

На правах рукописи

УДК 639.28:639.2.081.7:681.883.41

Касаткина Светлана Михайловна

**ГИДРОАКУСТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ХАРАКТЕРИСТИК
РАСПРЕДЕЛЕНИЯ КРИЛЯ (*Euphausia superba*) И СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ
МЕТОДОВ КОНТРОЛЯ ЗА СОСТОЯНИЕМ ЕГО РЕСУРСОВ**

Специальность 05.18.17
«Промышленное рыболовство»

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Москва, 2004

Работа выполнена в Атлантическом научно-исследовательском институте рыбного хозяйства и океанографии (АтлантНИРО)

Научный руководитель доктор техн. наук Юданов К. И.
Консультант кандидат техн. наук Кадильников Ю.В.
Официальные оппоненты: доктор техн. наук Коротков В. К.
кандидат техн. наук Ефимов Ю.Н.

Ведущая организация: ФГУП «Полярный научно-исследовательский институт морского рыбного хозяйства и океанографии им. Н.М. Книповича»(ПИРО).

Защита диссертации состоится 26 мая 2004 года в 15⁰⁰ часов на заседании диссертационного совета Д 307.004.02 при ВНИРО по адресу 107140, г. Москва, ул. Верхняя Красносельская, д. 17.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ВНИРО.

Автореферат разослан 24 апреля 2004 г.

Ученый секретарь диссертационного совета,
кандидат техн. наук

Татарников В.А.

ВНИРО
№ Вр.хр.
Библиотека

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность проблемы. Криль (*Euphausia superba*) относится к одному из самых массовых видов объектов промысла. Его биомасса только в море Скотия (Антарктическая часть Атлантики — АЧА) оценивается в 44,2 млн. тонн (SC-CAMLR, 2000). Промысловое освоение криля началось с 1962 г., когда экспедицией на РТМ «Муксун» (АтлантНИРО) были обнаружены скопления криля в западной части моря Скотия. В последующие годы было проведено большое количество научно-поисковых отечественных и зарубежных экспедиций, обеспечивающих возможность развития крупномасштабного промысла криля. В течение длительного периода, вплоть до 1994 г. на долю СССР, а затем и России приходилась основная часть вылова (до 95 %). В промысловые сезоны 2000/2003 гг. суммарный годовой вылов криля в море Скотия судами разных стран удерживался на уровне 3 % от допустимой величины вылова, определенной в 4,0 млн. тонн (SC-CAMLR, 2003).

В настоящее время интерес к крилю не только сохраняется, но и увеличивается. Привлекают внимание огромные недоиспользуемые запасы криля, что актуально при изъятии из свободного промысла богатых рыбой районов путем введения 200-мильных рыболовных или экономических зон прибрежными государствами. Появилось большое количество современных технологических разработок по использованию криля для получения пищевой (мясо, фарш, белковые изоляты) и специализированной продукции для аквакультуры, химической и медицинской промышленности.

Антарктическая комиссия по изучению и сохранению живых ресурсов Антарктики — SCAMLR (АНТКОМ) считает возможным значительное увеличение вылова криля. Принимая во внимание ту ключевую роль, которую играет криль в антарктической экосистеме как доминирующий консумент первичной продукции, и как основной источник пищи для многих его природных потребителей (китов, морских котиков, птиц, рыб), АНТКОМ и ее Научный комитет при активном участии России в основу своей современной деятельности положили экосистемный подход в управлении запасами криля. Первостепенными задачами здесь являются организация рационального промысла и надежного мониторинга за состоянием его ресурсов. Поэтому совершенствование методов контроля за состоянием запасов криля и степенью эксплуатации его ресурсов является актуальными. Особую значимость имеет учет ха-

практистик распределения, определяющих важные стороны его поведения и жизне-

деятельности.

Целью настоящей работы является исследование характеристик распределения

агрегаций криля и их технической доступности орудия лова для совершенствования методов контроля состояния его ресурсов и организации эффективного промысла.

