В – при двустороннем удалении внутреннего уха торможение ЭКГ учащается в следовом периоде; Г – при двусторонней перерезке латеральной ветви блуждающего нерва; Д – односторонняя перерезка латеральной ветви (справа), видно незначительное урежение ритма сердца, реакция «вздрагивания» отсутствует; Е – спинальный ерш, при воздействии ЭКГ урежается, реакции «вздрагивания» возрастают;

↑ - начало воздействия; ↓ - конец воздействия

В целом из нейрофизиологических исследований слуха рыб получены полезные для постановки дальнейших работ выводы.

Замирание сердца является предпосылкой для запуска в коротком интервале времени механизма ближней ориентации. При реакции «вздрагивания» и движении происходит торможение сенсорного входа БЛ, что снижает ее чувствительность и усиливает роль внутреннего уха. Рецепторы БЛ и внутреннего уха находятся при участии механизмов центрального торможения в реципрокных отношениях. Опыт показал, что дифференцированная передаточная функция восприятия от одного детектора к другому в определенной степени восполняет недостаток информации, если один из них попал в неблагоприятные условия. Например, быстро движущаяся рыба попадает в условия ограниченного восприятия векторных величин смещения.



Быстрота реакции рыб на гидродинамические колебания – это одна из приспособительных функций, обеспечивающая выживаемость вида. Она реализуется за счет механизма прямой импульсации от детекторов БЛ остановки сердца и запуска двигательных эффекторов. Опыты с денервированием БЛ и на спинальных ершах подтвердили отсутствие участия ЦНС в формировании этих реакций. Но эти же опыты наводят на мысль, что механизм саморегуляции рефлексов не ограничивается исключением ЦНС и быстрой реакцией, а имеет место суммация рефлексов и, видимо, участие в системе слуха ЦНС позволяет рыбам избирательно, на основе более сложного анализа акустической обстановки и с более растянутым латентным периодом отвечать на биологически значимые сигналы соответствующей реакцией.

Следующий этап исследований связан с изучением аудиограмм семи видов промысловых рыб. Применена условно-рефлекторная поведенческая методика. В основе ее лежит выработка условного рефлекса на звук, подкрепляемый пищей или электрическим током. Зависимость слуховых порогов рыб от частоты поясняется графиком на рис. 8.

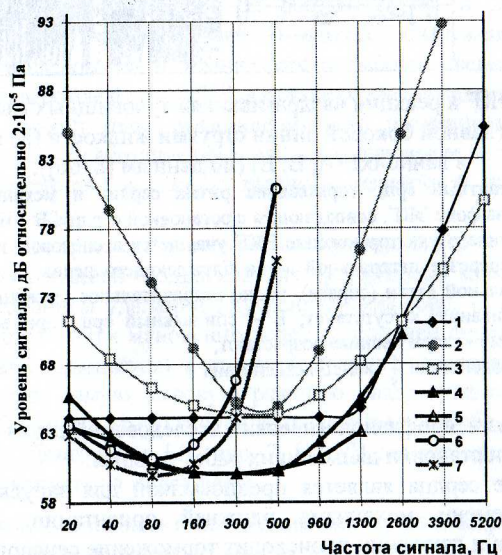


Рис. 8. Аудиограммы некоторых видов дальневосточных промысловых рыб (по данным [76]):

1 - Восточного морского ерша (*Sebastes taczanowskii steind*); 2 - Японской скумбрии (*Scomber japonicus*); 3 - Тихоокеанской сельди (*Clupea harengus pallasi (Val.)*); 4 - Тихоокеанской сардины (*Sardinops sagax melanosticta*); 5 - Дальневосточной краснопёрки (*Leuciscus brandti (dybouski)*); 6 - Звёздчатой камбалы (*Pleuroneetes stellatus*); 7 - Южного однопёрого терпуга (*Pleurogrammus azonus*)

Характеристики слуха рыб разных экологических групп послужили основой для выбора рабочего диапазона частот и определения дальности восприятия в изучаемых технологиях лова. Но мотивы поведения рыб в естественных условиях обитания и на промысле гораздо сложнее, чем суждения о присутствии составляющих в диапазоне слуха. Поэтому далее поставлены эксперименты по изучению приоритетов в мотивациях природных стереотипов поведения.

Работы проведены в бассейнах, садках и на полигоне. О значимости стимулов судили в соответствии с критериями оценки реакций по ЭКГ: латентный период рефлекторной реакции и торможения ( $L_c$ ), количество замираний в минуту при действии сигнала по отношению к фоновому ( $n_c / n_\phi$ ), длительность замиранья при действии стимула ( $\tau_c$ , с), время адаптации ( $T_{ад}$ ) после прекращения стимулирования. Двигательные реакции оценивались критериями: отношение скоростей движения после и до предъявления сигнала ( $V_c / V_\phi$ ), изменение формы поведения, направления движения и площади скопления ( $S_\phi / S_c$ ), распределение рыб по бассейну или садку по модам среднего пребывания рыб в зонах (0 – 9) в течение 1 мин. (до предъявления сигнала  $M_\phi$  и после  $M_c$ ).

В экспериментах использованы генераторы сигналов: японский прибор Фиш-коллектор FC-12 с набором записей биотических и абиотических сигналов, пневмоизлучатель ПИ «Сардина», комбинированный имитатор звуков дельфинов (ИЗД) и по отдельности ПИ и керамический излучатель, ПИ энергетического воздействия «Пневмопушка» и ВПЗ. Все генераторы прошли акустическую аттестацию, в работе приведены результаты измерений.

Сравнение показателей реакции ЭКГ сардины, сельди и скумбрии (табл. 1) подтвердило их избирательный характер.

Таблица 1.

Реакция рыб по ЭКГ на акустические стимулы в бассейне

(по данным [67, 69])

Стимул	Объект и параметр реакции														
	Сардина			Сельдь			Скумбрия								
	L	$n_c / n_\phi$	$\tau_c$	L	$n_c / n_\phi$	$\tau_c$	Денервированная			Интактная					
						L	$n_c / n_\phi$	$T_{ад}$	L	$n_c / n_\phi$	$T_{ад}$				
150 Гц	5,7	2/3	1,2	59,2	1/1	1,4	24	1/1	96	8,3	4/3	54			
800 Гц	10,8	4/3	1,1	62,1	3/2	1,23	11	3/3	120	13,1	5/4	80			
FC-12 (дельфин)	8,7	6/4	2,4	21,7	6/4	3,33	9,5	9/8	175	10,2	5/4	52			
ИЗД-керамич.	9,2	5/4	2,3	58,7	5/4	2,37	10,2	9/7	160	12	4/3	40			
ИЗД - ПИ	15,8	5/3	1,3	22,5	4/2	1,25	21,5	7/5	170	18,2	8/6	50			
ИЗД - комб.	4,2	8/4	2,8	15,5	8/6	2,91	9,1	15/12	180	6	16/13	60			
ПИ «Сардина»	9,5	3/2	1,2	6,37	3/2	1,17	-	-	-	-	-	-			



Судя по укороченному латентному периоду реакции, учащению замираний сердца, увеличению длительности замирания и продолжительной адаптации, т.е. по всем параметрам испуга, наиболее значимы биологические сигналы охоты дельфинов. Причем ИЗД с комбинированным источником звука (ПИ и керамический преобразователь) по этим критериям значительно превосходят другие. Заметно отличие реакций сардины и сельди на сигналы 800 Гц и ПИ «Сардина», имеющих сходство с биосигналами открытопузырных рыб (рис. 5). Наблюдается учащение сердцебиений, сокращение латентного периода и уменьшение длительности замирания сердца, что следует отнести к реакции, противоположной испугу.

Оценки двигательных реакций рыб на сигналы разной модальности сведены в табл. 2. Все предъявления стимулов сопровождаются увеличением скорости движения рыб, но наибольшее – в ответ на биосигналы. С высокой реакцией на сигналы ИЗД-комб. по ЭКГ связана реактивность рыб, выраженная большой бросковой скоростью избегания опасности, повышенной спринтерской скоростью ( $V_c$ ) и предпочтением удаленных от ИЗД участков ( $M_c - M_\phi = 2,35$  для сардины). На сигналы 800 Гц и ПИ «Сардина» рыбы реагировали поисковым движением по бассейну на высокой скорости ( $V_c / V_\phi = 3,5 - 4,04$ ), но зоне работы ПИ «Сардина» отдавали предпочтение ( $M_c - M_\phi = -2,3$  у сельди).

Таблица 2.

Показатели двигательных реакций рыб в бассейне

Стимул	Объект и параметры реакции							
	Сардина				Сельдь			
	$V_c / V_\phi$	$M_\phi$	$M_c$	$M_c - M_\phi$	$V_c / V_\phi$	$M_\phi$	$M_c$	$M_c - M_\phi$
150 Гц	1,7	4,44	5,47	+1,07	1,03	5,0	5,9	+0,9
800 Гц	4,04	4,37	3,4	-0,97	1,96	5,1	4,56	-0,54
ФС-12 (дельф.)	2,34	4,56	6,24	+1,38	2,1	4,9	6,2	+1,3
ИЗД – ПИ	1,48	4,58	4,55	-0,03	1,5	4,7	4,75	+0,05
ИЗД – комб.	3,68	4,4	6,75	+2,35	2,04	4,8	6,2	+1,4
ПИ «Сардина»	3,5	4,7	2,9	-1,8	1,12	5,2	2,9	-2,3
ВПЗ	1,12	4,6	5,5	+0,9	1,06	6,6	6,9	+0,3

Эксперимент в садке при удалении ПИ «Дельфин» от исследуемого объекта дополнил информацию о поведении. ПИ выставлен с морской стороны садка, т.к. отмечено стремление сельди на открытые акватории. Садок, как и бассейн, размечен 0 – 9 зонами. Включение ПИ во всех опытах вызывало увеличение скорости движения рыб и одновременное уплотнение косяка, что соответствует адекватной оборонительной реакции при нападении хищников. В табл. 3 сведены численные значения основных реакций сельди на ПИ «Дельфин». Как показали опыты, сумеречное

поведение характеризуется более выраженной оборонительной функцией, поэтому в таблице дается два значения: дневной эксперимент (числитель) и сумеречный (знаменатель).

Таблица 3.

Реакция группы сельди на акустические сигналы имитатора звуков дельфинов при различных расстояниях от источника

R, м	N	$V_c / V_\phi$	$S_\phi / S_c$	Уровень значимости, P		$M_\phi$	$M_c$
				по V	по S		
2	6 / 7	1,85/2,05	2,14/2,88	0,001/0,001	0,001/0,001	3,98/4,05	6,32/5,66
5	8 / 7	1,88/2,43	2,35/2,81	0,001/0,001	0,001/0,001	4,12/4,06	6,27/5,68
10	8 / 9	1,94/2,61	2,12/2,43	0,001/0,001	0,001/0,001	3,87/4,08	5,93/5,76
25	8 / 8	1,8/2,54	2,15/2,98	0,001/0,001	0,001/0,001	4,26/4,03	5,35/5,63
50	10 / 8	1,93/3,17	2,11/2,34	0,001/0,001	0,001/0,001	4,1/4,14	5,44/5,01
80	5 / 7	1,82/2,77	1,76/1,48	0,01/0,001	0,05/0,01	4,18/3,95	5,01/5,3
100	7 / 6	1,86/2,28	2,02/1,52	0,001/0,001	0,001/0,01	4,13/4,05	4,26/4,02
120	5 / 6	1,59/1,75	1,73/1,41	0,05/0,01	0,05/0,05	4,25/4,09	4,31/4,06

Отношение  $V_c / V_\phi$  изменялось в диапазоне 1,59 – 3,17. Тенденция к снижению этого показателя обнаружена на дистанции 120 – 180 м. Площадь группы уменьшалась сразу за появлением сигнала и отношение  $S_\phi / S_c$  менялось от 1,41 до 2,98 при различных дистанциях. На фоне этих реакций на расстоянии до 50 м стимул стабильно вызывал заглупление группы. Причем, при движении рыб к ПИ в момент его включения происходил разворот косяка и его заглупление на 1,5 м и более. С расстояний до 100 м сигналы ПИ вызывают смещение косяка в дальнюю от ПИ зону садка.

Далее в работе описаны реакции скумбрии на сигналы ПИ «Дельфин». Показательна ее реакция на изменение длительности сигнала ( $\tau_{зв}$ ) и периода молчания ПИ ( $\tau_m$ ). В периоды между излучением сигналов скумбрия стремилась на выход из бухты к морской стенке садка. Обнаружено, что только при работе ПИ в режиме  $\tau_{зв} = 1,5 \div 2$  с и  $\tau_m = 1,5$  с  $M_c - M_\phi = 1,1 \div 2,5$ . В пяти из 18 предъявлений, когда  $\tau_m = 10 \div 15$  с реакция избегания по показателям  $M_c$  была слабой. В период молчания ПИ скумбрия предпринимала попытку ухода от берега.

В гл. 4 также сравнивается эффект воздействия ПИ «Дельфин» и ПИ «Пневмопушка» на изменение направления движения сельди. Отмечены преимущества использования последнего в ограниченном стенками садка пространстве. Данный эксперимент повлиял на планирование морских испытаний средств энергетического воздействия на кошельковом лове сардины и тунцов.

Предъявление слабых сигналов имитатора звуков сельдевых рыб (ПИ «Сардина») в садке показало высокую подвижность сельди во всех опытах



( $V_c / V_\phi = 1,32 \pm 3,14$  на дистанции от 2 до 100 м). Движение сельди по садку носило явно поисковый характер, но замечено предпочтение ближних к ПИ зон при расстоянии до садка не более 50 м.

Полигонный эксперимент в натуральных условиях обитания рыб подвел итоги изучения их реакций на слабые акустические сигналы. Испытаны макеты ПИ имитаторов звуков рыб (гирлянда из 5 шт.) во время преднерестовых миграций кеты в заливе Петра Великого. Эксперимент подтвердил четкую направленную ориентацию проходной кеты в сторону ПИ, установленных на прибрежных мелководных участках (3 – 5 м). Это послужило веским основанием для проектирования и промысловых испытаний ПИ-системы «Лосось» на ставном неводном лове.

