

Министерство сельского хозяйства  
Федеральное агентство по рыболовству  
Государственный научный центр Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное научное учреждение  
«ВСЕРОССИЙСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ РЫБНОГО  
ХОЗЯЙСТВА И ОКЕАНОГРАФИИ»  
Тихоокеанский филиал ГНЦ ФГБНУ «ВНИРО» («ТИНРО»)

На правах рукописи



ПОЛЯНИЧКО ВЛАДИМИР ИЛЬИЧ

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДОВ ОЦЕНКИ КОЭФФИЦИЕНТОВ  
УЛОВИСТОСТИ УЧЕТНЫХ ТРАЛОВ И ЗАПАСОВ РЫБ  
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГИДРОАКУСТИЧЕСКИХ СРЕДСТВ**

4.2.6 Рыбное хозяйство, аквакультура и промышленное рыболовство

**АВТОРЕФЕРАТ**

диссертации на соискание ученой степени

кандидата технических наук

Владивосток – 2026

Работа выполнена в Тихоокеанском филиале Государственного научного центра Российской Федерации Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии» (Тихоокеанский филиал ГНЦ РФ ФГБНУ «ВНИРО» («ТИНРО»)), г. Владивосток.

**Научный руководитель: Кузнецов Михаил Юрьевич** – кандидат технических наук, заведующий лабораторией промышленной гидроакустики, технологий лова и технических средств аквакультуры Тихоокеанского филиала ГНЦ РФ ФГБНУ «ВНИРО» («ТИНРО»)), г. Владивосток.

**Официальные оппоненты:**

**Лисиенко Светлана Владимировна** – доктор технических наук, доцент, профессор базовой кафедры биологической и биохимической инженерии Передовой инженерной школы «Институт биотехнологий, биоинженерии и пищевых систем» Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Дальневосточный федеральный университет» (ФГАОУ ВО «ДВФУ»), г. Владивосток.

**Насенков Павел Владимирович** – кандидат технических наук, заведующий лабораториями кафедры «Промышленного рыболовства» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Калининградский государственный технический университет» (ФГБОУ ВО «КГТУ»), г. Калининград.

**Ведущая организация:**

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет» (ФГБОУ ВО «ДАЛЬРЫБВТУЗ»), г. Владивосток.

Защита состоится «16» июня 2026 г. в 14.00 часов на заседании диссертационного совета 37.2.007.04 на базе ФГБОУ ВО «КГТУ» по адресу г. Калининград, ул. Профессора Баранова, д. 43, зал заседаний диссертационных советов (ауд. 101).

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке и на сайте ФГБОУ ВО «КГТУ» по адресу: [https://klgtu.ru/upload/dissertations/polyanichko/polyanichko\\_diss.pdf](https://klgtu.ru/upload/dissertations/polyanichko/polyanichko_diss.pdf)

Отзывы на автореферат, заверенные гербовой печатью учреждения, следует направлять по адресу: 236022, г. Калининград, Советский проспект, д. 1, ФГБОУ ВО «КГТУ», диссертационный совет 37.2.007.04, ученому секретарю Недоступу А.А., а также на электронный адрес: [nedostup@klgtu.ru](mailto:nedostup@klgtu.ru).

Автореферат разослан « \_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2026 г.

Ученый секретарь  
диссертационного совета 37.2.007.04  
кандидат технических наук, доцент



Недоступ Александр Алексеевич

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность работы.** Оценка состояния эксплуатируемых популяций и установление на этой основе общего допустимого улова (ОДУ) того или иного промыслового вида гидробионтов являются основным способом управления водными биоресурсами и рационального ведения промысла. В связи с этим вопросам повышения точности и достоверности оценки запасов придается большое значение в рыбохозяйственных исследованиях. Широкое распространение на практике получили методы прямого учета биоресурсов в ходе выполнения судовых учетных съемок. В настоящее время на Дальневосточном бассейне такие исследования проводятся в основном с использованием тралового (площадной) и гидроакустического (эхоинтеграционный) методов.

Оценки траловым методом, как и всех площадных методов оценки численности и биомассы рыб через уловы, зависят от коэффициентов уловистости, применяемых при выполнении учетных работ. Данный параметр показывает, какая доля (%) от общего числа облавливаемых рыб данного вида попадает в улов трала и является наиболее критичной. Его определяют прежде всего конструктивные особенности трала, режим траления и поведение самих гидробионтов, не всегда поддающееся учету в существующих математических моделях. Кроме этого, не учитывается реакция рыб на акустическое поле судна, интенсивность которого намного выше, чем буксируемого им орудия лова.

Технология судовых эхоинтеграционных съемок с подкильным расположением антенн эхолота также не учитывает эффекты влияния шумового поля судна на акустические оценки плотности рыб. Применение некорректных величин коэффициента уловистости и отсутствие достоверной информации о естественном пространственном распределении и плотности исследуемых видов рыб может привести к существенному искажению оценок их запасов. В таких условиях требования, предъявляемые к используемым методикам оценки запасов рыб, постоянно возрастают, а их совершенствование в настоящее время является актуальной проблемой. Особую значимость имеет учет характеристик поведения и распределения рыб в шумовом поле судна и использование для этих целей современных инструментальных методов и средств измерений.

**Степень разработанности темы.** Вопросам изучения уловистости орудий лова (включая трал) и влияния шумового поля судна на поведение и оценки запасов рыб в рыбохозяйственной науке посвящено большое количество работ многих отечественных и зарубежных ученых, в том числе Ф.И. Баранова, В.А. Ионаса, А.И. Трещева, В.Н. Войничайнис-Мирского, В.Н. Честного, Ю.В. Кадильникова, А.В. Засосова, Ю.С. Сергеева, А.Л. Фридмана, М.М. Розенштейна, В.К. Короткова, М.Л. Зафермана, Ю.А. Изнанкина, В.Н. Мельникова, О.М. Лапшина, М.Ю. Кузнецова, О.Н. Кручинина, А.И. Шевченко, М.А. Мизюркина, Е.Г. Норинова, J.E. Paloheimo, G.R. Morgan, D.G. Chapman, C.J. Walters, R. Vabø, K. Olsen, M. Soria, A.N. Popper, E. Ona, D.A. Mann, N.J. Williamson, N.O. Handegard, O.R. Godø, A. De Robertis и др. Несмотря на значительное количество исследований в данной области, каждый из применяемых методов обладает существенными недостатками и не может считаться оптимальным. В современной практике оценки рыбных запасов до сих пор применяются фиксированные значения коэффициентов уловистости, получен-

ные экспертно или рассчитанные с использованием методологически некорректных подходов, требующих в настоящее время пересмотра.

Судно не включено в состав учетной рыболовной системы и является потенциальным источником погрешности оценки запасов рыб гидроакустическим и траловым методами. При оценке обилия влияние шумов судна должно быть оценено и учтено в виде поправок, компенсирующих потери энергии отраженного сигнала при эхоинтеграционной оценке запасов и изменения плотности рыб в протраленном объеме при определении коэффициента уловистости учетного трала.

**Цели и задачи.** Цель диссертационной работы – выработать новый подход по определению коэффициентов уловистости учетных тралов и выявлению влияния шума судна на поведение и оценки запасов рыб с использованием гидроакустических средств и информационных технологий.

Для реализации поставленной цели необходимо было решить следующие задачи:

- рассмотреть имеющиеся методы оценки запасов биоресурсов и определения коэффициента уловистости траловых учетных систем, выявить погрешности этих методов и предложить способы их устранения;
- обобщить данные об особенностях поведения рыб в различных зонах промысловой системы «судно–трал» и факторах, влияющих на поведение рыб и уловистость траловых рыболовных систем;
- разработать методику измерений и алгоритм расчета коэффициента уловистости учетных тралов с использованием судового подкильного гидроакустического комплекса;
- разработать методику экспериментальной оценки реакции рыб на шумовое поле судна с использованием мобильного гидроакустического комплекса;
- выявить и оценить характеристики пространственного распределения минтая и реакции избегания им шумового поля судна;
- оценить коэффициенты уловистости минтая Охотского моря в составе учетной рыболовной системы «судно–трал»;
- разработать математическую модель поведения рыб в шумовом поле судна.

#### **Научная новизна работы**

1. Научно обоснована и разработана методика инструментальной оценки коэффициентов уловистости тралов с использованием стационарных и мобильных средств эхолокации.
2. Продемонстрирована возможность использования гидроакустической аппаратуры для оценки естественного (исходного) распределения и плотности минтая и их изменения по мере приближения судна.
3. Разработана методика экспериментальной оценки реакции рыб на шумовое поле судна с использованием автономного гидроакустического комплекса.
4. Дано уточненное определение «коэффициент уловистости» и выполнены измерения дифференцированных по глубине коэффициентов уловистости минтая Охотского моря в составе учетной рыболовной системы «судно–трал».

5. Получены новые данные о реакции избегания шумового поля судна в виде изменения акустической плотности, глубины и скорости заглубления рыб при приближении судна.

6. Разработана модель двигательного поведения рыб в шумовом поле судна, которая позволяет оценить его влияние на естественное распределение рыб и повысить за счет этого точность эхоинтеграционных и траловых съемок.

**Теоретическая и практическая значимость работы.** Теоретическая значимость работы состоит в разработке алгоритмов использования стационарных и мобильных гидроакустических средств для измерения распределения и плотности рыб в различных зонах промысловой системы «судно–трал», выявлении с их помощью закономерностей поведения и параметров двигательной реакции рыб в шумовом поле судна и разработке на этой основе математической модели поведения рыб для решения задачи повышения точности и достоверности оценки биоресурсов, выполняемой траловым и акустическим методами.

Практическая значимость работы состоит в возможности использования разработанных методов инструментальной оценки коэффициента уловистости тралов и влияния шумового поля судна на поведение рыб в практике ресурсных исследований. Внедрение в алгоритм оценки запасов минтая дифференцированных по глубине коэффициентов уловистости и поправок на реакцию избегания шумового поля судна, измеренных с использованием прецизионных гидроакустических средств согласно научно обоснованным методикам, позволит получать более точные величины численности и биомассы этого вида рыб в процессе учетных съемок. Разработанные методики являются универсальными для инструментальной оценки коэффициентов уловистости и реакции на шумовое поле судна всех других образующих протяженные скопления пелагических видов рыб.

Разработанная модель поведения рыб и программные средства обработки гидроакустической информации являются одновременно инструментом оценки и описания множества ситуаций не только в практике ресурсных съемок, но и на промысле. Используя их, можно выбирать оптимальные режимы траления по горизонтам глубины и вариаций объекта лова по размерам и плотности скоплений, а также сравнивать результативность промысла судов по водоизмещению и мощности, орудий лова по размерам и скорости траления.