Для достижения указанной цели решались следующие задачи:

• экспериментальные измерения силы цели криля;

• проведение гидроакустических съемок криля в различных районах моря Скотия;

• обоснование совокупности характеристик пространственного распределения агре-

гаций криля, определяемых по результатам гидроакустических измерений;

• исследование характеристик пространственного распределения различных типов

агрегаций криля по результатам гидроакустических съемок, выполненных в рай-

онах моря Скотия, в том числе и в районах промысла, за период 1983–2002 гг.;

• проведение экспериментальных работ по изучению улавливающих свойств раз-

ноглубинных тралов в зависимости от характеристик распределения облавливае-

мых агрегаций криля и режима работы орудия лова;

• экспериментальная проверка и обоснование применимости моделей вероятност-

но-статистической теории рыболовных тралов к процессу облова криля на основе

результатов гидроакустических измерений уловистости разноглубинного траля;

• сравнительный анализ улавливающих свойств промысловых и исследовательских

тралов на основе экспериментальных измерений и расчетов по моделям

вероятностно-статистической теории рыболовных тралов;

• сравнительный анализ результатов траловых и гидроакустической съемок криля;

• изучение методических аспектов использования разноглубинных тралов как ин-

струмента для оценки размерного состава криля на полигоне съемки;

• анализ показателей работы различных типов тралеров на промысле криля с уче-

том характеристик распределения облавливаемых агрегаций;

Научная новизна. В диссертации впервые выполнен анализ характеристик про-

странственного распределения агрегаций криля и методов проведения учетных сре-

мок для оценки его запасов, обоснована возможность и показана значимость сопря-

жения методологии гидроакустических съемок и аналитических моделей вероятно-

стно-статистической теории рыболовных тралов для решения практических задач контроля за состоянием ресурсов криля и организации их рационального использо-

вания. В процессе исследования впервые:

• выполнен статистический анализ характеристик распределения различных ти-

пов агрегаций криля в районах моря Скотия и проанализирована их пространст-

венная и временная (межгодовая и сезонная) неоднородность в пределах мезо-

масштабных полигонов и участков промысла;

• проведены гидроакустические исследования улавливающих свойств разноглуб-

инного траля в широком диапазоне характеристик распределения облавливае-

мых агрегаций криля и режимов работы орудия лова.

• показано определяющее влияние характеристик пространственного распределе-

ния облавливаемых агрегаций криля на уловистость разноглубинного траля и

формирование показателей работы тралеров на промысле.

• выполнен сравнительный анализ полной и дифференциальной уловистости про-

мысловых и исследовательских тралов при облове криля

• разработаны рекомендации по обработке данных траловых выборок с учетом

полной уловистости и дифференциальной уловистости орудия лова для оценки

размерного состава скопления криля на полигоне учетных съемок;

• проведен сравнительный анализ результатов гидроакустических съемок, осно-

ванных на разных методах выловой идентификации скопления криля — по дан-

ными траловых выборок и на основе акустической идентификации двухчастот-

ным методом;

• показана значимость анализа и мониторинга характеристик распределения криля

для организации рационального промысла и контроля за состоянием ресурсов;

• разработаны рекомендации по совершенствованию методов контроля за состоя-

нием ресурсов криля на основе введения в практику современных гидроакусти-

ческих съемок аналитических моделей вероятностно-статистической теории

рыболовных тралов.

Практическая значимость. Основные результаты работы использовались для

нужд ответственного рыболовства.

- для получения оценки запаса и разработки мер по рациональному использованию ресурсов криля;
- для подготовки докладов на рабочие группы АНТКОМа (группу по крилю WG-Krill, группу по мониторингу и управлению ресурсами криля WG-EMM)
- при защите стратегических интересов отечественного рыболовства в АНТКОМе.