В другом эксперименте сделана попытка имитировать природный феномен сгона и удержания дельфинами косяков сельди в мелководной части бухты. Использована гирлянда из 20 шт. ПИ «Дельфин». Сельдь выпускалась в пространство, ограниченное берегом, крылом невода и ПИ-системой. Косяки сельди удерживались в ограниченном пространстве в течение 15 – 60 мин., одиночные меченые особи проходили преграду ПИ в первые три минуты после выпуска из садка. У всех опытных стай замечен общий стереотип поведения: сельдь предпринимает попытку прохода акустического заграждения в двух местах после его обследования, где ПИ работали со сбоями и  $\tau_m > 15$  с. В реальных условиях процесс взаимодействия дельфинов с рыбой более динамичен. Дельфины издают сигналы сообразно меняющейся обстановке, чем обеспечивают высокий эффект удержания плотного косяка в ограниченном пространстве.

С учетом обнаруженных закономерностей формирования поведения гидробионтов определены следующие требования к моделированию генераторов сигналов открытопузырных рыб: 1) при имитации сигналов сардины («чик-чик») каждый точечный источник должен генерировать сигнал с двумя максимумами звуковой энергии в диапазоне частот 380 – 850 и 900 – 1500 Гц, интегральным уровнем в зоне нахождения объекта не менее 60 – 65 дБ относительно  $2 \cdot 10^{-5}$  Па, длительностью 0,6 – 1,2 с и паузой 5 – 20 с (зависит от условий промысла); 2) сигналов сельди («чик-чак») соответственно 320 – 700 и 800 – 1300 Гц, 64 – 68 дБ, 0,7 – 1,5 с и 5 – 25 с; 3) сигналов горбуши («квоу-чак») – 200 – 400 и 420 – 950 Гц, 61 – 65 дБ, 0,5 – 1,2 с и 5 – 20 с; 4) сигналов кеты («кроду-кряк») – 100 – 330 и 450 – 740 Гц, 61 – 63 дБ, 0,3 – 1,7 с и 5 – 30 с.

Генераторы акустических сигналов китов, предназначаются для более динамичных процессов лова и подвижных объектов. Поэтому на требования достижения спектрально-энергетических аналогий звукового диапазона накладываются не менее строгие требования к спектрально-временным и амплитудным параметрам векторных составляющих.

Обнаруженный экспериментом фактор повышенной чувствительности и быстрой реакции рыб на векторную составляющую стимула в условиях их малой подвижности нашел отражение в реальных приемах охоты

дельфинов: 1) киты не гоняются за быстрыми рыбами, а ведут или удерживают в плотном кольце, ограничивая их движение; 2) в критических ситуациях при повышенной вероятности ухода рыб киты манипулируют длительностью, амплитудой и частотой акустического сигнала, усиливают векторную составляющую смещений с помощью ВПЗ. Эффективность технических манипуляторов также зависит от степени согласованности их акустических параметров со слуховыми способностями промыслового вида рыб и промысловой ситуацией: 1) частотный диапазон свистовых сигналов от сотен Гц до 2-3 кГц; 2) амплитудная модуляция в этом диапазоне частот от 100 до 110-115 дБ относительно  $2 \cdot 10^{-5}$  Па; 3) амплитуда смещений при близком контакте с подвижными рыбами 0,42-1,0 мкм в диапазоне 9-18 Гц; 4) длительность свистовых сигналов от 0,7 до 2,0 с, а период молчания выборочно от 1,5 до 10-15 с в зависимости от дистанции воздействия, количества ПИ и расстояния между ними.

**В пятой главе** приведены материалы морфофункциональных исследований механизмов генерации акустических сигналов открытопузырными рыбами и дельфинами. В частности установлено, что лососи и сельди не имеют специализированных мышечных структур для возбуждения радиальных колебаний плавательного пузыря (ПП). По физической аналогии с ВПЗ в звукообразовании участвуют газовые струи в сфинктерных протоках с развитой мускулатурой, соединяющие ПП с внешней средой у сельдевых (*ostium genitale*) и лососевых (*ductus pneumaticus*). В этих протоках их упругие стенки и мышечные ткани формируют колебания с частотой, определяемой сечением канала и скоростью истечения газа (высокочастотный максимум в спектрах на рис. 5). Одновременно через упругие ткани на ПП передаются колебания, возбуждающие его резонансные пульсации (низкочастотный максимум). Перераспределение энергии этих спектральных максимумов определяется изменением давления в ПП, степенью сжатия запирающих мышц и скоростью истечения газа. Изменением этих параметров обуславливается частотная модуляция основных составляющих в спектрах сигналов рыб. Физическая модель рассмотрена в работе как автоколебательный процесс.

Рассмотрен также механизм формирования свистовых сигналов дельфина в надчерепном (наружном) носовом проходе. Модель генератора основана на возбуждении колебаний упругой перегородки при оттекании ее воздушным потоком. Колебания давления воздуха в носовом проходе модулируют объемные колебания его оболочки, ограниченной мускульными пробками, на собственной частоте, имеющей резонансную природу. Физическая модель подтверждает возможность регулирования объема и давления воздуха в оболочке носового прохода с высокой степенью варьированности частотного диапазона и формы излучаемых сигналов.

Система аналогий звукопроизводящих органов приведена в табл. 4. Имитационные модели ПИ-аналогов звукоформирования у



открытопузырных рыб и дельфинов исследованы на стенде. Подобно ВПЗ (гл. 2) рассмотрены аэродинамические процессы в связи со звукообразованием.

Таблица 4.

Объект	Орган	Технический аналог
Рыбы	Мышечный сфинктер	Клапан предельного давления и модулятор
	Плавательный пузырь	Упругая цилиндрическая оболочка с регулируемым объемом и ресивер
Дельфин	Мускульная пробка	Клапан предельного давления
	Упругая перегородка	Модулирующая мембрана из двух упругих пластин
	Носовой проход	Упругая цилиндрическая оболочка
	Легкие	Ресивер (накопительная камера)

В общем виде аэродинамические процессы, протекающие в звукогенерирующих органах сходны с эквивалентной электрической схемой, которую можно описать известной зависимостью между током  $I_k$  и разностью напряжений  $U_k - U_{k-1}$  при сопротивлении  $R_k$

$$I_k = \frac{1}{R_k} \cdot (U_{k-1} - U_k).$$

В пневматической цепи эта зависимость примет вид связи между потоком воздуха и давлением, что в оригинале по аналогии с (3) определяет массовый расход:

$$m = 0,0348 \cdot A \sqrt{\frac{P_a^2 - P_0^2}{T_1}}, \quad (4)$$

где  $P_a$  – давление в носовом проходе дельфинов или ПП рыб;  $P_0$  – гидростатическое давление на глубине излучения.

На имитационной модели ее реальные размеры показали соотношение  $\frac{P_a}{P_{\min}} = 1,65$  ( $P_{\min}$  – остаточное давление после излучения), а  $\frac{dp}{dt}$  к  $\frac{dm}{dt}$  при максимальном давлении в камере составит  $\alpha \cdot P_a^{-1/3,5}$  и при минимальном –  $\alpha \cdot \left(\frac{P_a}{1,65}\right)^{-1/3,5}$ , т.е. эти отношения отличаются в

$1,65^{-1/3,5} = 1,15$  раз. Приведенные зависимости позволяют определять  $P_a$  и  $P_{\min}$  по отношению к гидростатическому и задавать давление воздуха в магистрали от ресивера на систему пневмоавтоматики с заданным режимом срабатывания.

Процесс излучения описывается системой уравнений изменчивого объема камеры, который зависит от давления воздуха в камере, формы упругой оболочки и упругости материала оболочки. Имеется возможность развития аналитических отношений между давлением воздуха ( $P$ ), массой

( $m$ ), объемом ( $V$ ) и звуковым давлением пульсирующего объема. Но в работе применен метод физического моделирования звукопроизводящих органов рыб и дельфинов и экспериментальная оптимизация на основе акустических измерений.

Разработано несколько модификаций конструкции ПИ-имитаторов звуков открытопузырных рыб и дельфинов, в которых рассмотренные биофизические модели воплощены в действующие излучатели. Испытания ПИ и гидроакустические измерения подтвердили возможность регулирования их параметров в пределах частотно-временных и энергетических характеристик сигналов всех открытопузырных рыб (рис. 5) и дельфинов (рис. 6).

При разработке ПИ энергетического воздействия в качестве прототипа использованы излучатели сейсморазведки. Основное требование к разрабатываемой конструкции ПИ выдвинуто, исходя из условий кошелькового лова рыб, т.е. из необходимости эффективного воздействия на направленные реакции подвижных рыб на фоне влияния акустических шумов судов при автономной их работе на глубине до 200 м. Сигнал воздействия должен быть в стороне от частотных составляющих интенсивного акустического поля судов и/или превышать фоновые шумы по акустическому давлению и амплитуде смещений частиц на расстоянии от ПИ, определяемом динамикой процесса лова.

Для рассмотрения физической модели ПИ использована его принципиальная схема на рис. 9.

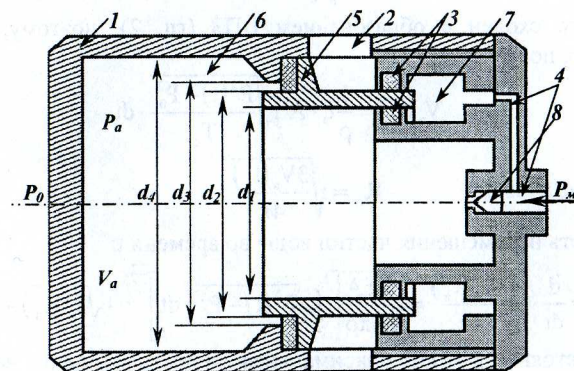


Рис. 9. Принципиальная схема ПИ энергетического воздействия: 1 – цилиндрический корпус; 2 – выхлопные окна; 3 – уплотнительные кольца; 4 – воздуховодный канал; 5 – фигурный поршень; 6 – рабочая камера; 7 – подпорная камера; 8 – регулировочный дроссель.

По воздуховодному каналу 4 сжатый воздух напрямую попадает в подпорную камеру 7, обеспечивая закрытие рабочей камеры 6 поршнем 5:



$$F_{\text{подп.}} = \frac{\pi P_M}{4} \cdot (d_2^2 - d_1^2)$$

Через дроссель 8 сжатый воздух постепенно заполняет камеру 6 до рабочего давления:

$$P_a > P_M \cdot \frac{d_2^2 - d_1^2}{d_3^2 - d_1^2},$$

при котором сила выдавливания поршня из рабочей камеры становится больше  $F_{\text{подп.}}$ :

$$F_{\text{раб.}} = \frac{\pi P_a}{4} \cdot (d_3^2 - d_1^2) > F_{\text{подп.}}$$

и поршень начинает движение в сторону подпорной камеры. При этом площадь поршня, на которую действует давление воздуха  $P_a$ , резко увеличивается от  $\frac{\pi}{4} \cdot (d_3^2 - d_1^2)$  до  $\frac{\pi}{4} \cdot (d_4^2 - d_1^2)$  примерно в 5 – 10 раз, происходит отстрел поршня с полным открытием выхлопных окон 2 и генерацией упругой волны большой мощности.

Процесс образования звуковых колебаний и смещений частиц воды определяется скоростью роста объема воздушного пузыря, т.е. расходом воздуха через выхлопные окна. В момент максимальной скорости роста объем пузыря составит:

$$V_n = \frac{1}{\rho_0} \int_0^{t_n} m(t) dt$$

Процесс сходен с образованием ВПЗ (гл. 2), поэтому, применяя формулу (3), получим:

$$V_n(t_n) = \frac{1}{\rho} \cdot \xi \cdot A \int_0^{t_n} \sqrt{\frac{P^2(t) - P_0^2}{T_c}} \cdot dt,$$

а радиус пузыря:

$$R_n = \sqrt[3]{\frac{3V_n(t_n)}{4\pi}}$$

Скорость перемещения частиц воды во времени  $t$ :

$$V(t_n) = \frac{d}{dt} \cdot \sqrt[3]{\frac{3V_n(t_n)}{4\pi}} = \sqrt[3]{\frac{3\xi A}{4\pi\rho} \left[ \int_0^{t_n} \sqrt{P^2(t) - P_0^2} \cdot dt \right]^{-2/3}} \cdot \sqrt{P^2(t_n) - P_0^2} \cdot T^{-1/6}$$

На расстоянии  $r$  от ПИ максимальная скорость смещения частиц воды составит:

$$V_{\text{max}}(r) = V(t_n) \frac{R_n}{r}$$

Максимальное смещение частиц воды определится выражением:

$$S = \int_{t_c}^{t_c+t_n} V(r,t) dt = \int_{t_c}^{t_c+t_n} \frac{V(0,t)}{r^2} \cdot R^2(t) dt$$

Здесь  $V(0,t)$  – скорость частиц на поверхности пузыря;  $R(t)$  – радиус, зависящий от времени. Поскольку  $\int_0^{t_n} V(0,t) dt = R_n$ , то в момент максимальной скорости роста сферы  $S = \frac{R_n^3}{r^2}$ .

На основе эмпирических зависимостей в работе произведены расчеты параметров излучения модели ПИ с объемом камеры 0,0015 м<sup>3</sup> в зависимости от давления в рабочей камере и глубины расположения ПИ. Принимая за предельный уровень восприятия смещений величину 100 А° = 100 мкм (Протасов, 1974) определено, что на расстоянии 1 м от ПИ амплитуды смещений на частотах от единиц до 230 Гц превосходят уровень восприятия в 400-230000 раз. Из графиков зависимости предельных расстояний воздействия, построенных на расчетных данных, следует, что значения  $P_a$  для различных глубин ( $P_0$ ) на расстоянии воздействия, равном 200 м (для крупных тунцеловных неводов) находятся в зависимости  $P_a = 4,4 P_0$ .

Акустические измерения сигналов от данного ПИ дали следующие показатели: 1) основная энергия в спектре сигнала приходится на полосу частот от 5 до 50 Гц; 2) второй максимум отмечен в полосе частот 80 – 100 Гц; 3) после ударной волны с максимальной амплитудой следуют быстро спадающие по уровню осцилляции, которые наблюдаются в течение 3 с; 4) длительность мощного сигнала 0,098±0,008 с до уровня 14 дБ от максимального значения. Экспериментальные измерения показали высокую сходимость с теоретическими по акустическим параметрам.