**Методология и методы исследования.** В работе использованы методы и средства дистанционного акустического зондирования водной среды, имеющие прецизионные характеристики, компьютерные программы визуализации и обработки гидроакустической информации, гидроакустический эхоинтеграционный метод измерения плотности рыб, статистический анализ результатов натуральных экспериментов, методы математического моделирования.

#### **Положения, выносимые на защиту**

1. Инструментальный метод оценки коэффициента уловистости тралов с использованием стационарных (подкильных) средств эхолокации.

2. Инструментальный метод оценки реакции рыб на шумовое поле судна с использованием автономного гидроакустического комплекса.

3. Экспериментальные оценки дистанции реагирования минтая и реакции избегания шумового поля судна.

4. Экспериментальные оценки дифференцированных по глубине коэффициентов уловистости минтая в составе учетной рыболовной системы «судно–трал».

5. Модель двигательного поведения рыб в шумовом поле судна.

**Степень достоверности и апробация результатов.** Достоверность результатов исследования подтверждается обоснованным выбором калиброванных высокоточных измерительных систем, применением современных компьютерных технологий визуализации и обработки получаемых данных, корректностью разработанных методов инструментальных исследований, большим объемом акустических измерений и экспериментальных данных, соответствием выявленных закономерностей и параметров поведения рыб модельным оценкам.

Основные результаты и положения диссертации докладывались на ежегодных отчетных сессиях научных подразделений Тихоокеанского филиала ГНЦ РФ ФГБНУ «ВНИРО» («ТИНРО»), а также представлялись на международных и национальных конференциях как в очной, так и в заочной форме.

Результаты исследований внедрены в образовательный процесс ФГБОУ ВО «Дальрыбвтуз» при подготовке бакалавров (направление 35.03.09 «Промышленное рыболовство») по дисциплине «Биофизические основы рыболовства».

**Публикации.** Основные результаты диссертационного исследования изложены в 30 работах (в 28 публикациях и 2 объектах интеллектуальной собственности), в том числе 11 – в изданиях из перечня российских рецензируемых научных журналов ВАК Минобрнауки России, 2 свидетельства о регистрации программы для ЭВМ, 12 – в материалах конференций.

**Личный вклад автора.** Непосредственное участие в разработке методики инструментальной оценки коэффициента уловистости траловых комплексов с использованием подкильных эхолотов; разработка методики экспериментальной оценки реакции рыб на шумовое поле судна с использованием автономного гидроакустического комплекса; экспериментальные работы по оценке реакции рыб на шумовое поле судна; сбор первичных акустических данных; обработка и анализ полученных данных; участие в разработке алгоритма и апробации математической модели поведения рыб.

**Структура и объем работы.** Диссертация состоит из введения, 5 глав, заключения, включающего основные результаты и практические рекомендации по их использованию, библиографического списка. Общий объем диссертации составляет 190 страниц машинописного текста, 53 рисунка, 6 таблиц и 4 приложения. Список использованных источников состоит из 283 работ, 93 работы принадлежат иностранным авторам.

**Благодарности.** Автор выражает искреннюю благодарность научному руководителю, к.т.н. М.Ю. Кузнецову за неоценимую помощь в формировании структуры диссертационной работы, подборе теоретического материала, за разработку алгоритмической части экспериментальных работ, И.А. Убарчуку за разработку программного обеспечения, используемого в данном исследовании, В.И. Шевцову и Е.В. Сыроваткину за помощь в проведении экспериментальных работ.

## ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

**Во введении** обосновывается актуальность темы диссертации, сформулированы цели исследования, научная новизна, степень разработанности темы, приведены степень достоверности и апробации результатов исследования, теоретическая и практическая значимость работы, а также указаны методы исследования.

**В первой главе «Анализ существующего состояния и развития методов прямого учета запасов рыб и оценки уловистости»** дается анализ применяемых методов определения коэффициента уловистости траловых учетных систем и оценки биоресурсов на основе научно-технической литературы, «механистический» и «поведенческий» подходы к определению коэффициента уловистости, траловый и тралово-акустический методы выполнения учетных работ, погрешности оценки запасов, определяются слабые и неизученные аспекты проблемы, обосновывается цель и задачи исследований.

**Во второй главе «Анализ факторов, влияющих на поведение рыб и уловистость траловых рыболовных систем»** обобщаются данные об особенностях поведения рыб в различных зонах промысловой системы судно–трал, анализируются эффекты влияния шумового поля судна на поведение и оценки запасов рыб, уточняются методические погрешности оценки коэффициента уловистости и способы их устранения.

**В третьей главе «Материалы и методы экспериментальных исследований»** описываются разработанные методики инструментальной оценки уловистости учетных тралов и реакции рыб на шумовое поле судна с использованием стационарных и мобильных средств дистанционного гидроакустического зондирования.

### *Методика оценки коэффициента уловистости учетных тралов с использованием подкильного гидроакустического комплекса*

Экспериментальный метод оценки уловистости учетных траловых комплексов состоит в инструментальном определении плотности скопления рыб в обловленной зоне и сравнении ее с уловом трала. Работы включали эхоинтеграционные измерения плотности рыб в слое траления под судном (т. е. до начала воздействия орудия лова) с помощью научного эхолота EK-60 Simrad и последующий пересчет фактического улова трала в эквивалентные акустические единицы плотности в протраленном (обловленном) объеме. Протраленным объемом в данном случае является объем воды, процеженный тралом за время траления в сечении его устья по верхней и нижней подборе, т. е. произведение площади поперечного сечения устья трала на его горизонтальную протяженность (пройденное тралом расстояние).

Геометрические параметры трала регистрировались с помощью кабельной системы контроля трала FS20/25 Simrad. Программное обеспечение системы FS20/25 позволяет записывать в файлы и затем воспроизводить эхограммы профиля трала в реальном масштабе времени. Площадь устья трала измерялась с помощью инструмента, встроенного в программное обеспечение тралового зонда FS 20/25.

Программные средства оценки коэффициента уловистости трала реализованы в виде дополнительного модуля программы «SALTSE». Программа позволяет загрузить на эхограмме протраленный слой (рисунок 1). Для построения слоя программа использует

данные с тралового зонда FS20/25 о глубине верхней подборы и вертикальном раскрытии трала. Далее выполняется процедура оценки  $S_{A(AC)}$  – коэффициента обратного поверхностного рассеяния ( $\text{м}^2/\text{миля}^2$ ) в протраленном слое методом эхоинтегрирования, который используется в расчетах как акустическая оценка плотности скопления. При расчётах в программе учитывается отставание трала от судна, вычисляемое по суммарной длине ваеров и кабелей и глубине хода трала.

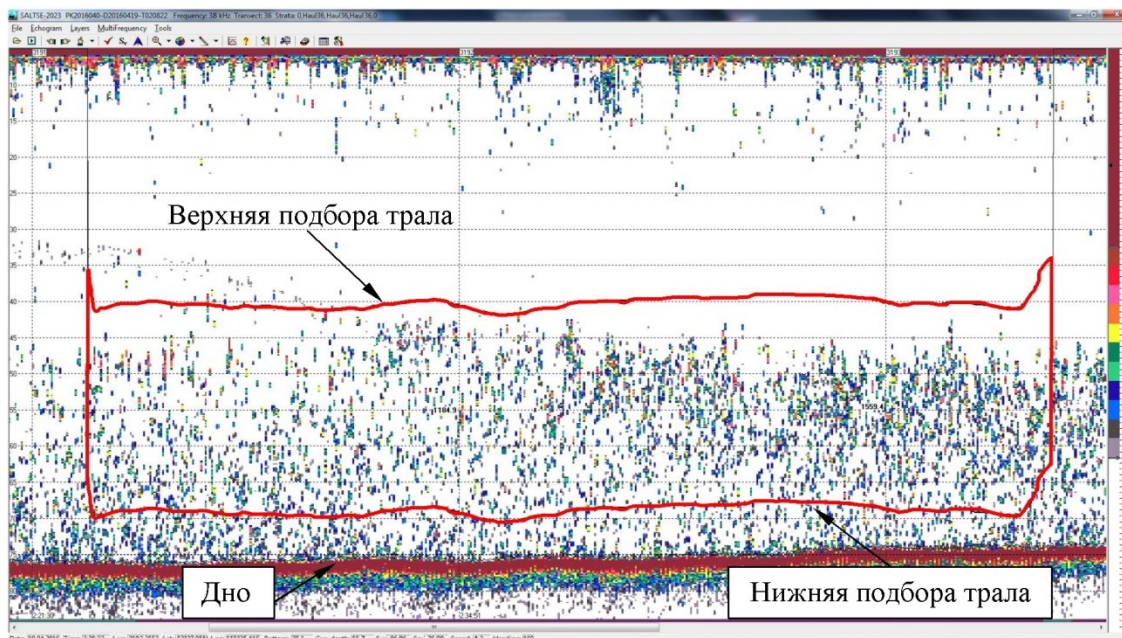


Рисунок 1 – Фрагмент эхограммы в режиме обработки с загруженным слоем траления по данным с FS20/25

При загрузке тралового вылова в протраленный слой программа рассчитывает с учетом известных данных об отражательной способности (силе цели) составляющих его гидробионтов суммарное для каждого объекта поперечное сечение рассеяния ( $\sigma$ ). Далее с целью сопоставления акустических и траловых данных в одних единицах полученные значения  $\sigma$  улова пересчитываются в эквивалентные акустические единицы плотности  $S_{A(ТР)}$  ( $\text{м}^2/\text{миля}^2$ ):

$$S_{A(ТРj)} = \frac{\sum_i (N_{ij} \times \sigma_{ij}) \times 1852}{L_{\text{гор}} \times \frac{\pi}{4} \times D_{\text{тр}}}, \quad (1)$$

$$\sigma_{ij} = 4\pi \times 10^{0,1 \times TS_j(L_i)}, \quad (2)$$

где  $i$  – индекс размерного ряда рыб;  $j$  – индекс вида рыбы;  $N_{ij}$  – количество особей  $j$ -го вида  $i$ -й размерной группы в улове, экз.;  $\sigma_{ij}$  – поперечное сечение рассеяния единичной рыбы  $j$ -го вида  $i$ -й размерной группы,  $\text{м}^2$ ;  $L_{\text{гор}}$  – измеренное горизонтальное раскрытие трала, м;  $D_{\text{тр}}$  – пройденное тралом расстояние, м;  $L_i$  – зоологическая длина рыбы  $i$ -й размерной группы, см;  $TS_j$  – сила цели рыб  $j$ -го вида:

$$TS_j(L_i) = a_j \log_{10}(L_i) + b_j, \quad (3)$$

где  $a_j$  и  $b_j$  – коэффициенты регрессии для рыб  $j$ -го вида, значения которых определяют экспериментально по результатам измерения силы цели *in situ* (для минтая Охотского моря  $TS = 20 \log_{10}(L_i) - 69$ ).