Апробация работы. Основные результаты исследований представлялись на научных Всесоюзных, Всероссийских и Международных конференциях и совещаниях: Всесоюзная конференция «Сырьевые ресурсы Антарктической зоны океана и проблемы их рационального использования» Керчь, 1983; IV Всесоюзная конференция по промысловым беспозвоночным. МРХ СССР, Академия наук УССР, Севастополь; II Всесоюзное совещание «Сырьевые ресурсы южного океана и проблемы их рационального использования» АзчерНИРО, Керчь, 1987; Отраслевое Совещание по промысловой гидроакустике, Севастополь, филиал ВНИРО, 1988; Отраслевое совещание по промысловой гидроакустике, ВНИРО, Москва, 1999; Научно-технический симпозиум «Современные средства воспроизводства и использования водных ресурсов», Санкт-Петербург, 2000; IV Всесоюзное Совещание по промысловым беспозвоночным, Калининград, АтлантНИРО, 2002; Международный симпозиум по промысловой акустике, Лаустофт, Великобритания, 1989; Рабочие группы по крилю (WG-Krill) и рабочие группы по мониторингу и управлению запасами криля (WG-EMM) в отчетные сессии АНТКОМа в 1989–2003 гг.; Международный симпозиум «Орудия лова и акустические съемки для оценки запаса и поведения рыб» Хоккайдо, Япония, 2000; Второй симпозиум ГЛЮБЕК, Хиндао, Китай 2002; Третий международный симпозиум по зоопланктону, Испания, 2003.

Публикации. По теме диссертации опубликовано 60 работ, том числе в зарубежных изданиях — 40 работ, наиболее значимые из них приведены в списке литературы авториферата.

Объем работы. Диссертация состоит из введения, 5-ти глав, списка используемой литературы. Текст изложен на 197 страницах с 51 таблицами и 38 рисунками. В списке литературы 221 наименование, из которых 139 на иностранных языках.

Глава 1. МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Материалами для выполнения исследований послужили результаты учетных траловых и гидроакустических съемок криля, выполненных в научно-исследовательских экспедициях АтлантНИРО в Антарктической части Атлантики в период 1982–2002 годов, включая подрайоны Южных Сандвичевых островов (48.4), острова Южная Георгия (48.3), Южных Оркнейских островов (48.2), Южных Шетланских островов (48.1). Использована база первичных данных международной акустической съемки криля АНТКОМ-2000, выполненной в море Скотия судами Великобритании, США, Японии и России (институт АтлантНИРО).

В процессе исследований облов криля проводился исследовательскими тралами — тралом Айзекса-Кидда в модификации Самышева-Асеева и тралом RTM8, и промысловыми разноглубинными тралами РТ 72/308м, РТ 74/416м, РТ 74/408м. Сбор и обработка биологического материала осуществлялись в соответствии с методикой АНТКОМа (SC-CAMLR, 2000) и общепринятыми статистическими методами (Pennington, 1983; Кокрен, 1976).

Гидроакустические съемки до 1990 г. проводились с использованием эхолота Сарган-Э (частота 136 кГц), интегратора QM-200 (фирмы Симрад, Норвегия). Начиная с 1990 г. акустическая оценка биомассы криля выполнялась на частоте 120 кГц (SC-CAMLR, 1990). При этом, в 1990–1996 гг. использовались эхолот ЕК-500 и эхоанализатор В1500, а с 2000 г. в соответствии с требованием АНТКОМа (SC-CAMLR, 2000) осуществлялся двухчастотный метод сбора и обработки акустических данных на базе эхолота ЕК-500 (38 кГц, 120 кГц) и программного обеспечения Sonar DataEchoView (Австралия), реализующий акустическую идентификацию скоплений криля (SC-CAMLR, 2000;). Калибровка эхолотов осуществлялась по методике с использованием стандартных сфер (Foote, 1982; Мамылов, 1987; Гаврилов, 2003).