В заключительной части гл. 5 рассмотрены конструкции и принцип действия разработанных ПИ-имитаторов звуков рыб и дельфинов, ПИ энергетического воздействия и приведены их расчетные и экспериментальные акустические параметры в связи с задачами интенсификации лова рыб.

**В главе 6** существенно переработаны известные рекомендации ФАО и ИКЕС (Воловова, 1978) для исследований гидроакустических шумов промысловых судов: расширен частотный диапазон измерений с охватом инфразвукового, осуществлена визуализация пространственных амплитудно-частотных характеристик акустических полей судов с полосой анализа 1/9 октавы, выделением дискретных составляющих в области слуха рыб и построением эквипотенциалей давления, упразднено требование пересчета уровней шумов к 1 м, как лишенное смысла в целевой функции определения мотивов динамичного поведения рыб в изрезанном по частотному спектру и диаграмме направленности акустическом поле. На этой методической основе определены коррелятивные связи между акустическими параметрами шумов промысловых судов и поведением рыб. На реальной модели «наезд СРТМ-800 на косяки сардины и тунцов» рассмотрен биофизический механизм



формирования процесса кошелькового лова.

Структурные гидроакустические шумы от множества источников на судне суммируются через фундаменты и конструктивные элементы, имеющие жесткие связи с корпусом, и передается в водную среду. Только шумы гребного винта имеют локально сосредоточенный источник.

Рис. 10 поясняет картину пространственного распределения интегральных уровней акустического поля судна СРТМ-800 в поле частот 5 – 10000 Гц.

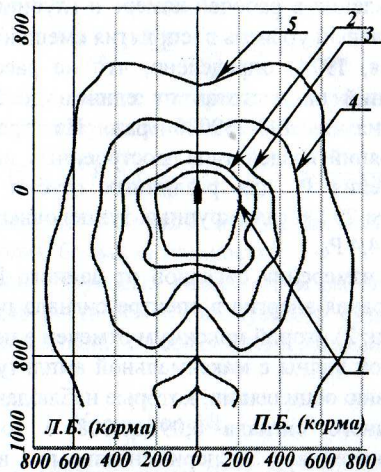


Рис. 10. Диаграмма направленности звукового давления Р (Па)

СРТМ-800:

1 – 3,5 Па; 2 – 3,0 Па; 3 – 2,5 Па; 4 – 2,0 Па; 5 – 1,5 Па

Обращают на себя внимание две выпуклости фронтов давления в направлении  $45^\circ$  и  $135^\circ$  к диаметральной плоскости судна. На формирование поля повлияли, видимо, вибрации скуловой части судна и кормовой (машинное отделение и винт). Практическим путем капитаны судов пришли к общепринятой тактике замата невода: судно приближается к косяку рыб под углом около  $30 - 45^\circ$  и начинает замат с дистанции 120 – 130 м. На этом расстоянии обнаруживаются направленные реакции рыб. Чтобы определить присутствие векторных величин в акустическом поле судна были произведены замеры шумов в инфразвуковом диапазоне и обнаружены дискретные составляющие на частотах 10 – 12 Гц. Учитывая известные сведения о том, что рыбы способны локализовать источник на расстоянии одной длины волны, мы имеем доказательство, что в пределах расстояния  $R_p$  малоподвижный косяк рыб может воспринять смещения, генерируемые судном:

$$R_p = \frac{c}{\lambda} = \frac{1500}{10 \div 12} = 150 \div 125 \text{ м}$$

Логично на основе положений гл. 4 представить, что при наезде судна на косяк рыб происходит дифференциация и суммация рефлексов в информационном поле: 1) объект приходит в возбуждение при нарастании акустического давления на частотах слуха рыб; 2) объект реагирует нарастающей активностью, что связано с растянутым латентным периодом реакции; 3) при попадании во фронт колебаний смещений на частотах близких к 12 Гц рыбы получают дополнительный импульс возбуждения, почти мгновенно (укороченный период реакции) увеличивают скорость направленного движения.

Для объяснения природы реакций рыб в зоне облова проведены исследования спектрального состава акустических шумов в пространстве (рис. 11), выявлены основные дискреты на частотах наибольшей чувстви-

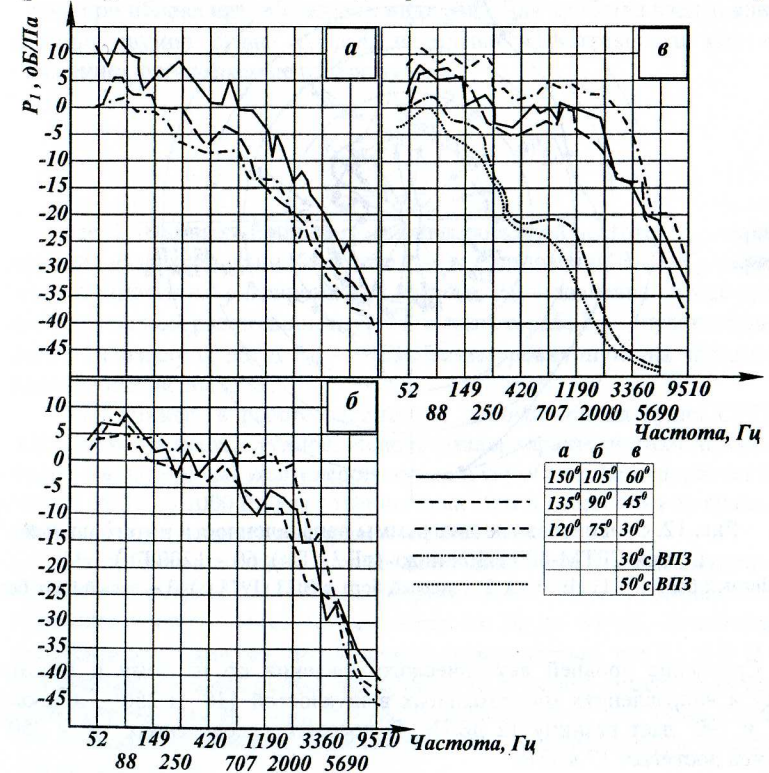


Рис. 11. График зависимости спектральной плотности давления шумов от частоты для фиксированных углов.



тельности рыб и построены их эквипотенциали давления. Все графики имеют явно выраженные дискретные выбросы на частотах 64, 216, 437 и 560 Гц.

Рассмотрен в работе физический эффект от использования ВПЗ в качестве системы снижения шумов судна. На рис. 12 приведены сравнительные диаграммы интегральных уровней шумов в диапазоне 60 – 1200 Гц. Использовано два варианта ВПЗ. Кривая 1 характеризует диаграмму уровней идущего полным ходом СРТМ-800, использующего по правому борту ВПЗ, левый борт свободен от ВПЗ. Добавление плотности пузырьковой пелены в районе машинного отделения и на ступице винта еще более снизило уровни шумов в направлении 90-110° к диаметральной плоскости судна (кривая 2).

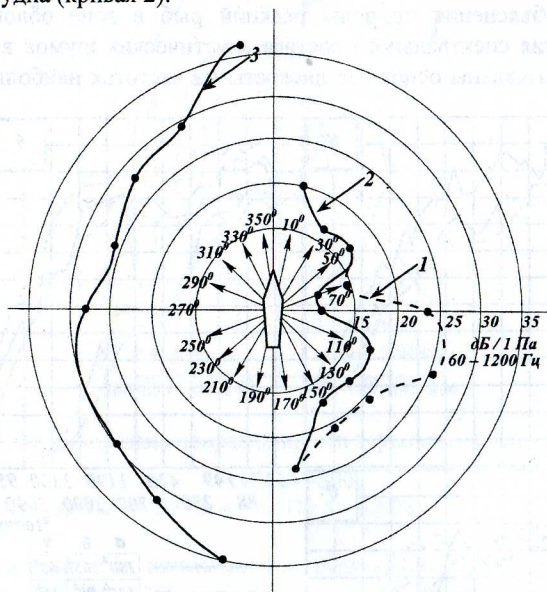


Рис. 12. Сравнительные диаграммы направленности интегральных шумов СРТМ-800 «Долинск» (дБ / 1 Па); 60 – 1200 Гц:

1 – Правый борт с ВПЗ (1973 г.); 2 – правый борт с ВПЗ (1974 г.); 3 – левый борт без ВПЗ

Сравнение уровней акустического давления по правому и левому борту в направлениях максимальных выпуклостей 110° и 250°, а также 170° и 190° дает разницу 12 дБ/Па. В носовых направлениях 10° и 350° разница достигает 17 дБ/Па.

В значительной степени, на эффект взаимодействия судна с рыбой может повлиять изменение спектральных характеристик акустического поля (рис. 11). В диапазоне повышенного слуха рыб 80 – 900 Гц на

различных частотах достигается снижение уровней давления от 10 до 26 дБ/Па. Наблюдается избирательный характер снижения уровней давления. На частотах более 1000 Гц по всему спектру идет сглаживание дискретных выбросов. Теоретически этот факт может способствовать уменьшению на десятки метров дистанции реагирования рыб на судно в ближней зоне, а в дальней создать эффект привлечения для многих рыб по аналогии с ВПЗ (рис. 4).

Результаты измерений убеждают, что ВПЗ изменяет акустический портрет промыслового судна. Даже без специальных мер по подбору оптимальных режимов работы ВПЗ можно манипулировать шумовыми эффектами судов в широком частотном и динамическом диапазоне.

Сравнение амплитудно-частотной характеристики судна, оснащенного ВПЗ, с аудиограммами промысловых рыб позволяет представить пространственную зону влияния шумов экспериментального судна при облове интересующего вида рыб. Для удобства введен критерий влияния шумов судна на рыб и оценки эффективности мер по их снижению, определяемые по формулам:

$$K_{\text{в}i} = P_{\text{ф}iс} - P_{\text{ф}iр};$$

$$K_{\text{в}iз} = P_{\text{ф}iс} - P_{\text{ф}iр} - \Delta P_{\text{ф}iс}$$

$$K_{\text{э}i} = P_{\text{ф}iс} - \Delta P_{\text{ф}iс}$$

где  $K_{\text{в}i}$  – критерий влияния на фиксированной частоте;  $K_{\text{в}iз}$  – критерий влияния на фиксированной частоте при использовании ВПЗ;  $K_{\text{э}i}$  – критерий эффективности на фиксированной частоте;  $P_{\text{ф}iс}$  – давление шумов судна на фиксированном расстоянии, глубине и частоте, дБ;  $P_{\text{ф}iр}$  – чувствительность рыбы к сигналу  $f_i$ , дБ;  $\Delta P_{\text{ф}iс}$  – уменьшение уровня шума на частоте  $f_i$  при использовании ВПЗ, дБ.

Как пример, в работе рассмотрен процесс наезда судна СРТМ-800 «Долинск» на косяки тунцов. Используются характеристики шумов этого судна и аудиограмма желтоперого тунца и скумбрии. Сделан расчет  $K_{\text{в}i}$  для частот от 50 до 1000 Гц для глубины лова 10 м и расстояния до судна 100 м на носовых курсовых углах правого борта (табл. 5).

Из таблицы следует, что во всем диапазоне максимального слуха тунцов и скумбрии 300 – 700 Гц на расстоянии 100 м акустические шумы превышают порог слуха на величины от 30 до 34 дБ. Зоной влияния считается пространство, ограниченное поверхностью, где  $K_{\text{в}i} \leq 0$ . В точке нахождения мнимого косяка для судна с ВПЗ задача практически решена. Только на частоте 88 Гц  $K_{\text{в}iз} = 5$  дБ/Па, и на частотах 125, 149 и 177 Гц  $K_{\text{в}iз} = 0$ . На частотах высокой чувствительности 300-700 Гц  $K_{\text{в}iз}$  в пределах от -10 до -22 дБ/Па.



Таблица 5.  
Сравнение значений критерия влияния шумов СРТМ-800 «Долгинск»  
на желтоперого тунца при работе ВПЗ и без нее.

$f_s, \Gamma$	$P_{ср}$ дБ/Гц	$P_{гр}$ дБ/Гц	$K_{г1}$ дБ/Гц	$\Delta P_{ср}$ дБ/Гц	$K_{г2}$ дБ/Гц	$K_{с1}$ дБ/Гц	$K_{с2}$ дБ/Гц
50	62	74	88	105	125	149	177
100	50	60	70	84	100	120	140
200	30	35	40	45	50	55	60
300	25	28	31	34	37	40	43
400	20	22	24	26	28	30	32
500	15	16	17	18	19	20	21
600	12	12	13	14	14	15	15
700	10	10	10	10	10	10	10
800	8	8	8	8	8	8	8
900	7	7	7	7	7	7	7
1000	6	6	6	6	6	6	6
1100	5	5	5	5	5	5	5
1200	4	4	4	4	4	4	4
1300	3	3	3	3	3	3	3
1400	2	2	2	2	2	2	2
1500	1	1	1	1	1	1	1
1600	0	0	0	0	0	0	0
1700	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
1800	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2
1900	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-3
2000	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4
2100	-5	-5	-5	-5	-5	-5	-5
2200	-6	-6	-6	-6	-6	-6	-6
2300	-7	-7	-7	-7	-7	-7	-7
2400	-8	-8	-8	-8	-8	-8	-8
2500	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9
2600	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10
2700	-11	-11	-11	-11	-11	-11	-11
2800	-12	-12	-12	-12	-12	-12	-12
2900	-13	-13	-13	-13	-13	-13	-13
3000	-14	-14	-14	-14	-14	-14	-14
3100	-15	-15	-15	-15	-15	-15	-15
3200	-16	-16	-16	-16	-16	-16	-16
3300	-17	-17	-17	-17	-17	-17	-17
3400	-18	-18	-18	-18	-18	-18	-18
3500	-19	-19	-19	-19	-19	-19	-19
3600	-20	-20	-20	-20	-20	-20	-20
3700	-21	-21	-21	-21	-21	-21	-21
3800	-22	-22	-22	-22	-22	-22	-22
3900	-23	-23	-23	-23	-23	-23	-23
4000	-24	-24	-24	-24	-24	-24	-24
4100	-25	-25	-25	-25	-25	-25	-25
4200	-26	-26	-26	-26	-26	-26	-26
4300	-27	-27	-27	-27	-27	-27	-27
4400	-28	-28	-28	-28	-28	-28	-28
4500	-29	-29	-29	-29	-29	-29	-29
4600	-30	-30	-30	-30	-30	-30	-30
4700	-31	-31	-31	-31	-31	-31	-31
4800	-32	-32	-32	-32	-32	-32	-32
4900	-33	-33	-33	-33	-33	-33	-33
5000	-34	-34	-34	-34	-34	-34	-34
5100	-35	-35	-35	-35	-35	-35	-35
5200	-36	-36	-36	-36	-36	-36	-36
5300	-37	-37	-37	-37	-37	-37	-37
5400	-38	-38	-38	-38	-38	-38	-38
5500	-39	-39	-39	-39	-39	-39	-39
5600	-40	-40	-40	-40	-40	-40	-40
5700	-41	-41	-41	-41	-41	-41	-41
5800	-42	-42	-42	-42	-42	-42	-42
5900	-43	-43	-43	-43	-43	-43	-43
6000	-44	-44	-44	-44	-44	-44	-44
6100	-45	-45	-45	-45	-45	-45	-45
6200	-46	-46	-46	-46	-46	-46	-46
6300	-47	-47	-47	-47	-47	-47	-47
6400	-48	-48	-48	-48	-48	-48	-48
6500	-49	-49	-49	-49	-49	-49	-49
6600	-50	-50	-50	-50	-50	-50	-50
6700	-51	-51	-51	-51	-51	-51	-51
6800	-52	-52	-52	-52	-52	-52	-52
6900	-53	-53	-53	-53	-53	-53	-53
7000	-54	-54	-54	-54	-54	-54	-54
7100	-55	-55	-55	-55	-55	-55	-55
7200	-56	-56	-56	-56	-56	-56	-56
7300	-57	-57	-57	-57	-57	-57	-57
7400	-58	-58	-58	-58	-58	-58	-58
7500	-59	-59	-59	-59	-59	-59	-59
7600	-60	-60	-60	-60	-60	-60	-60
7700	-61	-61	-61	-61	-61	-61	-61
7800	-62	-62	-62	-62	-62	-62	-62
7900	-63	-63	-63	-63	-63	-63	-63
8000	-64	-64	-64	-64	-64	-64	-64