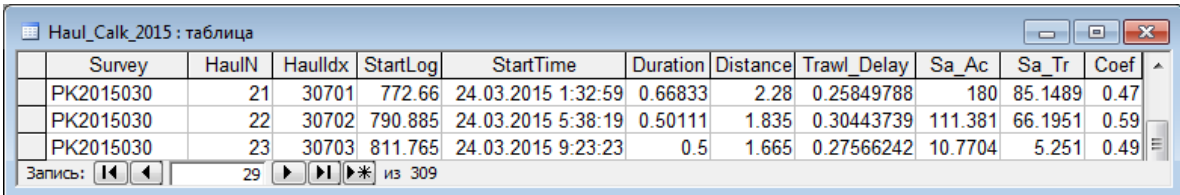
Суммарная акустическая плотность всех рыб в трале:

$$S_{A(TP)} = \sum_j S_{A(TPj)} \cdot \quad (4)$$

Из отношения, рассчитанного по фактическому улову в протраленном объеме  $S_{A(TP)}$  и измеренного в слое траления под судном  $S_{A(AC)}$ , получаем искомый коэффициент уловистости:

$$K_y = \frac{S_{A(TP)}}{S_{A(AC)}} \cdot \quad (5)$$

Результаты вычислений отображаются в базе данных (БД) «SALTSE» (рисунок 2). При таком подходе устраняется методическая ошибка предыдущих исследований, поскольку измерения плотности рыб выполняются не в зоне действия тралового комплекса, а перед ним, т. е. до начала реагирования рыб на приближающиеся его элементы.



Survey	HaulN	HaulIdx	StartLog	StartTime	Duration	Distance	Trawl_Delay	Sa_Ac	Sa_Tr	Coef
PK2015030	21	30701	772.66	24.03.2015 1:32:59	0.66833	2.28	0.25849788	180	85.1489	0.47
PK2015030	22	30702	790.885	24.03.2015 5:38:19	0.50111	1.835	0.30443739	111.381	66.1951	0.59
PK2015030	23	30703	811.765	24.03.2015 9:23:23	0.5	1.665	0.27566242	10.7704	5.251	0.49

Рисунок 2 – Окно с результатами выборки в БД «SALTSE»

Однако распределение рыб под судном, буксирующим трал, тоже не является естественной агрегацией, поскольку при своем движении судно создает под водой шумовое поле, которое распространяется во все стороны от источника и может оказывать влияние на поведение рыб впереди судна.

*Методика экспериментальной оценки реакции рыб на шумовое поле судна с использованием автономного гидроакустического комплекса*

Погрешность вышеприведенной методики измерений уловистости заключается в том, что не учитывается реакция рыб на шумовое поле впереди судна. По сути, мы оцениваем реакцию рыб, оставшихся под судном и в шумовом поле гребного винта, где их пространственное распределение (плотность) уже отличается от исходного (естественного). Реакция избегания и искажение за счет этого естественной концентрации рыб на пути судна могут служить источником погрешности и эхоинтеграционной оценки запасов. Причем если ошибка траловых измерений в какой-то степени компенсируется используемыми коэффициентами уловистости трала, то эффекты влияния шумового поля судна на акустические оценки плотности рыб в настоящее время никак не учитываются.

Измерения должны выполняться с использованием аналогичного установленному на судне средства вертикальной эхолокации на расстояниях, превышающих дистанцию реагирования рыб на шум судна (рисунок 3, зона 1), а плотности, измеренные в слое траления под судном, соответствующим образом корректироваться с учетом их изменения относительно исходной. Коэффициент уловистости при таком подходе будет оцениваться как отношение количества пойманных рыб в трале к количеству рыб, находившихся в зоне захвата трала (в протраленном объеме) при естественном их распределении, т. е. до начала воздействия на рыб шумового поля судна и буксируемого им орудия лова (рисунок 3, зона 1 + зона 2).

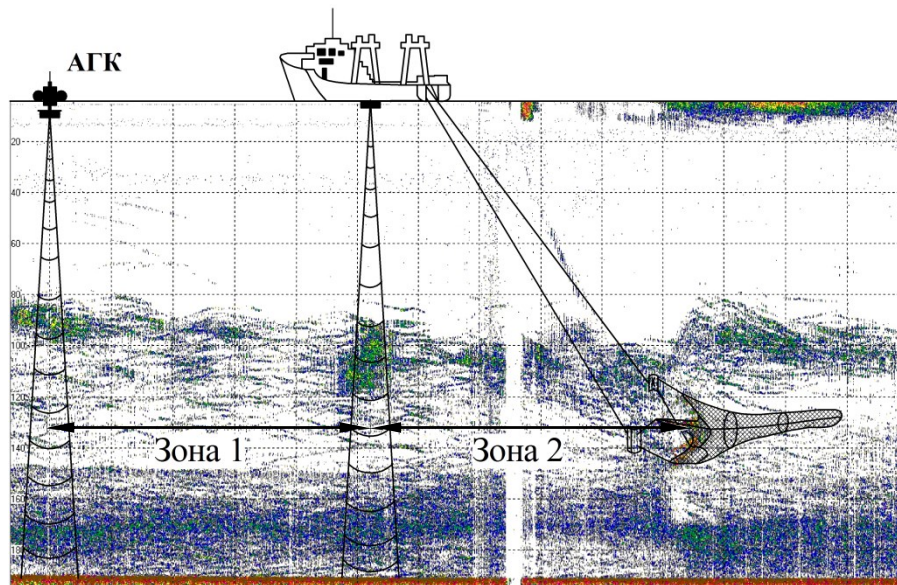


Рисунок 3 – Схема измерения естественной плотности рыб и уловистости учетной промысловой системы судно-трал

Для проведения работ был сконструирован автономный гидроакустический комплекс (АГК), который оборудован портативным научным эхолотом EK-60 Simrad вертикальной локации, источником питания, системой связи с судном и GPS (рисунок 4). Запуск АГК производится с борта судна по Wi-Fi, и комплекс работает в режиме автоматического сбора акустических и навигационных данных.

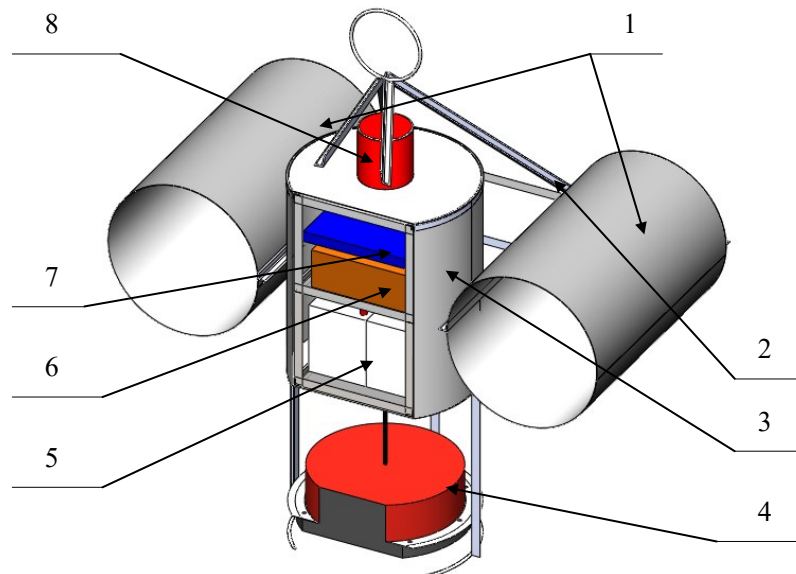


Рисунок 4 – Внешний вид и устройство автономного плавучего гидроакустического комплекса (АГК): 1 – понтоны; 2 – подъемная ферма; 3 – приборный отсек; 4 – антенна эхолота (38 кГц); 5 – аккумуляторные батареи; 6 – приемопередатчик эхолота; 7 – ноутбук; 8 – антенна Wi-Fi

Избегательная (оборонительная) реакция рыб заключается в уходе от источника раздражения при его приближении или в изменении горизонта своего обитания или в том и другом одновременно. Поэтому реакция рыб на шум судна оценивалась по изменению силы обратного поверхностного рассеяния  $s_A$  (плотности рыб) и глубины расположения рыб до и после прохождения судна мимо АГК. Судно проходит поочередно левым и правым бортами по прямой линии мимо АГК, с которого производятся акустиче-

ские измерения плотности и вертикального распределения рыб. Дистанция между судном и АГК в точке максимального сближения (ТМС) варьируется от 10 до 20 м (АГК на траверзе судна). Время между проходами составляло не менее 30 мин для восстановления фонового состояния рыбы.

В режиме обработки эхограмм «SALTSE» измеряются коэффициент поверхностного рассеяния  $S_{A(\text{галс})}$  ( $\text{м}^2/\text{миля}^2$ ) и средневзвешенные глубины распределения рыб  $H_{(\text{галс})}$  (м) в течение 1- или 2-секундных интервалов интегрирования (5 или 10 м горизонтального расстояния) во время каждого прохода судна и фоновых значений  $S_{A(\text{фон})}$  и  $H_{(\text{фон})}$ , измеренных до прохождения точки «Старт» (перед началом галса). Изменение плотности (рассеяния) и заглубления рыб при проходе судна оценивается по отношению  $S_A$  и  $H$  на галсе к фоновому значению как коэффициенты избегания судна  $K_{(\text{изб})}$  и заглубления  $K_{(\text{глуб})}$ :

$$K_{(\text{изб})} = \frac{S_{A(\text{галс})}}{S_{A(\text{фон})}}, \quad (6)$$

$$K_{(\text{глуб})} = \frac{H_{(\text{галс})}}{H_{(\text{фон})}}. \quad (7)$$

В результате получаем зависимости коэффициента избегания  $K_{(\text{изб})}$  (изменения плотности скоплений минтая в точке максимального сближения судна с АГК относительно исходной плотности) в поддиапазонах глубин. Умножая коэффициенты избегания  $K_{(\text{изб})}$ , измеренные в зоне 1, на соответствующие коэффициенты уловистости ( $K_y$ ), рассчитанные в слое траления под судном (см. рисунок 3, зона 2), получаем результирующие или интегральные коэффициенты уловистости ( $K_{(\text{интегр})}$ ) по слоям глубины:

$$K_{(\text{интегр})} = K_y \times K_{(\text{изб})}. \quad (8)$$

Методики позволяют на первом этапе измерять коэффициент уловистости учетного трала из отношения рассчитанной по улову и измеренной в слое траления под судном плотности рыб, а на втором – сквозной или результирующий коэффициент уловистости учетной системы «судно–трал», минуя все промежуточные оценки и связанные с ними неопределенности и просчеты.