Расчетная оценка силы цели TS криля в зависимости от его длины L осуществлялась с использованием регрессионного уравнения Green et al (1991) для частоты 120 кГц и уравнения Касаткиной С.М. (Kasatkina, 1991) для частоты 136 кГц.

Построение средних оценок плотности и их статистических характеристик по результатам учетных съемок выполнялось с использованием метода Jolly and Hampr-

ton (1991) и «Bootstrap» процедуры (Efron, 1982; Smith, 1996). Карты горизонтального и вертикального распределения плотности строились на основе программы SURFER.

Оценка характеристик распределения агрегаций криля осуществлялась путем обработки эхограмм рыбопоисковых приборов (Кадильников, 1985, 2001), а с 2000 г. — с использованием специальных модулей программного пакета Sonar Data Echo-View (Dinner, 1997; Echoview, 2001). Проверка согласия эмпирических распределений случайных величин (физических параметров агрегаций) с теоретическим законом выполнялась для нормального, логнормального, экспоненциального законов, закона Вейбулла, закона Шарля-Шарье с использованием критериев согласия ω^2 и Колмогорова для доверительной вероятности 0,95 (уровень значимости $\alpha=0,05$).

Расчетная оценка улавливающих свойств орудий лова проводилась по моделям вероятностно-статистической теории рыболовных тралов, разработанной в АтлантНИРО (Кадильников, 1985, 2001), используя результаты 402 тралений промысловыми тралами и 30 тралений исследовательским тралом Айзекса-Кидда. Используемые в расчетах биометрические параметры тела криля (длина, максимальная высота тела, максимальный периметр охвата тела, максимальная толщина тела) получены автором по результатам массовых промеров криля, выполненных в процессе съемок.

Инструментальные гидроакустические исследования улавливающих свойств (полной уловистости и ее элементов) разноглубинного трала в зависимости от угловых и линейных параметров его конструктивных элементов, скорости траления выполнялись по результатам 130 тралений промысловым тралом РТ 72/308. Одновременная оценка выхода криля через сетное полотно гидроакустическим методом и методом мелкоячейных покрытий, проводилась по данным 60 тралений

Сравнительный анализ улавливающих свойств различных конструкций орудий лова выполнялся с использованием инструментального гидроакустического метода и моделей вероятностно-статистической теории рыболовных тралов.

Анализ промысловых показателей советских/российских траулеров на промысле криля осуществлялся с использованием моделей вероятностно-статистической теории рыболовных тралов (Кадильников, 1985, 1988, 2001) на основе базы данных АтлантНИРО, организованной по системе РИФ, включающей информацию «haul by haul». В общей сложности использованы данные по 22800 тралениям. Также была

использована промысловая статистика украинских траулеров за период 2001–2003 гг. (2800 тралений), представленная в базе АНТКОМа, и информация статистических бюллетеней АНТКОМА за период 1986–2001 гг. Стандартизация промыслового усилия, полученного группой разнотипных судов, выполнялась по эталонной рыболовной системе, в качестве которой выбирался тип судна с тралом, имеющий наибольшую долю в суммарном вылове.

Глава 2. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ КРИЛЯ И ФОРМЫ ЕГО РЕГИСТРАЦИИ ГИДРОАКУСТИЧЕСКИМИ ПРИБОРАМИ.

Жизнедеятельность антарктического криля как планктонного объекта тесно связана с океанографической структурой водных масс и ее изменчивостью. Показано, что общие закономерности распределения криля в поле характеристик гидроклимата океана выявляются на трех пространственно-временных уровнях: мелкомасштабном уровне, где решающее значение имеет способность рачков к агрегированию; мезомасштабном уровне, который касается взаимного распределения агрегаций в пределах отдельных районов, ряд участков которых имеет промысловую значимость; макромасштабном уровне, определяющем тенденции распределения самих районов, а следовательно, и распределение традиционных или потенциальных участков промысла. В данной работе рассматривается распределение криля на мелко и мезомасштабном уровнях путем исследования характеристик и закономерностей пространственного распределения различных типов его агрегаций в моря Скотия.