В гл. 6 приведены также сведения о поведении рыб в зоне акустического поля судна СРТМ-800 и дан анализ причин потерь уловов при кошельковом ловле тунцов и сардинь. Отмечено, что тунец и сардина очень подвижны в акустическом поле судна. В среднем скорость движения сардинь по отношению к скорости судна, совершающего зачет, составляет 0,7–0,8, на лове тунцов – 3,5–4,0. Сардина начинает направляемое движение с дистанции около 120–130 м, тунец – 150–200 м.

На ЭВМ обработано 44 замета неводов СРТМ-800 на лове сардинь. По программе обработки статистических данных рассчитаны коэффициенты корреляции между основными параметрами поведения рыб и движения судна: дистанции и скорости изменения дистанций между судном и косяком, скорости и ускорения движения, скорости изменения направления их движения в процессе всего замета невода. На этом материале построены графические зависимости реакций косяков, определено влияние на поведение рыб дистанции между судном и косяком и скорости ее изменения. Угловая скорость изменения направления движения косяка ( $K$ ) зависит от этих двух параметров:

$$K = \alpha \cdot (1,27 \cdot 10^{-36d} + 0,5), \text{ где } \alpha = \frac{2,04}{2,04 - 0,007d}$$

– коэффициент

нормирования по дистанции,  $d$  – дистанция между судном и косяком,  $d$  – скорость изменения дистанции. Выборка значений  $K$  по  $d$  и  $KV$  позволила построить диаграмму пространственного распределения уровней реакции (рис. 13).

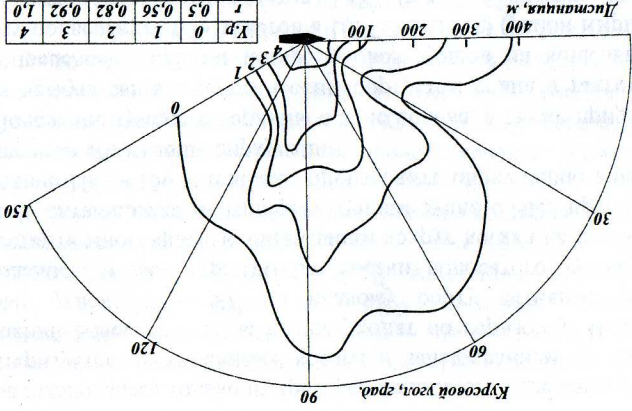


Рис. 13. Пространственное распределение реакции косяка.

На дистанциях замета невода реакция максимальна на курсовых углах  $0^\circ - 5^\circ$  и  $45^\circ - 100^\circ$ . Вероятность появления реакции ( $r$ ) резко понижается на расстояниях более 150 м от судна и близка к 0,5 (уровень реакции – 0).

Изменение курса движения косяка относительно судна в зоне замета невода зависит от того, на каких углах сходится или расходится судно и косяк. Ускорение и замедление движения косяка зависит от скорости изменения дистанции ( $d$ ), скорости рыбы и ее положения относительно судна. Все статистические модели поведения сардинь в зоне облава судном СРТМ-800 получены в реальных условиях промысла, описаны графически и эмпирически, алгоритмы поведения заложены в ЭВМ-тренажер замета невода. Суперпозицией пространственного распределения реакций и пространственных акустических характеристик шумов СРТМ-800 отсоединяется связь между ними. Мотивации характерных фрагментов поведения сардинь в процессе замета кошелькового невода объяснены на основе положений гл. 4.

Реакции тунцов на приближающуюся судно и их поведение в зоне облава более многообразны. Проведено 65 наблюдений за поведением желтоперого и полосатого тунцов при «наезде» СРТМ-800, в т.ч. с работающей системой снижения шумов судна (кривая 1, рис. 12). Поведение при «наезде» судна на скопление тунцов зависит от их состояния (питающийся или транзитный тунец), а также от наличия термоклина. Во всех случаях транзитный желтоперый тунец начинает уходить от судна с расстояния 150–200 м, полосатый иногда допускает его на глубину 100 м. При отсутствии термоклина тунцы заглубляются, при его наличии уходят по горизонту.

Наезде судна СРТМ-800 с ВПЗ позволяют приближаться к питающимся полосатым тунцам на расстоянии до 25 – 30 м. Реакция



тунцов наблюдалась только на траверсе машинного отделения ( $90 - 110^\circ$ ) и характеризуется «вскипанием» косяка и заныриванием на глубину, а с расстояний более 50 – 60 м тунцы уходят по горизонту. В направлении носовых углов  $30 - 60^\circ$  по правому борту активных реакций не наблюдалось, и даже транзитные косяки полосатого тунца позволяют осуществить многократные циркуляции вокруг косяка на расстоянии 80 – 100 м. К питающимся желтоперым тунцам судно с ВПЗ приближается на расстояние 100 – 150 м и может производить циркуляцию вокруг косяка, не отпугивая его из зоны циркуляции.

Поведение тунцов и сардины в зоне облова, а также причины потерь имеют четкую связь с акустическим портретом судна и тактикой замета. При определении причин потерь уловов тунцов на кошельковом лове анализу подвергнуто 656 заматов в ЦВТО и ЦЗТО (район Кирибати). При общей результативности заматов 0,487 (т.е. 336 пустых, из них в 99 причина не ясна) основная часть потерь улова связана с уходом рыбы из зоны облова во время замета (74 %), в т.ч. с заныриванием тунца на глубину (59 %). Во время кошелькования доля потери 26 %, из них заныривание под нижнюю подбору – 11 %, аварийных – 11 %, уход в «ворота» невода – 4 %.

На лове сардины проанализировано 446 заматов. При общей результативности 0,62 (т.е. 170 пустых, из них в 30 причина не ясна) выход рыбы из зоны облова на этапе замета 58 %, в «ворота» невода между судном и пятным урезом – 16 %, под килем судна – 3 %, аварии – 23 %. Несмотря на большие различия в подвижности и форме поведения тунцов и сардины прослеживается общая тенденция к потерям уловов на этапе замета кошелькового невода. Но и после успешного замета невода его вытянутая эллипсоидная форма способствует направлению облавливаемого косяка к выходу в «ворота» невода.

В целом техническая и тактическая задача совершенствования технологий кошелькового лова связана с шумностью судов (большая дистанция реагирования), большой скоростью рыбы, ограниченной скоростью судов и размеров неводов, недостаточным навыком предвидения поведения косяков в различных ситуациях лова. Для совершенствования кошелькового лова рекомендована система снижения шумов судов и средства предотвращения ухода рыбы из облавливаемого пространства.

**Глава 7** посвящена завершающему этапу НИОКР: промышленным испытаниям и внедрению методов и средств промысловой биоакустики в технологиях ставного неводного, тралового, кошелькового лова и рыбозащиты.

Первая апробация ПИ-систем на ставном неводном лове состоялась в 1960 – 70-х гг. ВПЗ была использована в качестве крыла ставного невода на лове нерестовой сельди залива П. Великого. Промысловые испытания подтвердили ее заградительные свойства на расстоянии 1 – 2 м и

непредвиденно обнаружено привлекающее действие на удаленных от ВПЗ участках. Последующие эксперименты свидетельствовали о привлекающем эффекте ВПЗ на лове нагульных лососей. Обнадеживающие испытания ВПЗ способствовали постановке более масштабных и углубленных исследований, поиску способов усиления обнаруженных эффектов с целью увеличения дистанции воздействия.

Ставной неводной лов преднерестовых лососей наиболее распространен в дальневосточном регионе и имеет общие проблемы для всех районов лова. По принципу действия он относится к стационарному, аккумулирующему улов. Его динамика связана с коротким сезонным периодом лова (время тайфунов), необходимостью удаления от нерестовых рек на расстояние не менее 2-х км и перекрытия больших акваторий на путях хода лососей. Вступают в противодействие два фактора: громоздкость сооружения и его штормоустойчивость. Рациональное распределение промысловых нагрузок на нерестовое стадо лимитируется этими факторами.

Подготовка и **промысловые испытания ПИ-системы «Лосось»** были подчинены следующим условиям: 1) невод с ПИ-системой должен выставляться вдали от путей миграций лососей, на участке, закрытом от прямого штормового воздействия; 2) контрольные невода выставляются на традиционно облавливаемых тонях в одном районе с экспериментальным; 3) ПИ-система «Лосось» настраивается на создание акустической обстановки, адекватной присутствию «собратьев» по виду в зоне облова неводом и на озвучивание акватории мористее ловушки невода для обострения реакции проходных лососей. В заливе Анива на участках р/к им. Кирова в сезон лова 1985 г. (июнь – август) было выставлено 4 невода. Один из них с ПИ-системой «Лосось» установлен в заведомо не уловистом месте. Структурная схема ПИ-системы «Лосось» в привязке к ставному неводу представлена на рис. 14.

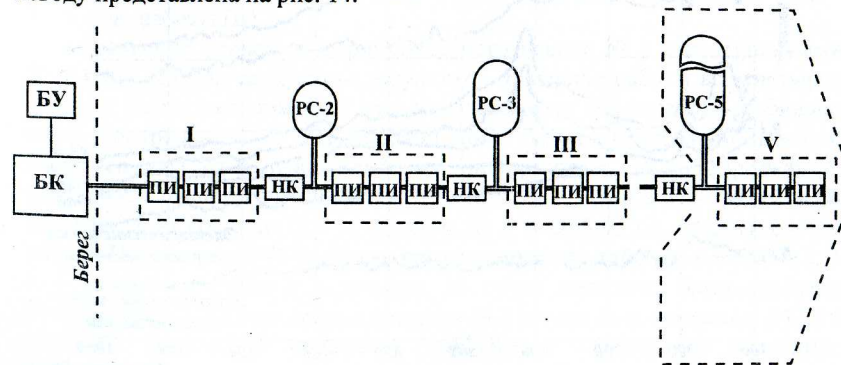


Рис. 14. Структурная схема стационарной ПИ-системы «Лосось» для ставного неводного лова



После включения берегового компрессора (БК), режим работы которого задается электронным блоком управления (БУ), сжатый воздух заполняет магистральный шланг, и при достижении рабочего давления в нем начинают срабатывать ПИ первой от берега группы. С достижением рабочего давления в магистрали срабатывает предельный невозвратный клапан (НК) и начинается заполнение ресивера (РС-2), от которого работают ПИ второй группы. Таким образом достигается эффект распространения бегущего поля вдоль крыла в зону действия ловушки. При отключении БК первой прекращают работу ПИ первой группы, затем второй и т.д., пока не израсходуется сжатый воздух пятого ресивера, имеющего наибольший объем. В период «молчания» ПИ-системы включался керамический излучатель «Сапфир» (ВНИИЯГ) рупорного исполнения с направленным звукоизлучением в море. Формирователем сигналов служил магнитофон с записями сигналов горбуши.

На рис. 15 представлены спектрально-энергетические характеристики звукового поля, измеренного по траверсной линии, проходящей через середину крыла невода параллельно берегу.

Основная энергия акустического поля сосредоточена в двух частотных диапазонах 120 – 180 Гц и 380 – 440 Гц, что соответствует биосигналам горбуши и кеты (см. рис. 5). Эквипотенциалы для частоты 140 Гц характеризуются сильным затуханием на мелководье (3,5 – 4 м). Мористее ловушки невода наблюдается теневая зона из-за поглощения энергии излучения сетными полотнами.

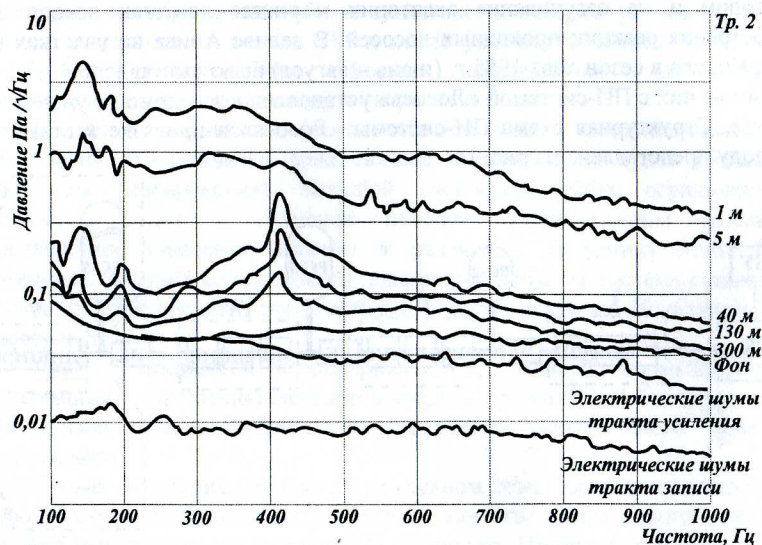


Рис. 15. Спектрально-энергетические характеристики звукового поля ПИ-системы «Лосось» на траверсе крыла ставного невода.