**В четвертой главе «Экспериментальные исследования реакции рыб и коэффициента уловистости трала с использованием гидроакустических технологий»** представлены результаты экспериментов по исследованию избегательного поведения рыб *in situ* на примере минтая Охотского моря и оценки коэффициента уловистости разноглубинного учетного трала РТ/ТМ 57/360 по предложенной выше методике.

#### *Результаты первого этапа экспериментов*

Акустические данные собраны в ходе проведения комплексных экспедиций в Охотском море на НИС «Профессор Кагановский» проекта «Атлантик–833» в весенний период 2012–2016 гг. В качестве объекта исследований выбран минтай *Gadus chalcogrammus* – наиболее распространенный в Северной Пацифике и, соответственно, часто встречающийся в уловах промысловый вид.

В результате обработки было отобрано более 600 фрагментов эхограмм тралений, удовлетворяющих условиям одновидового состава скоплений (не менее 95 % минтая в улове) и разрешения по глубине. Для каждого фрагмента эхограмм были получены оценки коэффициента уловистости учетного трала РТ/ТМ 57/360 как отношение рассчитанной по улову к измеренной в слое траления под судном акустической плотности минтая (рисунок 3, зона 2). Полученные оценки усредняли в поддиапазонах глубин с интервалом 50 м (рисунок 5). Значения коэффициента уловистости, минимальные при тралениях в приповерхностных горизонтах, имеют тенденцию относительного роста с глубиной за счет уплотнения рыб на дистанциях реагирования и снижения на глубинах более 200 м.

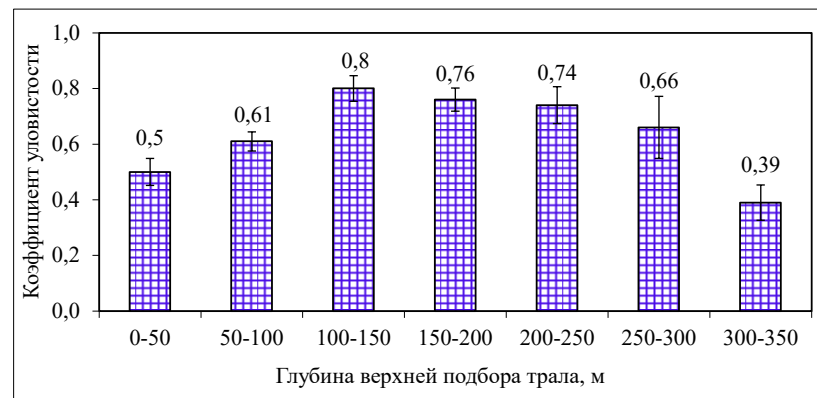


Рисунок 5 – Зависимость коэффициента уловистости минтая от глубины (зона 2)

Кроме этого, выявлены зависимости коэффициента уловистости минтая от его средней длины в улове и от времени суток. Значения коэффициента уловистости имеют тенденцию роста с увеличением длины минтая до 40 см и его снижения у более крупных особей. Эффективность дневных тралений выше ночных в среднем на 10 %.

#### *Результаты второго этапа экспериментов*

Поскольку измерения плотности рыб на первом этапе выполнялись эхолотом под килем судна, влияние гидроакустического шума на уловистость траловой системы учтено лишь частично – в зоне 2 между судном и тралом (см. рисунок 3). Поэтому на следующем этапе исследований были выполнены эксперименты по измерению исходной (естественной) плотности рыб и ее изменения по мере приближения судна.

Типичными для большинства экспериментов являлись уменьшение плотности рыб и заглубление скоплений относительно исходного распределения при приближении судна к АГК, которые заметны даже визуально (рисунок 6).

Обобщенные графики изменения плотности (коэффициента избегания) скоплений минтая в шумовом поле судна представлены на рисунке 7. На расстояниях до судна 180–140 м кривая суммарной плотности имеет тенденцию небольшого начального подъема ( $K_{изб} > 1$ ) и затем устойчивого снижения при дальнейшем его приближении. Увеличение плотности, видимо, вызвано горизонтальными движениями реагирующих вперед по ходу судна и уже находящихся там рыб, за счет чего происходит эффект «толпления» минтая на дистанциях реагирования.

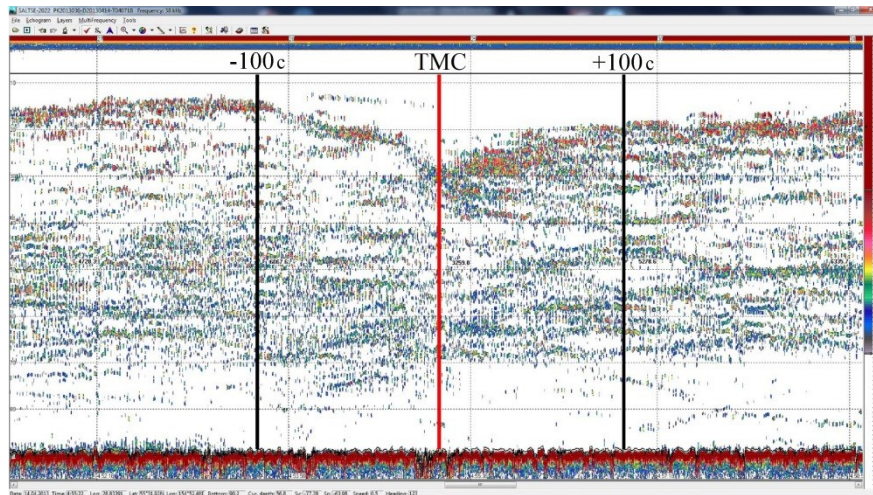


Рисунок 6 – Эхограмма, иллюстрирующая реакцию минтая при прохождении НИС «Профессор Кагановский» мимо АГК

Устойчивое уменьшение суммарной плотности скоплений минтая зафиксировано на горизонтальном расстоянии до судна около 120 м. Сначала это снижение происходит в основном за счет интенсивного рассеяния (бокового избегания) рыб в приповерхностных горизонтах 0–50 м. Затем, по мере приближения судна, снижение плотности наблюдается и в более глубоких слоях 50–100 и 100–150 м. Поскольку реакция рыб сопровождается не только горизонтальным избеганием, но и их заглублением, кривые уменьшения плотности в подповерхностных слоях 50–150 м суммируют эти эффекты и имеют более плоский характер (рисунок 7).

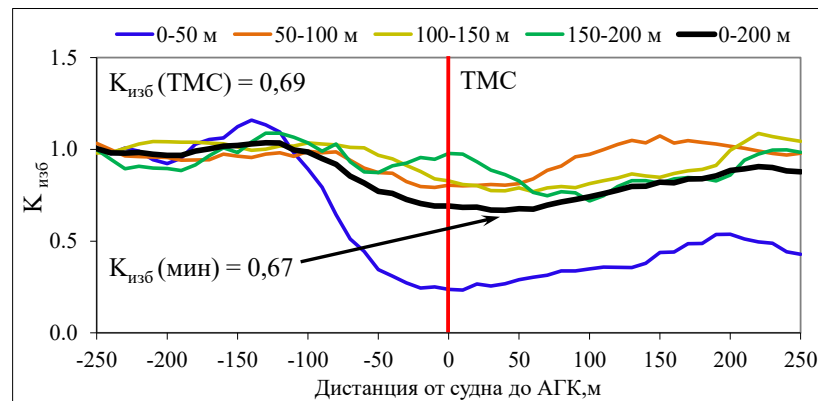


Рисунок 7 – Изменение плотности скоплений минтая ( $K_{изб}$ ) в поддиапазонах глубин в зависимости от дистанции между судном и АГК

Заглубление рыб вызывает последовательное увеличение их плотности в более низких слоях. В результате в диапазоне глубин 150–200 м (т. е. на дистанциях реагирования минтая) вблизи ТМС наблюдается обратный процесс увеличения плотности скоплений. Это происходит за счет перемещения туда рыб из верхних горизонтов аналогично «толплению» минтая впереди судна.

Коэффициент избегания в момент прохода судна мимо АГК (ТМС) на глубинах меньше 100 м по обобщенным данным составил 0,56 (рисунок 8, А). Это означает, что во время съемки занижение измеряемой эхолотом под килем судна плотности и, соответственно, численности рыб в слое 0–100 м может составить более 40 %.

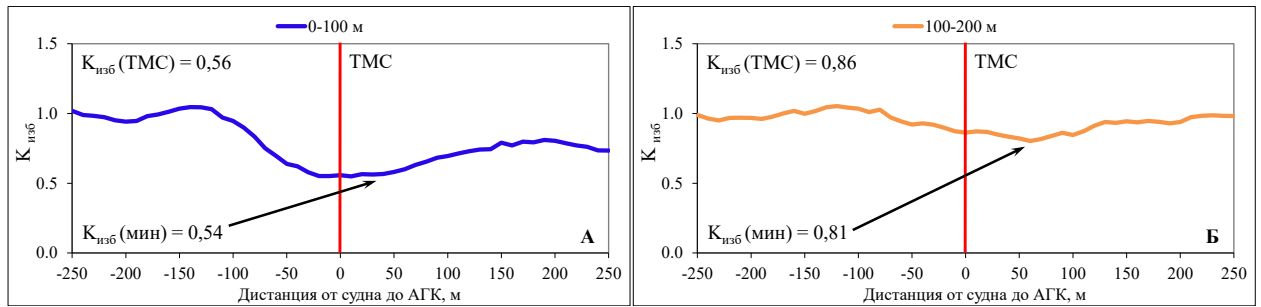


Рисунок 8 – Изменение плотности скоплений минтая ( $K_{\text{изб}}$ ) в зависимости от дистанции между судном и АГК в диапазонах глубин: А – 0–100 м; Б – 100–200 м

В диапазоне глубин от 100 до 200 м (рисунок 8, Б) тенденция уменьшения суммарной плотности скоплений в ТМС за счет заглубления рыб была менее значима –  $K_{\text{изб}} = 0,86$ , т. е. недоучет численности минтая эхоинтеграционным методом не превышал 15 % под судном и 20 % позади судна. Отношение суммарной плотности рыб к фоновой в ТМС во всем диапазоне глубин 0–200 м составило 0,69 (см. рисунок 7).