Предложена и обоснована модификация известной классификационной схемы распределения криля (Miller and Hampton, 1989). В пределах видовой группировки, автором выделены дисперсные и когезионные (от лат. *cohaesua* — связанный, сцепленный) виды агрегации, а также не агрегированная форма распределения. Термин агрегация понимается как неслучайным образом сгруппированные особи разнородных или однородных живых организмов независимо от структуры и причин группирования (Mauchline, 1980). Типовыми примерами дисперсных агрегаций являются рассредоточенные агрегации, например, в виде протяженного звукорассеивающего слоя, и разреженные агрегации. Когезионной формой агрегаций является стая. Под скоплением понимается временно обособленная группа агрегаций. По типу формируемых агрегаций скопления подразделены на однородные и

руемых агрегаций скопления подразделены на однородные и смешанные (как состоящие из когезионных и дисперсионных типов агрегаций). Используемая терминология обсуждается с учетом отологических, физиологических факторов, социального поведения особей и других аспектов (Shaw, 1978; Mauchline, 1980; Haury et al, 1978; Ross et al, 1996; Parrish and Edelstain-Keshet, 1999).

Оценка характеристик распределения агрегаций криля по результатам гидроакустических съемок в море Скотия. На основе анализа современной практики изучения структуры популяций промысловых биообъектов (Кадильников, 1985; Butterworth, 1988; Barange, 1994; Pettingas and Levenez, 1996) предложена и обоснована совокупность характеристик пространственного распределения агрегаций криля, определяемых по результатам гидроакустических измерений. В состав последней включены: плотностные (индекс плотности, $\text{м}^2/\text{миля}^2$; плотность биомассы $\text{г}/\text{м}^2$), морфометрические (вертикальная и горизонтальная протяженность, расстояние между передними кромками и центрами соседних агрегаций, объем) и батиметрические параметры агрегаций (глубина нахождения, высота слоя обитания); характеристики распределения агрегаций в 2-мерном или 3-х мерном пространстве, рассчитываемые как производные от морфометрических и батиметрических параметров. Например, в случае стайного распределения соответственно определяются трехмерная и двухмерная плотности поля стай (λ , λ_s — количество стай в единице объема или на единице площади поверхности моря их обитания), относительная плотность заселения стай в трехмерном и двухмерном пространстве (β — отношение суммы объемов стай к объему их обитания; β_s — отношение суммы площадей стай к площади горизонтальной поверхности моря их обитания). Показано, что предложенная система характеристик распределения применима для решения широкого круга задач количественной оценки криля и других объектов промысла.

Статистический анализ характеристик распределения агрегаций и скоплений выполнен по результатам экспедиций 1983–2002 годов, его результаты проиллюстрированы табличными и графическими материалами, типовыми эхограммами.

Наибольшее внимание уделено анализу распределения стай криля как основной единицы организации его популяций. Показано, что распределение физических параметров стай не подчиняются нормальному закону, как в пределах отдельных

скоплений, так и для обобщенных рядов за промысловые сезоны или ряд лет. Распределение линейных размеров стай (горизонтальной и вертикальной протяженности) аппроксимировалось логнормальным законом и законом Вейбулла, а распределение плотности стай — логнормальным и экспоненциальным законами. Выявлена присущая крилю тенденция формировать в большей степени мелкие стаи, чем крупные, что иллюстрировалось кумулятами распределения биомассы стай — биомассу менее 1 т имели более 93 % всех стай в подрайонах 48.1–48.3, и более 96 % в подрайоне 48.4. Обобщив результаты акустических наблюдений, сделан вывод, что наиболее распространенными для криля являются стаи с горизонтальной протяженностью менее 30–40 м и вертикальной протяженностью менее 10 м. Крупные стаи криля — очень редки, горизонтальная протяженность более 50 м присуща только 8 % всех зарегистрированных нами агрегаций. Плотность стай изменялась в широких диапазонах, достигая до 300–400 $\text{г}/\text{м}^3$, но среднестатистические оценки, полученные в различные сезоны в различных подрайонах, оказались очень близкими и составляли 50–80 $\text{г}/\text{м}^3$. Физические параметров стай не зависели от глубины их нахождения. Выявлено, что в районах гидродинамической неоднородности водных масс (меандры, круговороты) формировались более крупные стаи по сравнению с ламинарными потоками.