После выноса пятой группы ПИ за пределы ловушки эквипотенциалы для частоты 140 Гц приняли вид (рис. 16).

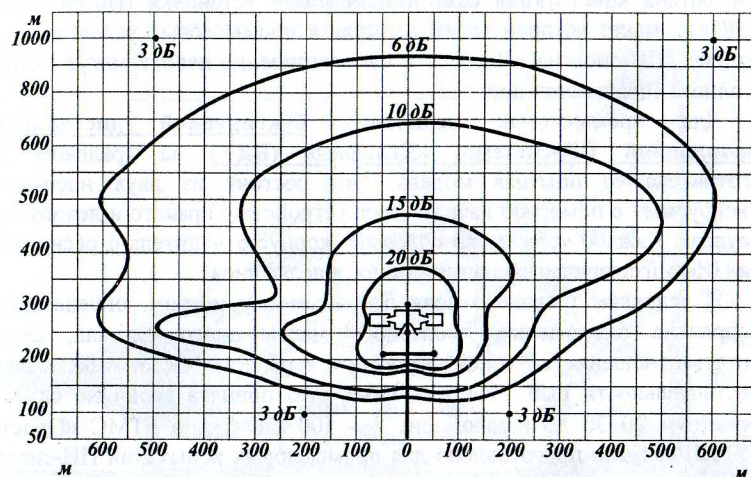


Рис. 16. Схема размещения ПИ на ставном неводе и акустическое поле ПИ-системы «Лосось» для воздействия на проходных рыб.

Устранено экранирующее влияние ловушки и садка невода, по схеме на Рис. 16, что создало более благоприятные условия для привлечения проходных рыб с традиционных путей миграции к берегу в зону облова. Комбинационное использование гидроакустических излучателей («Сапфир» и ПИ-системы), их расстановка и выбранный режим работы дали положительный эффект. Визуально замечено, что запуск ПИ после их молчания и озвучивания акватории с помощью излучателя «Сапфир» в большинстве случаев давал появление стай горбуши у крыла невода через 2 – 3 мин. работы ПИ.

Сравнение уловов экспериментального невода № 1 с контрольными № 2 – № 4 показал следующие результаты. В период работы всех четырех неводов уловы неводом № 1 при использовании ПИ-системы стабильно выше контрольных. За весь период лова экспериментальным неводом выловлено 448,4 т в сравнении со средним выловом 126 т контрольными неводами. Среднесуточный вылов неводами № 2, 3 и 4 в августе (рунный ход горбуши) составил 7,5 т, неводом № 1 – 20,5 т, т.е. эффективность работы ПИ-системы 273 %. После прохода мощного тайфуна невода № 2, 3 и 4 вышли из строя и в течение 10 суток массового хода горбуши бездействовали. За этот период неводом № 1 изъято дополнительно 147,2 т горбуши. Природный катаклизм (тайфуны) – характерное ежегодное явление для всего промыслового региона. Он также способствовал доказательству преимуществ использования ПИ-системы «Лосось» в



местах, защищенных от штормов без потери эффективности лова. Для решения проблемы штормоустойчивости на основе пневматики разработана конструкция самозатапливаемой установки (Патент РФ № 2138161), макет которой также испытан в промысловых условиях на Ю. Курилах. ПИ-система «Лосось» и самозатопление невода могут работать от одного энергисточника.

Для промысловых испытаний буксируемой дистанционно управляемой ПИ-системы «Дельфин» (БДУ) на траловом лове изготовлена ее опытная модель. Она состоит из двух идентичных буксируемых с помощью кабель-троса устройств с правого и левого борта траулера. Каждое устройство содержит корпус-отводитель с ресивером и два ПИ-имитатора сигналов питающихся дельфинов.

В условиях тралового лова основным параметром, определяющим восприятие биологически полезного маломощного сигнала, следует считать отношение слуховой порог/шум в области частот максимальной чувствительности рыб. Для тресковых рыб принята величина слуховой порог/шум  $20 \pm 30$  дБ в диапазоне  $0 - 500$  Гц. Судно РТМС «Простор» (ТУРНИФ) было подготовлено для промысловых испытаний ПИ-системы на траловом лове минтая в Беринговом море.

Дальность действия БДУ определяли исходя из порогового значения звукового давления ( $P_{min}$ ) при учете маскирующего шума моря (для придонных объектов). Уровень шумов моря по графикам Кнудсена не превышают 56 дБ (ветер 10 баллов) на частотах  $20 - 500$  Гц. При среднем отношении порог/шум 25 дБ  $P_{min} = 0,22$  Па. От ПИ «Дельфин» сферическое распространение сигнала, поэтому на дистанции  $D = P_c / P_{min}$ , где  $P_c$  – звуковое давление сигналов ПИ, приведенное к 1 м. При  $P_c = 200$  Па ожидаемая дальность действия БДУ для условий тралового лова минтая с судна РТМС составит 900 м.

Испытания БДУ проводились в два этапа: 1) после установки на судне БДУ опробовано на стенде и в море, определены основные его параметры работы, проведена акустическая аттестация; 2) определена способность БДУ эффективно воздействовать на разреженные скопления рыб и направлять их в зону облова тралом. Рис. 17 поясняет технологическую схему управляемого тралового лова минтая.

В акте и протоколе испытаний подробно описана программа-методика и изложены основные результаты.

Реакция разреженного минтая на «бегущее» акустическое поле отмечалась уплотнением скоплений и перемещением на глубину, что адекватно естественным защитным реакциям рыб на появление хищников.

Эффективность действия БДУ оценивалась по изменению плотности скопления рыбы, находящейся на горизонте траления, под судном и заходящей в трал при работе ПИ. Для различных ситуаций траления сведения о поведении и уловах сведены в протоколы испытаний. Во всех

наблюдениях при использовании БДУ на разреженных скоплениях минтая отмечено увеличение захода рыбы в трал.

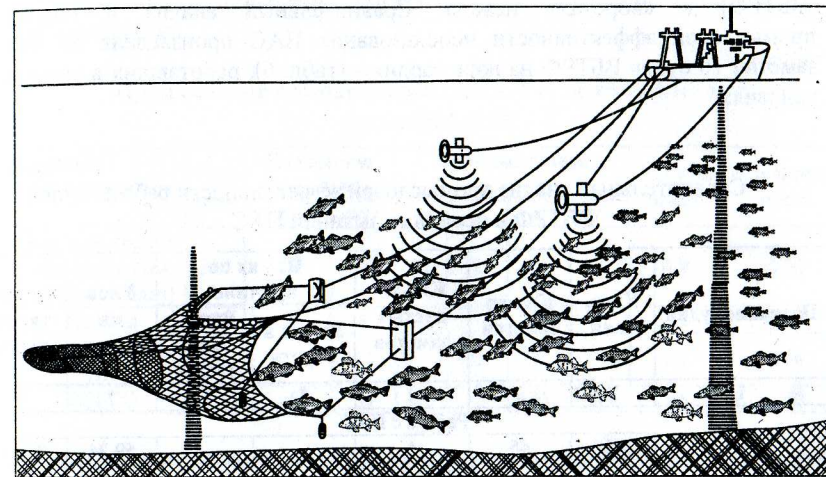


Рис. 17. Схема применения и функционирования БДУ на траловом лове минтая.

Наибольший эффект действия БДУ наблюдался в ночное время суток при облове разреженных скоплений минтая, находящихся выше верхней подборы трала.

Установлена максимальная дальность ПИ-системы, на которой стабильно отмечается эффект направления рыб в зону облова тралом (смена горизонта). Она соответствует  $150 - 180$  м. Для увеличения дальности действия БДУ рекомендовано комбинационное использование ПИ «Дельфин» и ПИ «Пневмопушка» или излучателя на твердых основах, что также скажется на экономии расхода воздуха.

Промысловая эффективность БДУ не определена, т.к. испытываемые модели имели ограниченный запас сжатого воздуха и не могли обеспечить весь период траления.

В целом эксплуатация БДУ в составе промысловой системы показала, что БДУ пригодна для совершенствования технологий тралового лова, достаточно надежна и управляема в условиях промысла. Обслуживание и эксплуатация БДУ обеспечивается сменной палубной командой, управление работой БДУ осуществляет вахтенный штурман во время траления с мостика.

Промысловые испытания пневмоакустической системы энергетического воздействия (ПАС) проведены на кошельковом лове сардины в Южно-Курильском промрайоне и тунцов в ЦЗТО (район



Кирибати). Использовано три варианта ПАС: судовой, на «Скифе» и на неводе (пятной урез). Головной образец ПАС испытан на СРТМ «Арск» (ВБТРФ) в «воротах» невода. Сравнительный анализ и оценка промысловой эффективности использования ПАС произведена по 494 заметам 10 судов ВБТРФ на лове сардины (табл. 6), работавших в равных условиях.

Таблица 6.  
Сравнительный анализ промысловой эффективности работы судов ВБТРФ в период испытаний ПАС

Название судна	Улов, тонн	Кол-во заматов	Кол-во пустых заматов	Из них по причине		Улов на замет	Результативность
				Выход в ворота	Выход под килем		
1	2	3	4	5	6	7	8
Работа с ПАС							
СРТМ «Арск»	2666	45	4	-	-	59,24	0,911
Работа без ПАС							
СТР «Комиссарово»	4706	70	19	3	5	67,23	0,728
СРТМ «Аппаратчик»	2024	49	8	-	8	41,31	0,837
СРТМ «Бригадир»	1959	48	15	1	3	40,81	0,688
СРТМ «Майское»	2852,5	62	19	3	8	46,00	0,694
СРТМ «Оссорка»	1861,5	41	15	3	3	45,40	0,634
СТ «Казанск»	1116,5	34	16	2	-	32,84	0,529
СРТМ «Пушино»	1826,5	34	6	-	1	53,72	0,824
СТ «Нижнеилимск»	3349	60	19	2	6	55,82	0,683
СТР «Сарычевск»	2011	51	20	6	2	39,43	0,608
В среднем по сравниваемым судам							
	2411,8	50	15	2	4	48,24	0,700

В системе ВРПО «Дальрыба» на 140 судах был внедрен «Способ предотвращения выхода рыбы из зоны замата кошелькового невода (А.с. № 1205853), в основе которого ПАС (А.с. № 1457611, № 1449080, № 1654994). Суммарный годовой экономический эффект от этой разработки, подтвержденный расчетами и актами внедрения, составил 3450 тыс. руб. в ценах 1991 года.

Использование ПАС на кошельковом лове тунцов также показали высокий эффект воздействия ПИ на поведение рыб. Замечено, что даже

при большой подвижности тунцов, сигналы от ПАС вызывают мгновенную реакцию, которая выражается в занывании рыб или уходе по горизонту из зоны излучения.

В табл. 7 приведены показатели использования ПАС на ССТ «Горячегоorsk».

Таблица 7.  
Промысловые показатели работы ССТ «Горячегоorsk» в период испытаний ПАС

Группа заматов	Улов тонн	Количество заматов		Причины потерь уловов				Улов на замет	Результативность
		результ.	пуст.	а	б	в	г		
Без применения ПИ (исключая заматы на плав)	307	18	45	21	2	14	8	4,9	0,30
На плав	182	27	8				8	5,2	0,77
С применением ПИ	226	21	11		5	6		7,1	0,66
ВСЕГО	715,5	66	64	21	7	20	16	5,5	0,50

Эффективны заматы на плав, когда тунец питается. Но на транзитных косяках подтверждена целесообразность использования ПАС по поведению тунцов и промысловым показателям. Характерные фрагменты поведения тунцов проанализированы в связи с ситуацией и акустическими воздействиями. Сделан вывод, что необходима очень совершенная схема манипуляции излучателями, поскольку высокий эффект воздействия сигналов ПАС на тунцов может сыграть негативную роль в процессе управления ловом. После разворота тунцов продолжительная посылка сигналов вслед уходящему косяку провоцирует его заглупление и уход под нижнюю подбору невода.

Технологическая схема (рис. 18) и действующие макеты дистанционно управляемых ПАС были разработаны и прошли стендовые и частично морские испытания. Промысловая схема позволяет практически перекрыть все пути ухода рыбы из зоны облова неводом (под нижнюю подбору, у пятного уреза в «ворота» невода и «ворота» под килем судна). Макеты манипуляторов запускались от штатной гидроакустической станции «Сарган». Техдокументацией было предусмотрено использование бескабельных систем связи фирмы «Сканмар» (Норвегия). Работы остановлены в связи с передачей тунцеловных судов ВБТРФ в эксплуатацию зарубежным фирмам.