Обобщенные зависимости скорости заглубления и подъема минтая от дистанции между судном и АГК показаны на рисунке 9. Скорость спуска плавно нарастает от 0,04 до 0,15 м/с между 350 и 150–180 м. На этих дистанциях поведение рыб по уровню шума соответствует первой фазе реакции (горизонтальное избегание отсутствует).

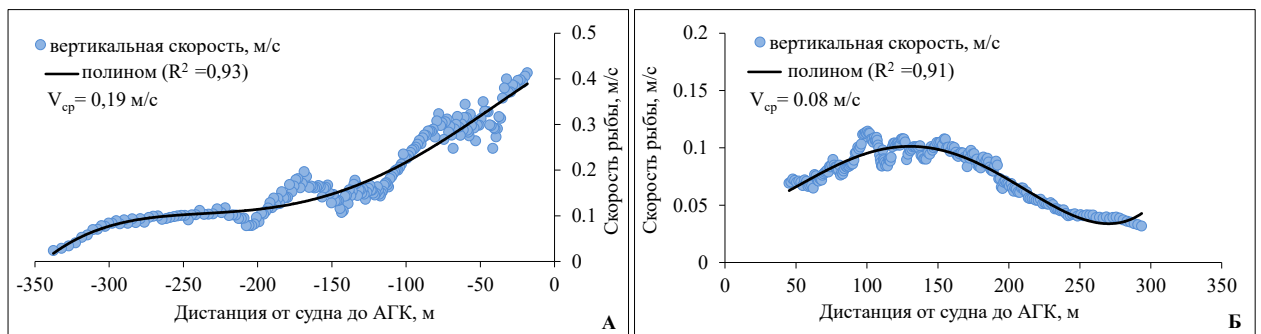


Рисунок 9 – Зависимости скорости заглубления (А) и подъёма (Б) минтая от дистанции между судном и АГК в диапазоне глубин до 100 м

На расстояниях менее 120 м скорость заглубления резко возрастает и на минимальной дистанции от судна становится максимальной – до 42 см/с (на расстояниях менее 50 м средняя скорость 35 см/с). Полученные результаты показывают, что шум судна является сильным раздражителем для рыб. Скорости спуска больше чем на порядок превышают таковые при их естественных вертикальных миграциях.

Получен график изменения суммарной плотности скоплений минтая в ТМС относительно исходной (см. рисунок 3, зона 1) в поддиапазонах глубин, соответствующих среднему вертикальному раскрытию учетного трала РТ/ТМ 57/360 30 м с шагом по глубине 10 м (рисунок 10). Отметим минимальные значения коэффициента избегания в приповерхностных горизонтах. Часть рыб на пути судна в процессе реакции перемещается из верхних горизонтов в нижние, что вызывает увеличение плотности рыб в более глубоком слое. В результате на дистанциях реагирования образуется слой, где плотность скоплений минтая может стать даже выше исходной. За пределами зоны действия шумового поля судна значения плотности рыб приближаются к исходному ( $K_{\text{изб}} = 1$ ).

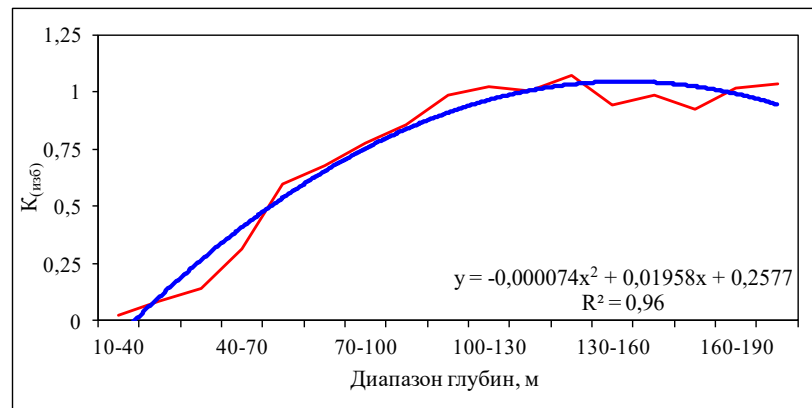


Рисунок 10 – Значения коэффициента избегания ( $K_{изб}$ ) минтая в ТМС (зона 1) в диапазонах глубин траления

Оценки коэффициента уловистости ( $K_y$ ) в зоне 2 (см. рисунок 5) пересчитаны в соответствующие вертикальному раскрытию трала поддиапазоны глубин с шагом 10 м (рисунок 11). Таким образом, были получены значения коэффициентов избегания как отношения плотности скоплений минтая в ТМС к исходной (см. рисунок 10) и оценки коэффициента уловистости учетного трала как отношение количества пойманных рыб в трале к количеству рыб в обловленном объеме под судном (рисунок 11). В результате их простого умножения вычислены значения результирующих (интегральных) коэффициентов уловистости ( $K_{интегр}$ ), в которых учитывается как избегание рыбами шумового поля судна, так и уловистость самого трала (рисунок 12).

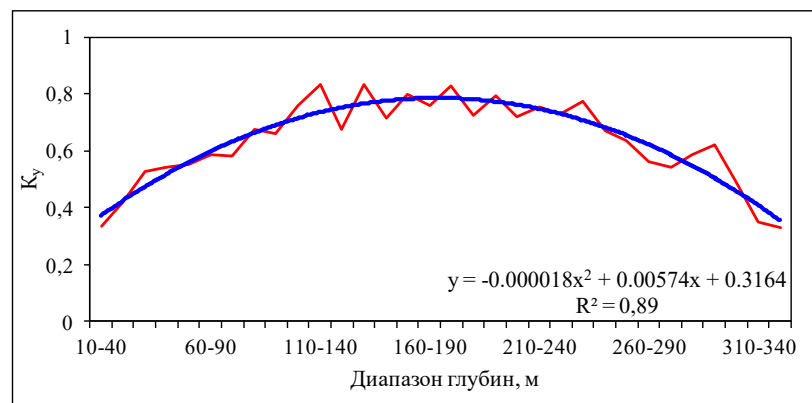


Рисунок 11 – Зависимость коэффициента уловистости ( $K_y$ ) минтая между судном и тралом (зона 2) от глубины траления

Значения дифференцированных по глубине интегральных коэффициентов уловистости хорошо аппроксимируются полиномиальной зависимостью ( $R^2 = 0,92$ ). В приповерхностных горизонтах до 50 м значения коэффициента уловистости минимальны – от 0,01 до 0,17. В диапазоне глубин 50–100 м, где в результате реакции избегания наблюдается наиболее активное перераспределение плотности рыб, коэффициенты уловистости последовательно растут до 0,5 (см. рисунок 10). На дистанциях реагирования значения интегрального коэффициента уловистости варьируют от 0,70 до 0,85 и на глубинах свыше 200 м имеют тенденцию плавного снижения до 0,3–0,4 (см. рисунок 12).

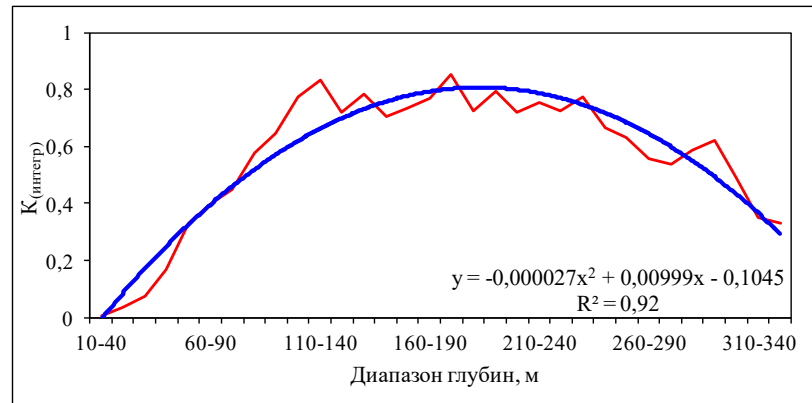


Рисунок 12 – Зависимость интегрального коэффициента уловистости ( $K_{\text{интегр}}$ ) минтая учетным тралом РТ/ТМ 57/360 от глубины траления (зона 1 + зона 2)

Чтобы учесть и компенсировать реакции избегания при проведении тралово-акустических съемок, необходимо иметь информацию о распределении и плотности рыб в любой точке акватории вокруг судна в любой момент времени. Для этого требуется смоделировать двигательное поведение и пространственное расположение рыб в шумовом поле судна. Этому посвящена **пятая глава диссертационной работы «Математическая модель поведения рыб в шумовом поле судна»**.

В качестве входных параметров в модели использованы характеристики акустического поля судна и слуховой чувствительности различных видов рыб, пороги и фазы реакции и плавательные (энергетические) характеристики рыб, а именно: скорость, продолжительность плавания и направление движения (см. таблицу), а также полученные в **четвертой главе** экспериментальные оценки дистанции реагирования, акустической плотности  $s_A$  и скорости погружения рыб во время прохода судна.

#### Входные параметры модели

Параметр	Описание	Величина	Единица измерения
$l_{pj}$	Длина рыбы j-го вида	Задается	м
$V_{vj}$	Вертикальная составляющая скорости движения рыб вида j	0,3÷0,7	м/с
$V_{гj}$	Горизонтальная составляющая скорости движения рыб вида j, в том числе:		
$V_{крj}$	Крейсерская скорость (первая фаза реакции)	$(1 \div 4) \times l_{pj}/c$	м/с
$V_{mj}$	Максимальная (спринтерская) скорость (вторая фаза реакции), где n и m – эмпирические коэффициенты, связанные с видом рыбы	$n \times l_{pj} + m$	м/с
$V_{бj}$	Бросковая скорость (третья фаза реакции)	$(6 \div 30) \times l_{pj}/c$	м/с
$L_{шк}$	Уровень звукового давления шума судна типа k на частоте $f_n$	Рисунок 13	дБ/1 мкПа/1 м
$L_{гi}$	Уровень звукового давления шума в точке расположения i-й рыбы	$L_{шк} - 20 \log_{10} r_i$	дБ/1 мкПа
$L_{cj}$	Слуховой порог рыб вида j на частоте $f_n$	Рисунок 13	дБ/1 мкПа
$L_{рj}$	Порог реакции рыб вида j (первая фаза)	$L_{cj} + (18 \div 35)$	дБ/1 мкПа
$L_{ри}$	Порог реакции избегания рыб (вторая фаза)	$L_{рj} + (10 \div 20)$	дБ/1 мкПа
$V_c$	Скорость судна	Задается	м/с

Должны быть смоделированы уровень шума в точке приема, скорость и направление движения каждой рыбы относительно судна в каждый момент времени при заданных порогах реакции и параметрах энергетической выносливости каждого вида рыб. В начальный момент времени весь массив рыб располагается по горизонтали и вертикали

через равные интервалы дистанции от 1 до 10 м. Рыбы в модели движутся в направлении, противоположном градиенту звукового давления шума. Обобщение данных о слуховых способностях рыб и характеристиках шумового поля судна позволило определить пороги реакции и рассчитать дистанции реагирования различных видов рыб. Пороги определяют фазы реакции рыб: 1 – увеличение двигательной активности; 2 – направленная реакция избегания; 3 – бросковые движения в ближнем акустическом поле судна.