Стаи криля образовывали скопления — поля, в пределах которых их линейные размеры, как правило, характеризовались высокими коэффициентами вариации (до $CV=40\%+50\%$). Расстояние между соседними стаями в скоплениях аппроксимировалось законами Пуассона или Пуассона-Шарлье. Плотности поля стай в 2-х и 3-х мерном пространстве (λ , λ_s , β) варьировали в широком диапазоне. Значения параметров (λ , λ_s , β) в районах промысла оказались на порядок выше таковых на остальной акватории моря Скотия. Промысловые скопления характеризовались оценками λ , λ_s , β в диапазоне: $\beta = 0,4-0,04$; $\lambda = 10^4-10^6 \text{ м}^{-3}$; $\lambda_s = 10^3-10^5 \text{ м}^{-2}$, горизонтальной протяженностью 3–6 миль и расстоянием между соседними стаями — 50–100 м. Результаты акустических измерений показали, что распределению стай, отвечающему наибольшему значениям λ , λ_s , β из указанных диапазонов (левая граница), соответствовала плотность скоплений 800–1000 $\text{т}/\text{миля}^2$.

Дисперсные скопления в районах промысла характеризуются $\beta = 0,04-0,3$;

$\lambda = 10^3 - 10^5 \text{ м}^3$; $\lambda_s = 10^2 - 10^3 \text{ м}^2$, в дневное время их плотность биомассы не превышает 200–300 т/миля², а в ночное время 10 т/миля². По величине плотности смешанные скопления находятся между когезионными и дисперсными типами скоплений криля. Значения плотности смешанных скоплений достигали 500–700 т/миля² при наблюдаемых максимальных значениях $\beta = 0,15 - 0,19$.

Пространственная и временная изменчивость характеристик распределения криля. Показано, что в пределах мезо-масштабных полигонов и районов промысла имеет место ярко выраженная пространственная неоднородность распределения типов агрегаций криля и их характеристик, проявляющаяся через закономерности горизонтального и вертикального распределения биомассы криля. Выявлены различия в пространственном распределении различных типов агрегаций по отношению к структуре и динамике водных масс, возрастание степени агрегированности от периферии мезо-масштабных полигонов к вергентным приостровным зонам. На примере подрайона Южных Сандвичевых островов показана приуроченность стай (более 85 %) к зонам меандров и круговоротов вод, где они располагались в верхнем слое пикноклина (глубины выше 80 м), в то время как разреженные агрегации и не агрегированные формы регистрировались в 250 м слое глубин в пределах всего полигона, их распределение на глубинах ниже 80 м, было приурочено к зонам опускания холодных вод моря Уэдделла под более теплые воды моря Скотия.

Сезонные изменения мелкомасштабного распределения криля проанализированы на примере традиционных участков промысла. Выявлено, что в пределах промыслового сезона может наблюдаться неоднократное пространственное перераспределение криля, сопровождаемое изменчивостью формируемых типов агрегаций и их характеристик распределения — параметры β , λ_s , λ варьировали на два-три порядка. Значительные изменения плотности биомассы обуславливались в большей степени варьированием характеристик пространственного распределения (λ , λ_s , β) стай, чем различием в размерах самих стай. Показано, что сезонная изменчивость распределения криля может быть обусловлена биологическими факторами (возрастной состав скоплений, спаривание, размножение, линька), интенсивностью питания.