ПИ-система «Дельфин», выполненная из береговой компрессорной станции, магистрального шланга и пневмоизлучателей в комбинации с гидроакустическим излучателем «Гринда» (ВНИРО), была использована в качестве средства перекрытия хода нерестовой сельди на заморные участки в северной части залива Корфа. Необходимость проведения столь



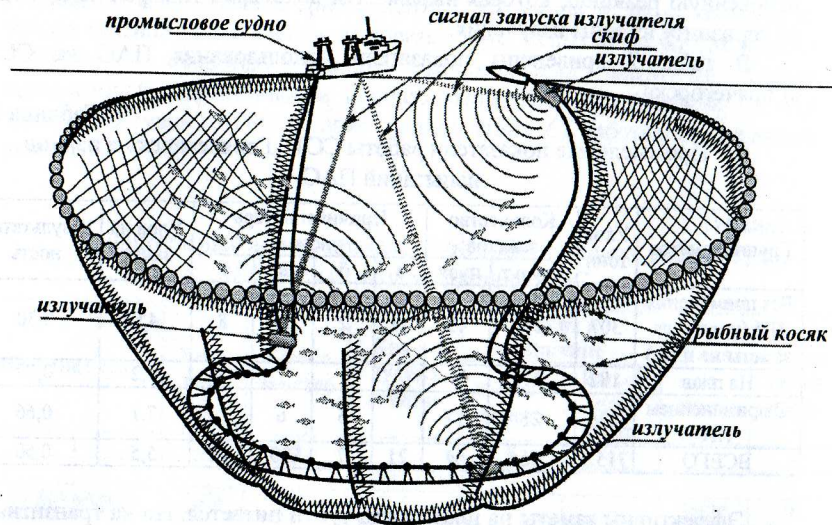


Рис. 18. Технологическая схема использования ПАС на кошельковом лове тунцов

масштабного эксперимента определилась в конце 70-х годов, поскольку в годы депрессии (1968 – 1978) сельдь корфо-карагинского стада нерестилась в основном (до 80 %) в гавани Сибирь, где условия для размножения были неблагоприятны (Качина, 1974). Эксперимент по предотвращению захода производителей в гав. Сибирь поставлен в ряду других задач проверки влияния направленного антропогенного фактора на динамику численности сельди. Наблюдения проведены с вертолета, штатными судовыми ГАС и контрольными орудиями лова (ставной невод и сети). Их результаты поясняются рис. 19.

До постановки масштабного эксперимента были проведены наблюдения за поведением сельди на нерестилище (поз. 1), на заходе сельди в гав. Сибирь (поз. 2) и в ловушке ставного невода (поз. 3). Рассредоточенная на нерестилище сельдь при появлении шумов моторной лодки и сигналов ПИ «Дельфин» возбуждается, выбрасывается на поверхность воды, движения хаотичны и ненаправлены. Рассредоточенная по нерестилищу сельдь не ориентируется в акустическом поле ПИ «Дельфин».

Второй опыт поставлен на проходе между островом и косой Конохвал, где сельдь еще сохраняет форму косячного поведения. Косяки сельди, прошедшие оконечность косы, попадают в поле действия ПИ-системы и однозначно отворачивают от нее в противоположном

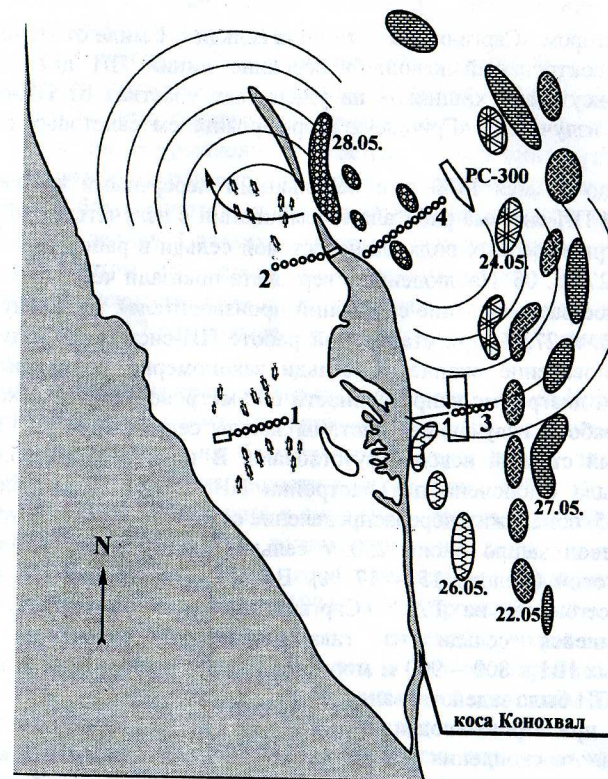


Рис. 19. Схема проведения экспериментов в заливе Корфа на нерестовой сельди:

1 – на нерестилище; 2 – на входе в гавань Сибирь; 3 – в ставном неводе; 4 – на подходах производителей сельди к нерестилищам.

направлении. В ставном неводе при движении линии из 4-х ПИ «Дельфин» на скопление сельди замечена ее четкая ориентация и уход к противоположной стенке невода с постепенным уплотнением при наплывании ПИ. В объеме 12x10x8 м у стенки ловушки концентрировалось до 1500 ц сельди (1,56 ц/м<sup>3</sup>). Небольшое притопление стенки ловушки способствовало самостоятельному сливу сельди в садок-накопитель.

Эти эксперименты обнадежили в решении задачи ограждения заморных участков. 600-метровая акустическая база из 125 ПИ «Дельфин» была выставлена весной 1980 г. в 400 м от оконечности косы Конохвал (рис. 19, поз. 4). В районе конечного буя на якорю поставлен РС «Угловой»



с гидролокатором «Сарган». На пути хода сельди в 1 миле от ПИ-системы выставлен контрольный невод. В середине линии ПИ для усиления эффекта присутствия хищников на удаленных участках от ПИ-системы установлен излучатель «Гринда» с формирователем свистовых сигналов дельфинов.

С 18 по 27 мая 1980 г. с небольшими перерывами на настройку излучателей ПИ-система работала в комбинации с излучателем «Гринда». Отмечено три массовых подхода нерестовой сельди в район работ: 22.05, 24-26.05 и 27-28. 05. Наблюдение с вертолета показали четко выраженное направленное распределение скоплений производителей по заливу Корфа. 22.05, 24.05. и 27.05. при стабильной работе ПИ-системы и излучателей «Гринда» поведение скоплений сельди закономерно подчинено почти лепестковой диаграмме направленности 600-метровой акустической базы. Во время работы излучающей системы заходы сельди в гавань Сибирь и контрольный ставный невод отсутствовали. В ночь с 25 на 26.05. ПИ-система была отключена для настройки ПИ. Облет акватории залива Корфа 26.05. обнаружил перераспределение сельди по заливу. В эту ночь в ставной невод зашло около 250 т сельди преимущественно взрослой преднерестовой (молодь 15 – 17 %). Во время настройки ПИ 26.05. в течение всего дня на ГАС «Сарган» фиксировался выход косяков отнерестившейся сельди из гавани Сибирь, обходящих линию настроенных ПИ в 800 – 900 м мористее РС «Угловой». В ночь на 27.05. вся линия ПИ была задействована.

27.05. при аэронаблюдениях с 15<sup>00</sup> до 17<sup>00</sup> час. отмечены подходы очень крупного скопления сельди, растянувшегося отдельными косяками на 10 – 15 км вдоль Корфской косы и Конохвал и далее дугой через весь залив к гавани Скрытая в обход ПИ-системы. Чтобы окончательно убедиться в ответственной роли акустического заградителя в формировании столь масштабного поведения сельди в заливе, 27.05. в 18<sup>40</sup> час. ПИ-система и «Гринда» были выключены. Через 2 часа контрольный невод был окружен плотным скоплением сельди. Основной состав улова сельдь 1 – 3 года (95 %). РС «Угловой» постоянно отмечал подходы сельди к входу в гавань Сибирь. При облете 28.05. в 10<sup>30</sup> час. акватории залива Корфа снова обнаружено перераспределение сельди. Основное скопление было сосредоточено у входа в гавань Сибирь.

После завершения массового хода нерестовой сельди в зал. Корфа 30.05. на входе в гавань Сибирь был выставлен ПИ «Сардина», настроенный на имитацию звуков взрослой сельди. Суточный застой контрольной сети не дал улова. После двухчасовой работы ПИ «Сардина» контрольная сеть была полностью обьячеена (4,5 – 5 ц) исключительно взрослой преднерестовой сельдью (9 лет). Перенос излучателя на крыло ставного невода и его работа в течение 2-х суток в совокупности с имитатором звуков молоди сельди и сардины (в его основе керамический преобразователь и электронный формирователь сигналов) привел к тому,

что в ловушке и вдоль крыла невода до выключения излучателей отмечалось присутствие сельди (50 % взрослой).

Данный эксперимент инициировал разработку управляемого искусственного нерестилища сельди (А.С. № 948353). Установленные в б/х Гека его макеты подтвердили предпочтительность производителями кладки икры на искусственный субстрат новой конструкции. В ней имеется возможность регулировать толщину кладки икры, сроки выклева на участках с благоприятной гидрологией и ограждать икру от хищников. В 1996 г. в заливе Славянка действие искусственного нерестилища проверено опытом на сельди приморского стада. По показателям обькрения на искусственном субстрате (капроновая дель, ячея 20 мм) отложено икры в 9,7 раз больше, чем на естественном, а смертность – на 2,9 % ниже.

После завершения трехлетнего эксперимента в заливе Корфа в 1982 г. отмечено значительное снижение активности нереста в его северной части, перенос интенсивности на благоприятные нерестилища заливов Уала, Анапка и б/х Гека, рост численности стада (Качина, 1986). Но в 1986 – 87 гг. снова наметилась тенденция к смещению производителей в северную часть з-ва Корфа (62,3 %), поэтому реально допустить ослабление защитных функций памяти и необходимость ее подкрепления при появлении заморных эффектов. В 1984 – 87 гг. промысловый и нерестовый запас стабильно наращивался и основной возрастной состав сформировался от 4 – 5 до 7 – 8 лет, а его расширение обеспечило благополучие на перспективу. Стадо вышло из состояния депрессии и эффективно эксплуатируется до настоящего времени.

**В заключении** даны выводы и результаты, определяющие научную новизну и практическую значимость работы.

1. Принципы системной организации функций в прикладном использовании упростили процедуру структуризации и планирования НИОКР по совершенствованию технологических процессов рыболовства и определили безусловным требованием выявление и оценку биофизических функций, формирующих процессы лова. Методическая база и инструментарий гидробионических исследований, разработанные на этой принципиальной основе, продуктивно применены в работе и рекомендованы для исследований и разработок в рыболовстве, связанных с поведением гидробионтов.

2. Обоснована гидроакустическая природа взаимодействия пелагических рыб с ВПЗ в противовес существовавшему убеждению о влиянии зрительного фактора. Прослежена связь поведения рыб с параметрами акустического поля и рассмотрены природные явления со сходными акустическими свойствами и стереотипами поведения, что объясняет стабильность реакций рыб на ВПЗ. Эти природные стереотипы послужили прототипами для биофизического и биотехнического моделирования методов и средств промысловой биоакустики.



3. В биофизических исследованиях раскрыты и отмечены следующие императивные функции слуха и поведения промысловых рыб: а) с помощью экспресс-методов физиологической акустики обнаружен и раскрыт механизм саморегуляции и дифференцированного участия детекторов слуха в восприятии изменчивой обстановки, а также эффект суммации рефлексов от слуховых и механорецепторов; б) исследования с денервацией структур слуха и ЦНС позволили обнаружить феномен почти мгновенных направленных двигательных реакций на сигналы ближнего поля и расчетливых замедленных (возможно анализируемых через ЦНС) реакций на сигналы дальнего поля; в) с применением условно-рефлекторных методов определены частотные и динамические диапазоны восприятия промысловых рыб (аудиограммы); г) биофизическая оптимизация, связанная с расчленением на составляющие сложной акустической модели природного прототипа и оценкой их функционального предназначения, определила жесткие требования к синтезируемым стимулам и тактике их применения на промысле.

4. На основе объективных экспериментальных оценок и мотивированных суждений о процессах объяснены неудачи при использовании средств традиционной гидроакустики на промысле, даны численные толкования причин потерь уловов в конкретных промысловых ситуациях, предложены пути решения задач совершенствования технологий лова.

5. Исследования функций восприятия и ориентации, а также физическое моделирование генераторов сложных сигналов на примере природных аналогов позволили осуществить акустическое и техническое проектирование эффективных в рыболовстве имитаторов звуков гидробионтов. Созданы не имеющие аналогов модели гидроакустических излучателей, имитирующие сигналы открытопузырных рыб и зубатых китов, а также пневмоизлучатели энергетического воздействия для динамичных условий кошелькового лова.

6. Исследованиями шумов промысловых судов доказана несостоятельность методических рекомендаций рабочей группы ИКЕС и ФАО. Предложены оригинальные методы исследований для изучения акустических шумов промысловых судов и критерии оценки поведения рыб в акустических полях судов, позволяющие адекватно биофизической сути процесса интерпретировать корреляционные связи поведения, свойств слуха, параметров замета кошельковых неводов и сопутствующих акустических полей судов. В итоге этих исследований алгоритмизированы модели поведения рыб в зоне замета кошелькового невода (реализовано в ЭВМ-тренажере), оценен эффект снижения отпугивающих рыбу шумов судна, рекомендована тактика замета и использования акустических средств удержания рыб в облавливаемом пространстве.

7. Впервые в практике мирового рыболовства на ставном неводном лове успешно применена ПИ-система «Лосось», на траловом лове минтая

ПИ-система «Дельфин», на кошельковом лове сардины флот Дальневосточного бассейна (более 140 судов) оснащен ПАС. Эффект внедрения подтвержден расчетами и актами на сумму более 3450 тыс. руб. в ценах 1991 г. Проведен масштабный эксперимент по предотвращению прохода производителей корфо-карагинской сельди на заморные участки и их перераспределению на благоприятные нерестилища.

Теоретические положения, методы анализа, результаты и выводы диссертационного исследования изложены в следующих основных публикациях:

1. Обоснование и разработка методов и средств промысловой биоакустики // Монография. - Владивосток : Изд-во Дальневосточн. ун-та, 2004 (10,5 п.л.).

2. Повышение конкурентоспособности рыбохозяйственного комплекса России. Доклад на Госсовет РФ // Монография. - Владивосток : Изд-во Дальневосточ. ун-та, 2004 (25 п.л. в соавторстве М.В.Терский, Ю.А.Авдеев и др., автора 5,8 п.л.).

3. Программа развития рыбохозяйственного комплекса Приморского края на 2004-2010 гг. // Монография. - Владивосток: Изд-во ТЦСР, 2004 (15 п.л. в соавторстве М.В.Терский, Г.К.Молодкина, автора 10 п.л.).

4. О новых подходах к развитию систем управления рыбохозяйственным комплексом России на современном этапе // Науч.-практ. Конф. "Экономические проблемы развития рыбной промышленности и хозяйства России в свете реализации Концепции развития рыбного хозяйства РФ до 2020 г": Сб. научн. статей и докл. - М.: ВНИЭРХ. 2004 (0,7 п.л. в соавторстве М.В.Терский, Ю.А.Шпаченков, автора 0,5 п.л.).