На языке «DeLphi» разработана программа «Noise», которая реализует алгоритм модели поведения рыб в шумовом поле судна (рисунок 13). Программа работает с базой данных «Noise.mdb» (формат Access 2000), в которой заложены все исходные данные и параметры для расчета (см. таблицу). Задавая вид и размер рыбы, тип и скорость движения судна, программа рассчитывает (прогнозирует) горизонтальное и вертикальное положение рыб относительно судна с любым временным интервалом от 0,01 с, т. е. в реальном масштабе времени.

Судно движется вдоль оси  $x$  и как источник шумового поля моделируется точкой с нулевыми значениями координат. Отчетливо видно возмущенную область, где происходят реакция избегания и искажение пространственного распределения рыб. Площадь возмущенной области (зоны реакции рыб) и количество отклонившихся особей существенно сокращаются с глубиной (рисунок 14). Горизонтальные и вертикальные смещения особей, минимизирующие влияние шума, по мере удаления от судна уменьшаются. На краях возмущенной области образуется зона, где плотность реагирующих рыб становится выше исходной. Эта зона формируется как по бокам, так и под килем судна и выглядит как полусфера, радиусом которой является дистанция реагирования рыб (рисунок 14, 15).

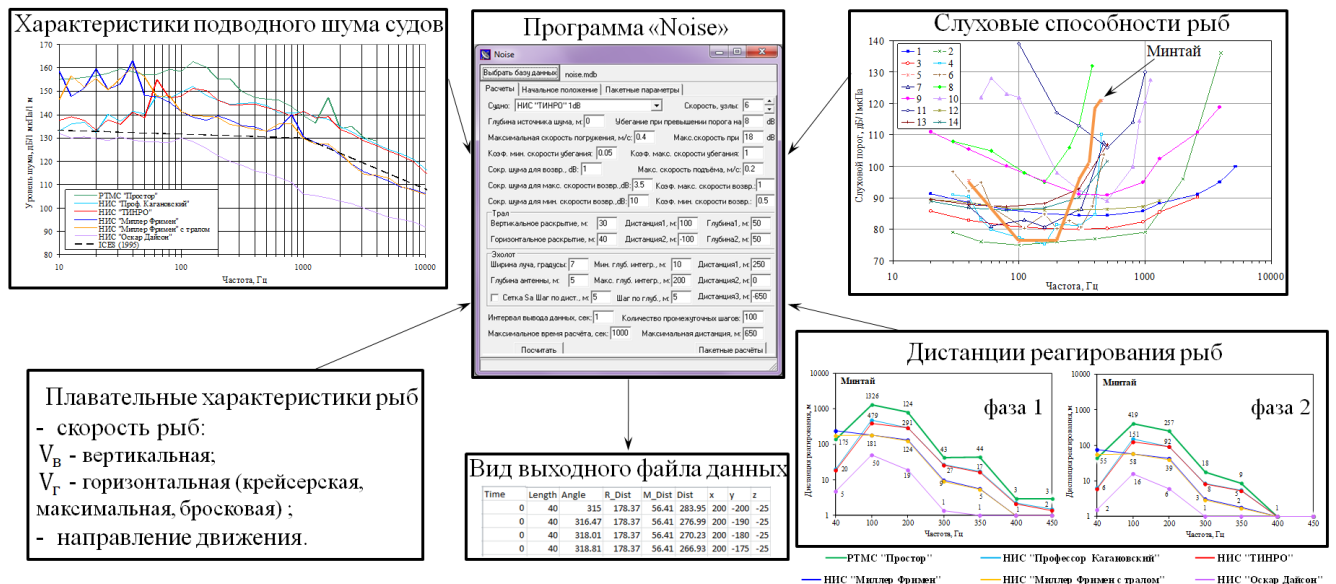


Рисунок 13 – Алгоритмическая схема программы «Noise»

Крупные рыбы с более высокими энергетическими и слуховыми способностями в процессе реакции смещаются дальше от судна и имеют большую площадь возмущения, чем мелкие объекты, что демонстрирует одно из проявлений селективирующего действия шумового поля. Конечное местоположение рыб при разной скорости движения судна различается. Возмущенную область, где происходит реакция избегания, при меньшей

скорости движения судна успевают покинуть значительно больше рыб, чем при более высокой. При этом площадь возмущенной области не меняется (рисунок 14).

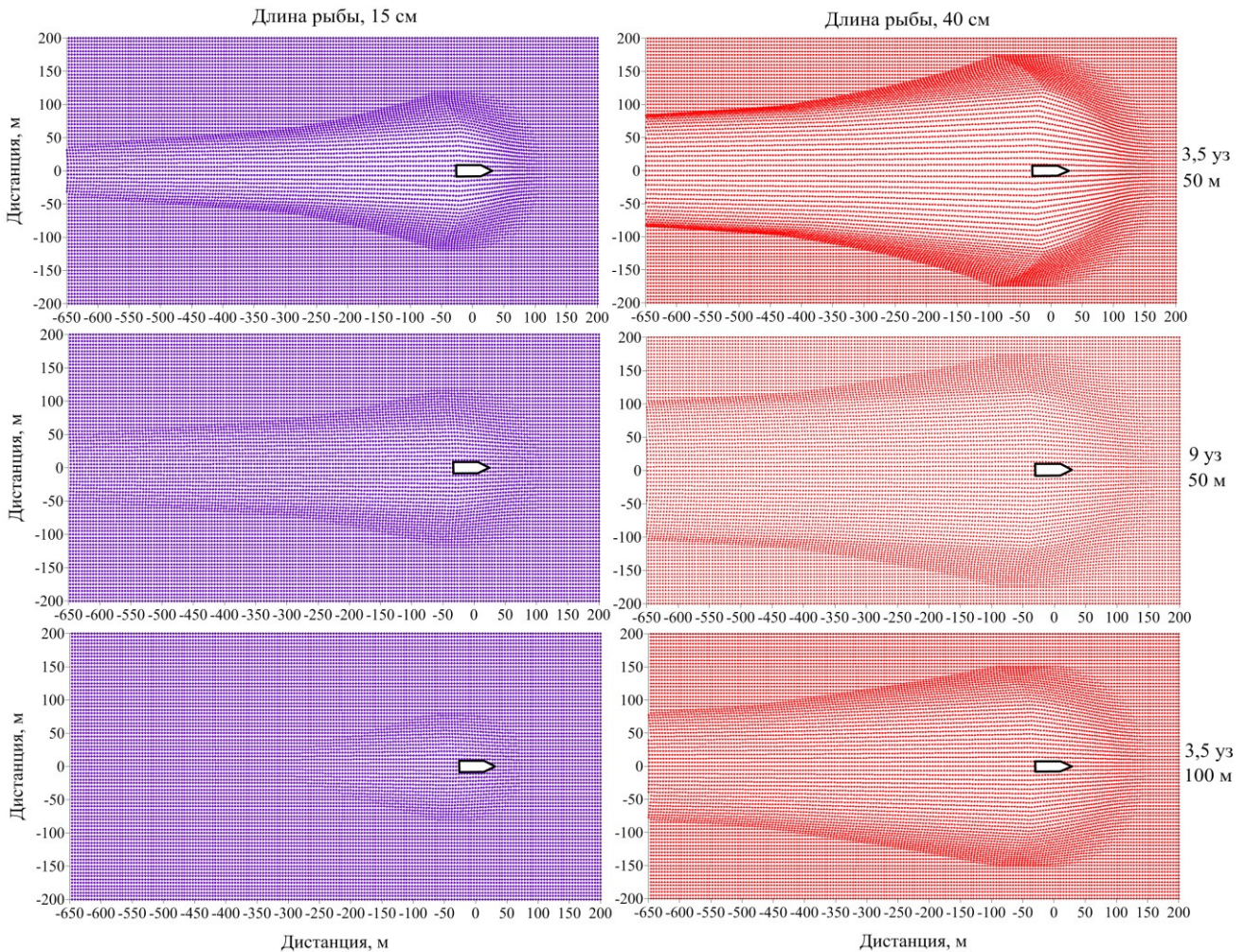


Рисунок 14 – Модель поведения минтая в шумовом поле СТМ типа «Атлантик–833» на глубине 50 и 100 м (вид сверху) для рыб малой (15 см) и большой (40 см) размерной группы при скорости 3,5 и 9,0 уз (судно находится в точке с нулевыми координатами)

В поперечной плоскости множество рыб в шумовом поле судна образует типичную форму туннеля (рисунок 15). Визуально заметны эффекты уменьшения плотности скопления рыб относительно исходной в зоне активной реакции вблизи поверхности и уплотнения (концентрации) минтая в более комфортной зоне по краям туннеля.

Модельная кривая изменения плотности минтая, как и экспериментальная, имеет тенденцию начального подъема за счет горизонтального избегания и уплотнения рыб впереди судна и последующего экспоненциального снижения при его приближении (рисунок 16). Отношение плотности скопления рыб к фоновой в диапазоне глубин 0–100 м в ТМС согласно модели составило 0,53, что очень близко с экспериментальными оценками (0,56). В слое 100–200 м модельные и экспериментальные оценки несколько различаются. Принятое в модели равномерное исходное распределение рыб в экспериментах наблюдалось крайне редко.