Глава 3. УЛАВЛИВАЮЩИЕ СВОЙСТВА РАЗНОГЛУБИНЫХ ТРАЛОВ ПРИ ОБЛОВЕ КРИЛЯ.

Техническая доступность биоресурсов для рыболовных тралов, понимается как возможность добычи биологических объектов и количественно может выражаться степенью соответствия технических параметров орудия лова различным характеристикам поведения объектов лова (Кадильников, 1985, 1988). Это соответствие в полной мере определяется уловистостью, рассматриваемой в данной главе с использованием инструментальных и аналитических методов. Применительно к целям наших исследований наибольший интерес представляет вероятностно-статистическая теория рыболовных тралов, разработанная в АтлантНИРО (Кадильников, 1985, 2001), позволяющая моделировать процесс облова с учетом характеристик пространственного распределения облавливаемых агрегаций. Понятие уловистости автором трактовалось в соответствии с положениями этой теории, что обеспечивало единство подходов при изучении улавливающих свойств тралов различными методами.

Полная уловистость P трала определялась вероятностью сложного события, описывающего процесс попадания объекта в зону действия трала, а затем в накопитель — траловый мешок и представлялась мультипликативной схемой последовательных событий: $P = P_1 \cdot P_2 \cdot P_3 \cdot P_4 \cdot P_5 \cdot P_6 \cdot P_7 \cdot P_8 \cdot P_9 \cdot P_{10}$, где элементы $P_1 - P_{10}$ зависят от характеристик распределения облавливаемых агрегаций, поведенческих характеристик криля (скорость движения, максимальная дальность реакции на опасность) и биометрических параметров его тела; линейных, угловых и скоростных параметров трала (Кадильников, 1985, 2000). Зона действия трала (или облавливаемый объем) определяется как $B = l_t \cdot h_t \cdot v_t \cdot \tau_t$, где l_t — горизонтальное раскрытие трала по доскам; v_t — скорость траления; τ_t — продолжительность траления; h_t — вертикальная зона действия, рассчитываемая как $h_t = h_1$ при $h_1 \leq H$ и $h_t = H$ при $h_1 > H$, где h_1 — вертикальное раскрытие трала; H — высота слоя воды, в котором распределен биообъект (Кадильников, 1985).

Гидроакустические исследования уловистости выполнялись в соответствии с разработанной методикой, реализующей схему: $P = P_I \cdot P_{II}$, где $P_I = P_1 \cdot P_2 \cdot P_3$ — частная уловистость, определяемая вероятностью для объекта из протраленного объема появиться перед устьем трала: $P_{II} = P_4 \cdot P_5 \cdot P_6 \cdot P_7 \cdot P_8 \cdot P_9 \cdot P_{10}$ — частная уловистость, опре-

деляемая вероятностью попадания объекта из устья трала в мешок. Уловистости P , P_I и P_{II} оценивались по выборкам биомассы криля в зоне действия трала и соответствующим выборкам биомассы криля, проходящей через устье трала, и уловам. С этой целью выполнялись акустические измерения плотности криля перед тралом в облавливаемом слое глубин и в устье трала, соответственно используя судовой эхолот и гидроакустический преобразователь, устанавливаемый на верхней подборе трала. Предлагаемая схема измерений также позволяла оценить коэффициент выхода K_v криля через активные части трала, определив соотношение биомасс криля, вышедшего через сетную оболочку трала и прошедшего через его устье. Традиционный инструментальный метод мелкоячеистых сетных покрытий позволяет оценить только относительные показатели выхода криля, поскольку неизвестна уловистость самих ловушек, которая обычно необоснованно принимается за 1.