5. Стратегия социально-экономического развития Приморского края в 2004-2010 гг // Монография. - Владивосток: Изд-во ТЦСР, 2003 (18 п.л. в соавторстве М.В.Терский, Ю.А.Авдеев, Е.С.Ячин и др., автора 2,5 п.л.).

6. Слуховые способности рыб и возможность использования акустических сигналов для управления их поведением на промысле // Сб. научн. тр. ДВГТУ. - 2001. Вып. 128 (Поленок В.В., Сорокин М.А.) - С. 34-43.

7. Ставной невод: Патент 2138161 РФ / А.Е. Тимошок, Ю.А. Кузнецов, В.В. Ткаченко. - 98110527; Заявл. 04.06.1998; Оpubл. 1999. - Бюл. № 27 (ч.1). - С. 142.

8. Тенденции развития прибрежного рыболовства. // Приморский край. Уроки рыночных реформ. - Владивосток: ДВГУ, 1997 (Жук А.П.). - С. 85-93.

9. Океанологические задачи морского рыбохозяйственного полигона // Промысловая океанология: Тез. докл. X Междунар. конф. в С.-Пет. 20 - 23 мая 1997. - М.: ВНИРО, 1997 (Акулин В.Н., Малявин Е.Н., Мизюркин М.А., Родин В.Е.). - С. 11-12.



10. Система автоматизированного контроля гидрофизических и экологических характеристик в прибрежных районах рыболовства // Промысловая океанология: Тез. докл. X Междунар. конф. в С.-Пет. 20 – 23 мая 1997. – М.: ВНИРО, 1997 (Бондарь Л.Ф., Коробков Г.Г., Малявин Е.Н., Мизюркин М.А., Половинко Л.Н., Рутенко А.Н.) – С. 23.
11. Системный анализ методов и средств морской биоакустики // Сб. докл. Всерос. конф. к 300-летию Российского флота. – Владивосток: ТОВМУ, 1996. – С. 242-247.
12. Структура и организация морского рыбохозяйственного полигона на о. Русский // Материалы Юбилейной научн. конф. ГОУ «Дальрыбвтуз» – Владивосток, 1996. – С. 80-81.
13. Акустико-гидрофизические эффекты, порождаемые рыболовным судном с донным тралом. // Акустический журнал. – М.: 1995. – Т. 41. № 2 (Коротченко Р.А., Рутенко А.Н., Трофимов М.Ю.). – С. 260-266.
14. Разработка организационной структуры рыбохозяйственного морского полигона, его научно-методической базы и средств биотехники // Владивосток: Дальрыбвтуз, 1992.
15. Способ направления рыбы в зону облова трала: А.С. 1741696 СССР / Ю.А. Кузнецов, М.Ю. Кузнецов, О.Н. Кручинин, М.А. Мизюркин. – № 4697052/13; Заявл. 11.04.1989; Оpubл. 1992. – Бюл. № 23. – С. 13.
16. Пневматический излучатель: А.С. 1748532 СССР / М.Ю. Кузнецов, Ю.А. Кузнецов, О.Н. Кручинин. – № 4807614; Заявл. 30.03.1990; Оpubл. 1992. – Бюл. № 26. – С. 229.
17. Пневматический излучатель: А.С. 1577539 СССР / О.Н. Кручинин, Ю.А. Кузнецов. – № 4657320; Заявл. 01.03.1989; Оpubл. 1991. – Бюл. № 21. – С. 237.
18. Генератор гидроакустических сигналов: А.С. 1577539 СССР / М.Ю. Кузнецов, Ю.А. Кузнецов. – № 4625141; Заявл. 26.12.1988; Оpubл. 1990. – Бюл. № 25. – С. 201.
19. Имитатор звуков рыб: А.С. 1575334 СССР / М.Ю. Кузнецов, Ю.А. Кузнецов, И.Ф. Щербаков. – № 4401760; Заявл. 01.04.1988; Оpubл. 1990. – Бюл. № 24. – С. 261.
20. Новые направления в подготовке специалистов по промышленному рыболовству. // Рыбное хозяйство. – М.: 1989. – № 7 (Покровский Б.И.) – С. 30-33.
21. Новые достижения в разработках методов и средств промысловой биоакустики. // Промышленное рыболовство. – М.: ЦНИИТЭИРХ 1989. – 91 с.
22. Устройство для направленного перемещения рыбы в зону облова кошельковым неводом: А.С. 1449080 СССР / О.Н. Кручинин, В.В. Поленюк, Ю.А. Кузнецов. – № 4250691; Заявл. 27.05.1987; Оpubл. 07.01.1989. – Бюл. № 1. – С. 13.
23. Биотехнические аспекты программно-целевого планирования развития техники, флота и организации промысла. // Орудия и способы

рыболовства. Вопросы теории и практики – М.: ВНИРО. 1988. (Покровский Б.И.) – С. 39-54.

24. Имитатор звуков рыб «Лосось-2»: А.С. 1443224 СССР / И.Ф. Щербаков, Ю.А. Кузнецов, М.Ю. Кузнецов, Ю.С. Белавин – № 4238051; Заявл. 31.03.1987; Оpubл. 08.08.1988. – Бюл. № 45. – С. 254.

25. Имитатор звуков рыб «Лосось»: А.С. 1347210 СССР / Ю.А. Кузнецов, М.Ю. Кузнецов. – № 4066504; Заявл. 18.03.1986; Оpubл. 22.06.1987. – Бюл. № 39. – С. 245.

26. Способ предотвращения выхода рыбы из зоны замета кошелькового невода: А.С. 1205853 СССР / О.Н. Кручинин, Ю.А. Кузнецов – № 3657099; Заявл. 28.10.1983; Оpubл. 23.01.1986. – Бюл. № 3. – С. 15.

27. Имитатор звуков рыб «Сардина-2»: А.С. 1270918 СССР / Ю.А. Кузнецов, Г.А. Ковыза, В.В. Поленюк. – № 3855093; Заявл. 05.02.1985; Оpubл. 15.07.1986. – Бюл. № 42. – С. 272.

28. Генератор гидроакустических сигналов: А.С. 1274478 СССР / Ю.А. Кузнецов, И.Ф. Щербаков. – № 3854367; Заявл. 05.02.1985; Оpubл. 01.08.1986. – Бюл. № 44. – С. 269.

29. Системный принцип постановки биотехнических задач оптимизации техники и тактики промысла. // Исследования по оптимизации рыболовства и совершенствованию орудий лова. – М.: ВНИРО, 1985 – С. 8-21.

30. Исследование поведения тихоокеанской сардины в зоне замета кошелькового невода // Исследования по оптимизации рыболовства и совершенствованию орудий лова – М.: ВНИРО, 1985 (Кручинин О.Н.). – С. 179-188.

31. Системное проектирование техники промышленного рыболовства в ВУЗе. Учебное пособие. Дальрыбвтуз. – 1985. – 122 с.

32. Влияние мощных низкочастотных акустических сигналов на поведение некоторых промысловых рыб. // Возможности использования физико-химических раздражителей для управления поведением рыб – М.: ИЭМЭЖ АН СССР, 1983, (Сорокин М.А., Кручинин О.Н., Пенкин С.И.). – С. 217-224.

33. Системный подход к задачам автоматизации процессов промышленного рыболовства // Проблемы научн. исслед. в обл. изучен. и освоен. Мирового океана: Тез. докл. Всесоюзн. конф. Секц. 9. – Владивосток: 1983 – С. 6-8.

34. Имитатор звуков рыб «Сардина»: А.С. 1039376 СССР / В.В. Поленюк, Ю.А. Кузнецов – № 3272469; Заявл. 24.03.1981; Оpubл. 03.05.1983. – Бюл. № 32. – С. 215.

35. Модель поведения скоплений рыб в шумовом поле промыслового судна // Поведение рыб и орудия лова. ТИПРО – 1983. (Кручинин О.Н., Ефимов В.В.) – С. 3-11.



36. Акустические сигналы как стимул при управлении поведением рыб // Использование физических раздражителей в целях развития морского рыбного промысла: Тез. докл. Всесоюзн. н-т совещания – М.: 1982. – С. 18-21.

37. Применение физических раздражителей для сохранения запасов рыб. // Использование физических раздражителей в целях развития морского рыбного промысла: Тез. докл. Всесоюзн. н-т совещания – М.: 1982. (Поленюк В.В., Ковыза Г.А.) – С. 31-32.

38. Искусственное нерестилище для рыбы: А.С. 948353 СССР / Ю.А. Кузнецов, В.В. Поленюк, С.М. Коновалов. – № 3225411/28-13; Заявл. 26.12.1980; Опубл. 26.12.1982. – Бюл. № 29.

39. Суточный ритм активности некоторых дальневосточных видов рыб. // Вопросы ихтиологии. – М.: 1981. – Т. 21. Вып. 1 (126) – (Кручинин О.Н., Сорокин М.А.) – С. 134-140.

40. Постановка задачи комплексного исследования воздействия шумов промысловых судов на рыб. // Новое в гидробионике. – М.: Наука, 1980. – (Протасов В.Р., Терещенко В.Л., Шибков А.Н.) – С. 26-27.

41. Комплексная организация разработок техники рыболовства на биофизической основе // Поведение рыб в связи с техн. рыболовства и марикультур: Тез. докл. Всесоюзн. конф. – Клайпеда: 1980. – С. 91-93.

42. Влияние пневматических излучателей на поведение тихоокеанской сельди // Исследование поведения объектов промысла. ТИПРО. – 1980 (Катен-Ярцев А.С., Пенкин С.И., Сорокин М.А.) – С. 63-73.

43. Изменение чувствительности внутреннего уха морского ерша к звуку при отключении боковой линии и движении. // Вопросы ихтиологии. – М.: 1979. – Т. 19. Вып. 5 (118) – (Кунцова М.Я., Сорокин М.А.) – С. 907-913.

44. О возможности управлять поведением сельди на нерестилищах // XI Междунар. Тихоокеанск. Конф. Секц. F 111: Тез. докл. – М.: 1979 (Гореликов А.И., Пенкин С.И.) – С. 94.

45. Акустическая активность дельфинов при нападении на скопление рыб. // Промышленное рыболовство. ТИПРО. – 1979. – Вып. 9 – С. 72-75.

46. Повышение эффективности лова сельди с помощью пневмоизлучателя. – М., 1978. – Деп. ВИНТИ (Естествен. и точн. науки, техника). – № 1 (75). – С. 192

47. Акустическое поведение дельфинов при охоте на пелагических рыб // Акустические методы и средства исследования океана: Тез. докл. II Всесоюзн. конф. – Владивосток: ДВПИ, 1978. – С. 71-73.

48. Снижение подводных шумов промыслового судна // Акустические методы и средства исследования океана: Тез. Докл. II Всесоюзн. конф. – Владивосток: ДВПИ, 1978. – С. 139-141.

49. Акустические средства исследования океана // Сб. тр. ТОИ ДВО АН СССР – Владивосток, 1978. – С. 79-82.

50. Исследование двигательных и вегетативных реакций сельди на акустические стимулы в условиях бассейна // Промышленное рыболовство. ТИПРО – 1978. – Вып. 8 (Кручинин О.Н., Поленюк В.В., Сорокин М.А.) – С. 81-91.

51. Изучение поведения рыб в акустическом поле // Морская биология: Тез. докл. I Всесоюзн. конф. – Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1977 (Кунцова М.Я.) – С. 31-32.

52. Акустико-латеральная нервная система ерша и анализ ЭКГ при действии на боковую линию гидродинамического поля // Промышленное рыболовство. ТИПРО – 1977. – Вып. 7 (Кунцова М.Я., Худенко Г.В., Юркова И.Б.) – С. 61-70.

53. Излучатель имитатора звуков рыб: А.С. 535932 СССР / Ю.А. Кузнецов, Г.А. Ковыза – № 2125923/13; Заявл. 14.04.1975; Опубл. 25.11.1976. – Бюл. № 43.

54. Исследование инфразвуковых шумов промысловых судов // Промышленное рыболовство. ТИПРО – 1976. – Вып. 6 (Китлицкий В.С., Федосеенков В.С., Шибков А.Н.) – С. 134-136.

55. Физические характеристики звуков некоторых видов рыб Тихого океана. // Вопросы судостроения. – Л.: 1975. – № 5 (Непрошин А.Ю., Протасов В.Р.) – С. 95-99.

56. Звуки некоторых морских животных // Вопросы судостроения. – Л.: 1975. – № 5 (Шибков А.Н.) – С. 105-110.

57. Звуки сельди и способ их имитации. // Вопросы судостроения. – Л.: 1975. – № 5 (Ковыза Г.А.) – С. 111-114.

58. Акустический излучатель: А.С. 479497 СССР / Ю.А. Кузнецов, Г.А. Ковыза – № 1732929; Заявл. 04.01.1972; Опубл. 05.08.1975. – Бюл. № 29.

59. Некоторые рекомендации для постановки исследований в области промысловой биоакустики (технические и биофизические задачи) // Промышленное рыболовство. ТИПРО. – 1975. – Вып. 5. – С. 3-18.

60. К вопросу моделирования искусственных звуковых раздражителей промысловых рыб // Промышленное рыболовство. ТИПРО – 1975. – Вып. 5 (Гордеева Е.Г., Тихомиров А.М.) – С. 19-27.

61. Звуки белухи и влияние их на поведение лососей р. Амур // Промышленное рыболовство. ТИПРО – 1975. – Вып. 5 (Китлицкий В.С., Непрошин А.С., Шибков А.Н.) – С. 36-40.

62. Испытания опытной модели пневмоизлучателя в условиях промысла // Промышленное рыболовство. ТИПРО – 1975. – Вып. 5 (Ковыза Г.А.) – С. 61-69.

63. К вопросу о влиянии шумов промысловых судов на поведение тунцов // Промышленное рыболовство. ТИПРО – 1975. – Вып. 5 (Китлицкий В.С.) – С. 74-80.



10. Система автоматизированного контроля гидрофизических и экологических характеристик в прибрежных районах рыболовства // Промысловая океанология: Тез. докл. X Междунар. конф. в С.-Пет. 20 – 23 мая 1997. – М.: ВНИРО, 1997 (Бондарь Л.Ф., Коробков Г.Г., Малявин Е.Н., Мизюркин М.А., Половинко Л.Н., Рутенко А.Н.) – С. 23.