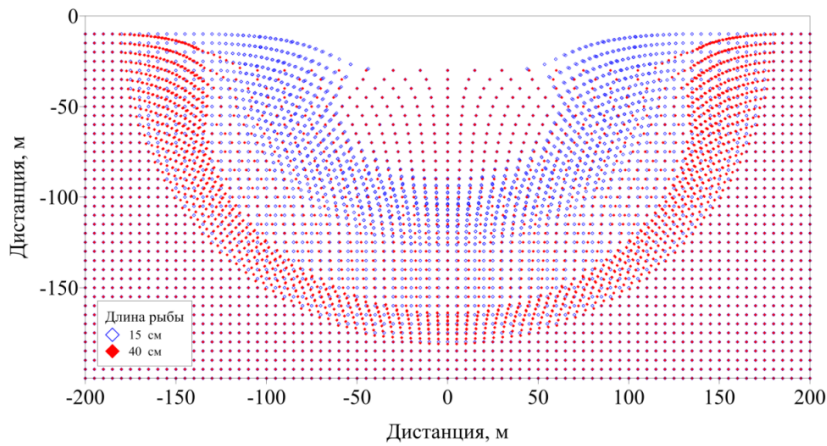


Рисунок 15 – Модель поведения минтая в шумовом поле СТМ типа «Атлантик–833» в поперечном разрезе для рыб малой (15 см) и большой (40 см) размерной группы при скорости судна 3,5 уз (судно находится в точке с нулевыми координатами)

В диапазоне глубин 100–200 м эффекты горизонтального избегания (рассеяния) рыб выражены менее значимо и изменения плотности происходят в основном за счет перемещения туда рыб из верхних горизонтов. В результате при равномерном исходном распределении рыб в модели образуется слой, где плотность минтая может быть выше исходной ( $K_{\text{изб}} > 1$ ).

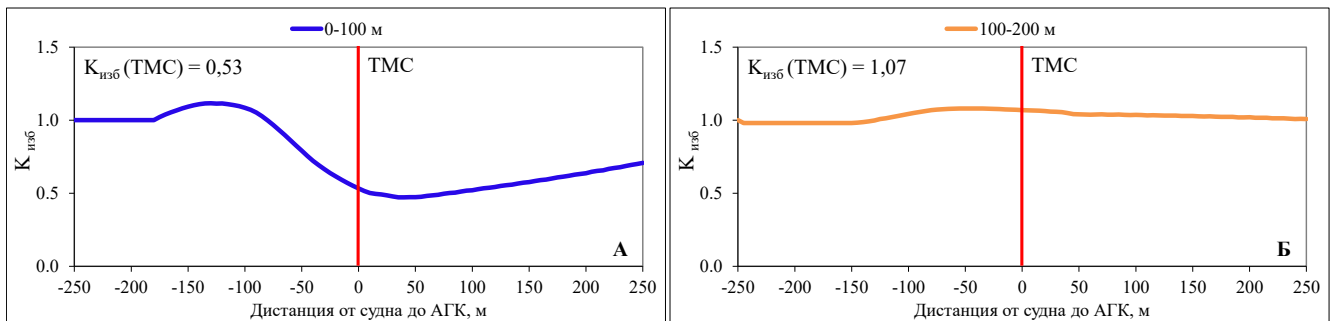


Рисунок 16 – Изменение плотности скоплений минтая ( $K_{\text{изб}}$ ) в зависимости от дистанции между судном и АГК в диапазонах глубин: А – 0–100 м; Б – 100–200 м (модельные оценки)

Программа «Noise» позволяет количественно оценить влияние шумового поля судна на уловистость и селективность учетных тралов. В окне программы задаются тип судна, его скорость, вертикальное и горизонтальное раскрытие трала, длина кабелей и ваеров, глубина хода трала и другие необходимые для расчёта параметры (см. рисунок 13). В базе данных указываются размер рыб и их начальное расположение. Результаты расчета в виде графиков изменения плотности различных размерных групп минтая в предполагаемой зоне захвата трала относительно исходного распределения представлены на рисунке 17. Кроме этого, задавая в настройках программы параметры научного эхолота, можно рассчитать исходное положение и плотность рыб на эхограмме, а также поправки, которые могут быть применены к показаниям эхолота для компенсации потерь энергии эхосигнала (коэффициента обратного поверхностного рассеяния  $S_A$ ) под судном при эхоинтеграционной оценке запасов.

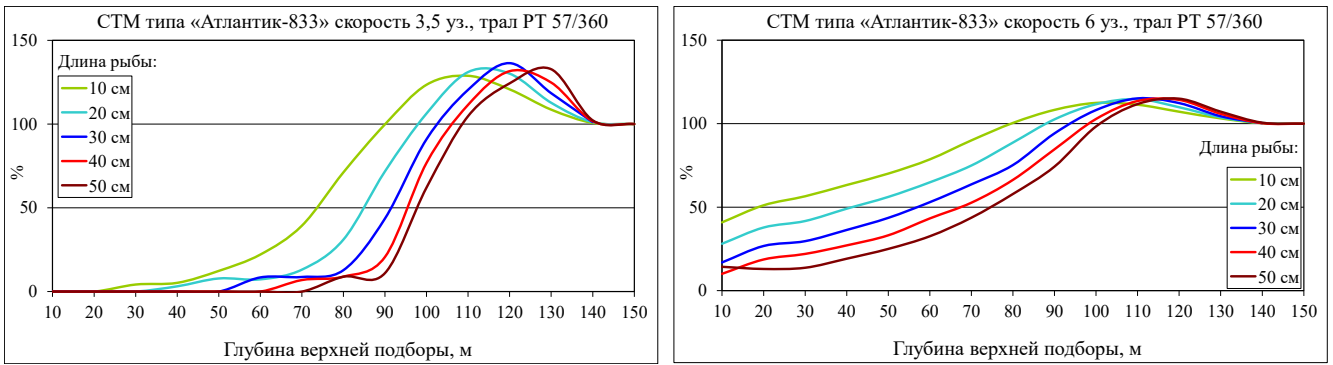


Рисунок 17 – Изменение плотности и размерной структуры минтая в зоне облова трала РТ 57/360 в зависимости от глубины и скорости судна

Согласно модели с увеличением глубины количество рыб в зоне захвата трала (как и экспериментально измеренный коэффициент уловистости) растет за счет перемещения туда части рыб из верхних горизонтов (рисунок 17). В модели применен биофизический принцип селективности, согласно которому крупные рыбы сильнее реагируют на акустические раздражители и имеют более высокие энергетические возможности и локомоции (скорости плавания), чем их молодежь. Поэтому динамика роста плотности рыб в предполагаемой зоне захвата трала и глубины, на которых образуются максимальные концентрации мелкого и крупного минтая, не совпадают. Диапазон глубин 120–180 м согласно модели является оптимальным для промысла минтая судами типа «Атлантик–833», оснащенными разноглубинными тралами РТ/ТМ 57/360 и РТ/ТМ 80/396 (максимальная плотность крупных рыб с минимальным приловом молодежи).

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе научного исследования получены следующие основные результаты.

1. Разработаны методики и вычислительные алгоритмы использования стационарных и мобильных гидроакустических устройств для измерения распределения и плотности рыб в шумовом поле судна.
2. Выявлены закономерности поведения и параметры двигательной реакции минтая, оценено их влияние на эхоинтеграционные оценки запасов и уловистость траловых рыболовных систем.
3. Уточнено понятие коэффициента уловистости как отношение количества пойманных рыб в трале к количеству рыб в протраленном объеме при естественном их распределении, т. е. до начала воздействия на рыб шумового поля судна и буксируемого им орудия лова.
4. Получены оценки сквозного коэффициента уловистости минтая в составе учетной промысловой системы «объект лова – судно – трал», в которых суммируется избегание рыбами шума судна и уловистость (эффективность работы) самого трала.
5. Разработанные методики оценки коэффициента уловистости и реакции рыб на шумовое поле судна являются универсальными, и, помимо минтая, их можно применять в отношении других образующих протяженные пелагических скопления промысловых видов: сельдь, сайка, сардина, скумбрия, анчоус и др.
6. Разработана модель поведения рыб в шумовом поле судна. Модельные оценки изменения плотности скоплений минтая согласуются с экспериментальными. Модель

встроена в виде дополнительного модуля в программный комплекс обработки акустических данных «SALTSE» для коррекции суммарного обратного рассеяния от скопления при гидроакустической съемке и для расчета коэффициентов уловистости учетных тралов при проведении траловой съемки.

7. Внедрение в алгоритм эхоинтеграционных и траловых съемок дифференцированных по глубине и по отношению к рыбам разной длины коэффициентов уловистости и коэффициентов избегания шумового поля судна позволяет оценить исходную размерную структуру и пространственное распределение (плотность) облавливаемых скоплений, т. е. проводить оценки запасов рыб более точно.

8. Модель может служить инструментом для прогнозирования и оптимизации промышленного рыболовства, позволяя оценить воздействие шумового излучения судна на популяции рыб разного вида и размера, а также предоставляет основу для разработки более эффективных стратегий ведения тралового промысла и управления промысловой системой.

## ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ ОПУБЛИКОВАНО В СЛЕДУЮЩИХ РАБОТАХ

### *В рецензируемых научных изданиях, рекомендованных ВАК Минобрнауки России:*

1. Кузнецов М.Ю., Поляничко В.И., Шевцов В.И. Характеристики гидроакустического шума научно-исследовательских судов ТИНРО-центра // Известия ТИНРО. – 2014. – Т. 177. – С. 235–256.

2. Кузнецов М.Ю., Поляничко В.И., Убарчук И.А. Совершенствование методов оценки уловистости траловых учетных систем с использованием гидроакустических средств (на примере минтая Охотского моря) // Известия ТИНРО. – 2015. – Т. 183. – С. 259–277. DOI: 10.26428/1606-9919-2015-183-259-277.

3. Кузнецов М.Ю., Поляничко В.И., Убарчук И.А., Сыроваткин Е.В. Влияние гидроакустического шума судна на эхоинтеграционные оценки запасов рыб и уловистость учетного трала (на примере минтая Охотского моря) // Известия ТИНРО. – 2017. – Т. 190. – С. 85–100. DOI: 10.26428/1606-9919-2017-190-85-100.

4. Поляничко В.И., Кузнецов М.Ю. Гидроакустические методы оценки уловистости тралов и реакции рыб на шумовое поле судна при выполнении учетных съемок // Рыбное хозяйство. – 2025. – №. 2. – С. 116–125. DOI: 10.36038/0131-6184-2025-2-116-125.

5. Кузнецов М.Ю., Поляничко В.И., Убарчук И.А., Шевцов В.И. Методические рекомендации по измерению подводного шума судов научно-промыслового назначения // Известия ТИНРО. – 2025. – Т. 205, вып. 1. – С. 179–194. DOI: 10.26428/1606-9919-2025-205-179-194.