11. Системный анализ методов и средств морской биоакустики // Сб. докл. Всерос. конф. к 300-летию Российского флота. – Владивосток: ТОВМУ, 1996. – С. 242-247.

12. Структура и организация морского рыбохозяйственного полигона на о. Русский // Материалы Юбилейной научн. конф. ГОУ «Дальрыбвтуз» – Владивосток, 1996. – С. 80-81.

13. Акустико-гидрофизические эффекты, порождаемые рыболовным судном с донным тралом. // Акустический журнал. – М.: 1995. – Т. 41. № 2 (Коротченко Р.А., Рутенко А.Н., Трофимов М.Ю.). – С. 260-266.

14. Разработка организационной структуры рыбохозяйственного морского полигона, его научно-методической базы и средств биотехники // Владивосток: Дальрыбвтуз, 1992.

15. Способ направления рыбы в зону облова трала: А.С. 1741696 СССР / Ю.А. Кузнецов, М.Ю. Кузнецов, О.Н. Кручинин, М.А. Мизюркин. – № 4697052/13; Заявл. 11.04.1989; Оpubл. 1992. – Бюл. № 23. – С. 13.

16. Пневматический излучатель: А.С. 1748532 СССР / М.Ю. Кузнецов, Ю.А. Кузнецов, О.Н. Кручинин. – № 4807614; Заявл. 30.03.1990; Оpubл. 1992. – Бюл. № 26. – С. 229.

17. Пневматический излучатель: А.С. 1577539 СССР / О.Н. Кручинин, Ю.А. Кузнецов. – № 4657320; Заявл. 01.03.1989; Оpubл. 1991. – Бюл. № 21. – С. 237.

18. Генератор гидроакустических сигналов: А.С. 1577539 СССР / М.Ю. Кузнецов, Ю.А. Кузнецов. – № 4625141; Заявл. 26.12.1988; Оpubл. 1990. – Бюл. № 25. – С. 201.

19. Имитатор звуков рыб: А.С. 1575334 СССР / М.Ю. Кузнецов, Ю.А. Кузнецов, И.Ф. Щербаков. – № 4401760; Заявл. 01.04.1988; Оpubл. 1990. – Бюл. № 24. – С. 261.

20. Новые направления в подготовке специалистов по промышленному рыболовству. // Рыбное хозяйство. – М.: 1989. – № 7 (Покровский Б.И.) – С. 30-33.

21. Новые достижения в разработках методов и средств промысловой биоакустики. // Промышленное рыболовство. – М.: ЦНИИТЭИРХ 1989. – 91 с.

22. Устройство для направленного перемещения рыбы в зону облова кошельковым неводом: А.С. 1449080 СССР / О.Н. Кручинин, В.В. Поленюк, Ю.А. Кузнецов, – № 4250691; Заявл. 27.05.1987; Оpubл. 07.01.1989. – Бюл. № 1. – С. 13.

23. Биотехнические аспекты программно-целевого планирования развития техники, флота и организации промысла. // Орудия и способы

рыболовства. Вопросы теории и практики – М.: ВНИРО. 1988. (Покровский Б.И.) – С. 39-54.

24. Имитатор звуков рыб «Лосось-2»: А.С. 1443224 СССР / И.Ф. Щербаков, Ю.А. Кузнецов, М.Ю. Кузнецов, Ю.С. Белавин – № 4238051; Заявл. 31.03.1987; Оpubл. 08.08.1988. – Бюл. № 45. – С. 254.

25. Имитатор звуков рыб «Лосось»: А.С. 1347210 СССР / Ю.А. Кузнецов, М.Ю. Кузнецов. – № 4066504; Заявл. 18.03.1986; Оpubл. 22.06.1987. – Бюл. № 39. – С. 245.

26. Способ предотвращения выхода рыбы из зоны замата кошелькового невода: А.С. 1205853 СССР / О.Н. Кручинин, Ю.А. Кузнецов – № 3657099; Заявл. 28.10.1983; Оpubл. 23.01.1986. – Бюл. № 3. – С. 15.

27. Имитатор звуков рыб «Сардина-2»: А.С. 1270918 СССР / Ю.А. Кузнецов, Г.А. Ковыза, В.В. Поленюк. – № 3855093; Заявл. 05.02.1985; Оpubл. 15.07.1986. – Бюл. № 42. – С. 272.

28. Генератор гидроакустических сигналов: А.С. 1274478 СССР / Ю.А. Кузнецов, И.Ф. Щербаков. – № 3854367; Заявл. 05.02.1985; Оpubл. 01.08.1986. – Бюл. № 44. – С. 269.

29. Системный принцип постановки биотехнических задач оптимизации техники и тактики промысла. // Исследования по оптимизации рыболовства и совершенствованию орудий лова. – М.: ВНИРО, 1985 – С. 8-21.

30. Исследование поведения тихоокеанской сардины в зоне замата кошелькового невода // Исследования по оптимизации рыболовства и совершенствованию орудий лова – М.: ВНИРО, 1985 (Кручинин О.Н.). – С. 179-188.

31. Системное проектирование техники промышленного рыболовства в ВУЗе. Учебное пособие. Дальрыбвтуз. – 1985. – 122 с.

32. Влияние мощных низкочастотных акустических сигналов на поведение некоторых промысловых рыб. // Возможности использования физико-химических раздражителей для управления поведением рыб – М.: ИЭМЭЖ АН СССР, 1983, (Сорокин М.А., Кручинин О.Н., Пенкин С.И.). – С. 217-224.

33. Системный подход к задачам автоматизации процессов промышленного рыболовства // Проблемы научн. исслед. в обл. изучен. и освоен. Мирового океана: Тез. докл. Всесоюзн. конф. Секц. 9. – Владивосток: 1983 – С. 6-8.

34. Имитатор звуков рыб «Сардина»: А.С. 1039376 СССР / В.В. Поленюк, Ю.А. Кузнецов – № 3272469; Заявл. 24.03.1981; Оpubл. 03.05.1983. – Бюл. № 32. – С. 215.

35. Модель поведения скоплений рыб в шумовом поле промыслового судна // Поведение рыб и орудия лова. ТИПРО – 1983. (Кручинин О.Н., Ефимов В.В.) – С. 3-11.



36. Акустические сигналы как стимул при управлении поведением рыб // Использование физических раздражителей в целях развития морского рыбного промысла: Тез. докл. Всесоюз. н-т совещания – М.: 1982. – С. 18-21.

37. Применение физических раздражителей для сохранения запасов рыб. // Использование физических раздражителей в целях развития морского рыбного промысла: Тез. докл. Всесоюз. н-т совещания – М.: 1982. (Поленюк В.В., Ковыза Г.А.) – С. 31-32.

38. Искусственное нерестилище для рыбы: А.С. 948353 СССР / Ю.А. Кузнецов, В.В. Поленюк, С.М. Коновалов. – № 3225411/28-13; Заявл. 26.12.1980; Опубл. 26.12.1982. – Бюл. № 29.

39. Суточный ритм активности некоторых дальневосточных видов рыб. // Вопросы ихтиологии. – М.: 1981. – Т. 21. Вып. 1 (126) – (Кручинин О.Н., Сорокин М.А.) – С. 134-140.

40. Постановка задачи комплексного исследования воздействия шумов промысловых судов на рыб. // Новое в гидробионике. – М.: Наука, 1980. – (Протасов В.Р., Терещенко В.Л., Шибков А.Н.) – С. 26-27.

41. Комплексная организация разработок техники рыболовства на биофизической основе // Поведение рыб в связи с техн. рыболовства и марикультуры: Тез. докл. Всесоюз. конф. – Клайпеда: 1980. – С. 91-93.

42. Влияние пневматических излучателей на поведение тихоокеанской сельди // Исследование поведения объектов промысла. ТИПРО. – 1980 (Катен-Ярцев А.С., Пенкин С.И., Сорокин М.А.) – С. 63-73.

43. Изменение чувствительности внутреннего уха морского ерша к звуку при отключении боковой линии и движении. // Вопросы ихтиологии. – М.: 1979. – Т. 19. Вып. 5 (118) – (Кунцова М.Я., Сорокин М.А.) – С. 907-913.

44. О возможности управлять поведением сельди на нерестилищах // XI Междунар. Тихоокеанск. Конф. Секц. F 111: Тез. докл. – М.: 1979 (Гореликов А.И., Пенкин С.И.) – С. 94.

45. Акустическая активность дельфинов при нападении на скопление рыб. // Промышленное рыболовство. ТИПРО. – 1979. – Вып. 9 – С. 72-75.

46. Повышение эффективности лова сельди с помощью пневмоизлучателя. – М., 1978. – Деп. ВИНТИ (Естествен. и точн. науки, техника). – № 1 (75). – С. 192

47. Акустическое поведение дельфинов при охоте на пелагических рыб // Акустические методы и средства исследования океана: Тез. докл. II Всесоюз. конф. – Владивосток: ДВПИ, 1978. – С. 71-73.

48. Снижение подводных шумов промыслового судна // Акустические методы и средства исследования океана: Тез. Докл. II Всесоюз. конф. – Владивосток: ДВПИ, 1978. – С. 139-141.

49. Акустические средства исследования океана // Сб. тр. ТОИ ДВО АН СССР – Владивосток, 1978. – С. 79-82.

50. Исследование двигательных и вегетативных реакций сельди на акустические стимулы в условиях бассейна // Промышленное рыболовство. ТИПРО – 1978. – Вып. 8 (Кручинин О.Н., Поленюк В.В., Сорокин М.А.) – С. 81-91.

51. Изучение поведения рыб в акустическом поле // Морская биология: Тез. докл. I Всесоюз. конф. – Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1977 (Кунцова М.Я.). – С. 31-32.

52. Акустико-латеральная нервная система ерша и анализ ЭКГ при действии на боковую линию гидродинамического поля // Промышленное рыболовство. ТИПРО – 1977. – Вып. 7 (Кунцова М.Я., Худенко Г.В., Юркова И.Б.) – С. 61-70.

53. Излучатель имитатора звуков рыб: А.С. 535932 СССР / Ю.А. Кузнецов, Г.А. Ковыза – № 2125923/13; Заявл. 14.04.1975; Опубл. 25.11.1976. – Бюл. № 43.

54. Исследование инфразвуковых шумов промысловых судов // Промышленное рыболовство. ТИПРО – 1976. – Вып. 6 (Китлицкий В.С., Федосеенков В.С., Шибков А.Н.) – С. 134-136.

55. Физические характеристики звуков некоторых видов рыб Тихого океана. // Вопросы судостроения. – Л.: 1975. – № 5 (Непрошин А.Ю., Протасов В.Р.) – С. 95-99.

56. Звуки некоторых морских животных // Вопросы судостроения. – Л.: 1975. – № 5 (Шибков А.Н.) – С. 105-110.

57. Звуки сельди и способ их имитации. // Вопросы судостроения. – Л.: 1975. – № 5 (Ковыза Г.А.) – С. 111-114.

58. Акустический излучатель: А.С. 479497 СССР / Ю.А. Кузнецов, Г.А. Ковыза – № 1732929; Заявл. 04.01.1972; Опубл. 05.08.1975. – Бюл. № 29.

59. Некоторые рекомендации для постановки исследований в области промысловой биоакустики (технические и биофизические задачи) // Промышленное рыболовство. ТИПРО. – 1975. – Вып. 5. – С. 3-18.

60. К вопросу моделирования искусственных звуковых раздражителей промысловых рыб // Промышленное рыболовство. ТИПРО – 1975. – Вып. 5 (Гордеева Е.Г., Тихомиров А.М.) – С. 19-27.

61. Звуки белухи и влияние их на поведение лососей р. Амур // Промышленное рыболовство. ТИПРО – 1975. – Вып. 5 (Китлицкий В.С., Непрошин А.С., Шибков А.Н.) – С. 36-40.

62. Испытания опытной модели пневмоизлучателя в условиях промысла // Промышленное рыболовство. ТИПРО – 1975. – Вып. 5 (Ковыза Г.А.) – С. 61-69.

63. К вопросу о влиянии шумов промысловых судов на поведение тунцов // Промышленное рыболовство. ТИПРО – 1975. – Вып. 5 (Китлицкий В.С.) – С. 74-80.



64. Пневмоизлучатель для управления поведением охотоморской сельди. // Акустические методы и средства исследования океана: Тез. докл. I Всесоюзн. конф. – Владивосток: ДВПИ, 1974 (Ковыза Г.А.). – С. 184-187.

65. Испытания имитаторов звуков дельфинов на кошельковом лове скумбрии // Промышленное рыболовство. ТИНРО. – 1973. – Вып. 4 (Китлицкий В.С.) – С. 114-118.

66. Характеристики некоторых звуков, издаваемых тихоокеанской сельдью // Известия ТИНРО. – 1972. – Т. 84, (Ковыза Г.А.) – С. 157-160.

67. Способ имитации звуков дельфинов-белобочек при кошельковом лове рыбы. // Промышленное рыболовство. ТИНРО. – 1972. – Вып. 3 (Китлицкий В.С., Попов А.С.). – С. 89-99.

68. Некоторые вопросы промысловой биоакустики. // Рыбное хозяйство. – М.: 1971. – № 10. – С. 35-38.

69. Способ снижения шумов, производимых рыбопромысловым судном: А.С. 302276 СССР / Ю.А. Кузнецов. – № 1405654; Заявл. 13.02.1970.

70 Влияние воздушно-пузырьковых завес на поведение рыб. // Рыбное хозяйство. – М.: 1969. – № 9 – С. 53-55, и № 10 – С. 48-50.

71 К вопросу об использовании воздушно-пузырьковых завес в рыбном хозяйстве // Рыбное хозяйство. – М.: 1968. – № 2 – С. 48-50.

72. Поведение рыб в зоне действия воздушно-пузырьковых завес. // Сб. докл. Всесоюзной конф. «Поведение рыб в связи с техникой и тактикой промысла». – Мурманск: ПИНРО, 1968. – С. 16-21.

73. К вопросу физиологического воздействия некоторых физических раздражителей на рыб. // Известия ТИНРО. – Владивосток, 1968. Т. 70. – С.335-340.