6. Кузнецов М.Ю., Сыроваткин Е.В., Поляничко В.И., Убарчук И.А. Исследование отражательных свойств минтая (*Gadus chalcogrammus, Pallas, 1814*) в глубоководных районах Охотского моря в весенний период // Океанология. – 2025. – Т. 65, № 5. – С. 892–899. DOI: 10.7868/S3034597925050131. [Kuznetsov M.Yu., Syrovatkin E.V., Polyanychko V.I., Ubarchuk I.A. Study of Acoustic Backscatter Properties of Walleye pollock (*Gadus chalcogrammus, Pallas, 1814*) in Deep-Water Areas of the Sea of Okhotsk in Spring // Oceanology. – 2025. – Vol. 65, No 5 – P. 786–792. DOI: 10.1134/S0001437025700444].

7. Кузнецов М.Ю., **Поляничко В.И.**, Сыроваткин Е.В., Шевцов В.И. Особенности пространственного распределения и поведения японской скумбрии и дальневосточной сардины в прикурильских водах северо-западной части Тихого океана в летний период 2015–2016 гг. // Рыбное хозяйство. – 2017. – №. 2. – С. 56–62.

8. Кузнецов М.Ю., Убарчук И.А., **Поляничко В.И.**, Шевцов В.И., Сыроваткин Е.В. Электронный атлас типовых акустических изображений промысловых видов рыб дальневосточных морей России // Известия ТИНРО. – 2018. – Т. 193. – С. 57–67. DOI: 10.26428/1606-9919-2018-193-57-67.

9. Кузнецов М.Ю., **Поляничко В.И.**, Сыроваткин Е.В. Акустические исследования сайки *Boreogadus saida (Gadidae)* в юго-западной части Чукотского моря в 2003–2020 гг. // Известия ТИНРО. – 2022. – Т. 202, вып. 3. – С. 580–600. DOI: 10.26428/1606-9919-2022-202-580-600.

10. **Поляничко В.И.**, Кузнецов М.Ю. Распределение и обилие минтая *Theragra chalcogramma* в северо-западной части Берингова моря в летне-осенний период 2020 г. и их межгодовая изменчивость // Известия ТИНРО. – 2022. – Т. 202, вып. 4. – С. 793–809. DOI: 10.26428/1606-9919-2022-202-793-809.

11. Захаров Е.А., Шабельский Д.Л., Ваккер Н.Л., **Поляничко В.И.**, Краснов В.С., Шевцов В.И., Мизюркин М.А., Кручинин О.Н., Волотов В.М. О влиянии использования неводов типа «заездок» на пропуск производителей тихоокеанских лососей на нерестилища в реке Амур и Амурском лимане // Вопросы рыболовства. – 2022. – Т. 23, вып. 4. – С. 230–239. DOI: 10.36038/0234-2774-2022-23-4-230-239.

#### **Публикации в других изданиях и материалах конференций:**

12. **Поляничко В.И.**, Кузнецов М.Ю. Метод количественной оценки уловистости тралов с использованием цифрового научного эхолота ЕК-60 // Комплексные исследования водных биоресурсов: рыболовство, аквакультура, экология, переработка, экономика и управление рыбохозяйственной отраслью : мат-лы I Всерос. заоч. науч.-техн. конф. аспирантов, молодых ученых и специалистов. – Владивосток : Дальрыбвтуз, 2012. – С. 26–30.

13. Кузнецов М.Ю., **Поляничко В.И.**, Шевцов В.И. Методика измерений гидроакустического шума научно-исследовательских и промысловых судов и оценки реакции рыб на шумовое поле судна // Научно-практические вопросы регулирования рыболовства : мат-лы II Междунар. науч.-практ. конф. – Владивосток : Дальрыбвтуз, 2013. – С. 53–59.

14. Кузнецов М.Ю., **Поляничко В.И.**, Убарчук И.А. Исследование уловистости разноглубинного учетного трала с использованием эхолота ЕК60 и тралового зонда FS20/25 СИМРАД // Научно-практические вопросы регулирования рыболовства : мат-лы II Междунар. науч.-практ. конф. – Владивосток : Дальрыбвтуз, 2013. – С. 59–65.

15. Кузнецов М.Ю., **Поляничко В.И.** Исследование коэффициента уловистости минтая учетным тралом с использованием гидроакустических средств // Актуальные проблемы освоения биологических ресурсов Мирового океана : мат-лы III Междунар. науч.-техн. конф. – Владивосток : Дальрыбвтуз, 2014. – С. 150–155.

16. **Поляничко В.И.** Экспериментальные оценки уловистости учетного трала по данным акустических измерений // Комплексные исследования в рыбохозяйственной отрасли : мат-лы Междунар. науч.-техн. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых. – Владивосток : Дальрыбвтуз, 2014. – С. 431–436.

17. Кузнецов М.Ю., **Поляничко В.И.**, Шевцов В.И. Экспериментальные исследования влияния шума судна на эхоинтеграционные и траловые оценки запасов

рыб с использованием гидроакустических технологий // Научные труды Дальрыбвтуза. – 2016. – Т. 38. – С. 27–32.

18. Кузнецов М.Ю., **Поляничко В.И.**, Сыроваткин Е.В., Убарчук И.А. Совершенствование методов оценки запасов рыб с использованием гидроакустических технологий // Водные биологические ресурсы России: состояние, мониторинг, управление : мат-лы науч.-практ. конф. – Петропавловск-Камчатский : КамчатНИРО, 2017. – С. 124–134.

19. **Поляничко В.И.**, Кузнецов М.Ю., Убарчук И.А. Использование гидроакустических технологий в работах по совершенствованию методов оценки запасов рыб (на примере минтая Охотского моря) // Перспективы рыболовства и аквакультуры в современном мире : мат-лы III научной школы молодых учёных и специалистов по рыбному хозяйству и экологии, с международным участием, посвященной 140-летию со дня рождения К.М. Дерюгина. – М. : ВНИРО, 2018. – С. 123.

20. Кузнецов М.Ю., **Поляничко В.И.**, Шевцов В.И. Гидроакустические технологии исследования влияния шумового поля судна на оценки пространственного распределения и запасов промысловых рыб // Прикладные технологии гидроакустики и гидрофизики : тр. XIV Всерос. конф. – СПб. : СПбНЦ РАН, 2018. – С. 392–395.

21. Убарчук И.А., Кузнецов М.Ю., **Поляничко В.И.** Программные средства визуализации и постпроцессорной обработки данных гидроакустических биоресурсных исследований «ТИНРО-центра» // Современные методы и средства океанологических исследований (МСОИ-2019) : мат-лы XVI Всерос. науч.-техн. конф. – М. : ИД Академии Жуковского, 2019. – Т. 1. – С. 215–218.

22. Кузнецов М.Ю., Убарчук И.А., **Поляничко В.И.**, Сыроваткин Е.В. Программный комплекс для визуализации, многовидовой обработки и хранения данных гидроакустических ресурсных съёмок // Труды ВНИРО. – 2021. – Т. 183. – С. 174–190. DOI: 10.36038/2307-3497-2021-183-174-190

23. Кузнецова Е.Н., Белорусцева С.А., **Поляничко В.И.** Распределение и питание дальневосточной сардины *Sardinops sagax* и японской скумбрии *Scomber japonicus* в тихоокеанских водах Курильских островов // Вопросы рыболовства. – 2021. – Т. 22, № 3. – С. 27–39. DOI: 10.36038/0234-2774-2021-22-3-27-39

24. Kuznetsov M.Y., **Polyanichko V.I.**, Ubarchuk I.A. The effects of vessel noise on walleye pollock (*Theragra chalcogramma*) behaviour // The Effects of Noise on Aquatic Life : Book of Abstracts. – Berlin, Germany, 2022. – P. 84.

25. Kuznetsov M.Y., **Polyanichko V.I.**, Ubarchuk I.A. The effects of vessel noise on walleye pollock (*Theragra chalcogramma*) behaviour // The Effects of Noise on Aquatic Life. – Springer Nature Link, 2023. – P. 1–13.

26. Шейбак А.Ю., **Поляничко В.И.**, Сыроваткин Е.В. Использование гидроакустических данных для уточнения запаса минтая по результатам траловых съёмок в северо-восточной части Охотского моря // Рыбохозяйственный комплекс России: проблемы и перспективы развития : мат-лы I Междунар. науч.-практ. конф. – М. : ВНИРО, 2023. – С. 260–265.

27. **Поляничко В.И.**, Кузнецов М.Ю., Убарчук И.А. Математическая модель поведения минтая в шумовом поле судна // Морская техника и технологии. Безопасность морской индустрии : мат-лы XII Междунар. Балтийского морского форума, XII Нац. науч. конф. с междунар. участием. – Калининград : КГТУ, 2024. – С. 260–270.

28. Кузнецов М.Ю., Сыроваткин Е.В., **Поляничко В.И.** Звукоотражающие свойства некоторых промысловых видов рыб дальневосточных морей // Физика геосфер

: мат-лы XIV Всерос. симпоз. – Владивосток : ТОИ ДВО РАН, 2025. – С. 128–132.  
DOI: 10.62994/DVO.2025.57.33.029

**Свидетельства о регистрации программы для ЭВМ:**

29. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2018619345. Электронный атлас типовых акустических изображений промысловых видов рыб Дальневосточных морей России / Убарчук И.А., Кузнецов М.Ю., Шевцов В.И., **Поляничко В.И.**, Сыроваткин Е.В. Дата гос. регистрации в Росреестре программ для ЭВМ 03 августа 2018 г.

30. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2025666061. Электронный атлас акустических изображений скоплений рыб Дальневосточных морей и их промысловой значимости / Убарчук И.А., Кузнецов М.Ю., **Поляничко В.И.**, Сыроваткин Е.В., Шевцов В.И. Дата гос. регистрации в Росреестре программ для ЭВМ 23 июня 2025 г.

**ПОЛЯНИЧКО Владимир Ильич**

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДОВ ОЦЕНКИ КОЭФФИЦИЕНТОВ  
УЛОВИСТОСТИ УЧЕТНЫХ ТРАЛОВ И ЗАПАСОВ РЫБ  
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГИДРОАКУСТИЧЕСКИХ СРЕДСТВ**

Автореферат диссертации

Подписано в печать 09.04.2026 г. Формат 60x84/16. 1 уч.-изд. л.

Тираж 100 экз. Заказ № 3.

Отпечатано в типографии издательства ТИНРО  
г. Владивосток, ул. Западная, 10.