По результатам экспериментальных исследований проанализировано изменение уловистости разноглубинного трала в зависимости от угловых и линейных параметров его конструктивных элементов, скорости траления. Показано, что выход криля через сетное полотно трала значительно возрастает, как с увеличением угла атаки (конусности) сетевого полотна, так и с ростом скорости траления, а полная уловистость трала соответственно уменьшается. На примере промыслового трала РТ72/308 м показано, что после прохождения крупноячеистых частей трала до его устья доходит не более 39 % биомассы криля, находящейся в его зоне действия, а в мешок падает не более 33 % от биомассы, оказавшейся в устье трала. Результаты экспериментальных измерений доказывают справедливость соотношения $P = P_I P_{II}$, которое выполнялось как для оценок уловистости за каждое траление, так и для оценок математического ожидания за весь объем наблюдений (130 тралений). Выявленный характер влияния скорости траления и угла атаки сетевого полотна на выход криля соответствовал результатам, полученным методом мелкоячеистых сетных покрытий, размещаемых на разных сетных частях трала РТ72/308 м, начиная от его канатной части и кончая мешком. Показано, что крупноячеистое сетное полотно мало участвует в процессе удержания рачков: через ячею с шагом 1200 мм выходит около 70 % от всех вышедших рачков, через ячею 800 мм — еще 12 %, ячею 200 мм — 11 %.

Анализ параметров стай перед тралом и в его устье выявил слабую оборонительную реакцию криля на проходящее судно с тралом и слабое влияние на облавливаемые стаи таких элементов трала как доски, кабеля, канаты — глубина нахождения стай, их линейные размеры и плотность биомассы под днищем судна соответствовали таковым в устье трала. Результаты гидроакустических измерений подтверждаются наблюдениями с подводного аппарата (Коротков, Фролов, 1990).

Учитывая выше сказанное, расчетная оценка уловистости по моделям вероятностно-статистической теории рыболовных тралов выполнялась при нулевых значениях величин углубления (заныривания) стаи после прохода над ней судна и дальности реакции стаи на орудие лова. Выявляется, что расхождение между оценками полной уловистости и ее элементов, полученных по результатам гидроакустических измерений и расчетным способом, статистически незначимое. Близкие оценки уловистости, полученные двумя методами (табл. 1), объясняются спецификой поведения криля, прежде всего его незначительной плавательной способностью, и свидетельствуют о надежности разработанной теории и адекватности принятых гипотез о поведении объекта реально существующим явлениям. Последнее позволяет совместное использование двух методов для оценки уловистости тралов при облове криля.

Таблица 1. Результаты оценки уловистости разноглубинного трала РТ 72/308 м

Параметр	Гидроакустический метод		Аналитические модели	
	Мат. ожид.	С.к.о.	Мат. ожид.	С.к.о.
Полная уловистость, P	0,0596	0,0301	0,0541	0,0267
Уловистость $P_I = P_1 \cdot P_2 \cdot P_3$	0,3125	0,1488	0,2626	0,1012
Уловистость $P_{II} = P_4 \cdot P_5 \cdot P_6 \cdot P_7 \cdot P_8 \cdot P_9 \cdot P_{10}$	0,1907	0,0519	0,2060	0,0504
Коэффициент выхода	0,8093	0,2040	0,7994	0,2060

Проанализировано влияние характеристик распределения облавливаемых агрегаций криля на уловистость трала. Показано, что при облове дисперсных агрегаций («дорожек», ЗРС) достигаются стабильно высокие значения уловистости, например, полная уловистость трала РТ 72/308 составляла $P = 0,091 \pm 0,019$ (гидроакустическая оценка) и $P = 0,075 \pm 0,016$ (расчетная оценка). При облове полей стай с различными параметрами β , λ_s , λ ($\beta = 0,004 \pm 0,4$, $\lambda_s = 1 \times 10^{-3} \pm 5 \times 10^{-5}$, $\lambda = 1,5 \times 10^{-4} \pm 1 \times 10^{-6}$) уловистость трала РТ 72/308 м изменялась от $P = 0,02$ до $P = 0,1$. Выявлено, что последнее обуславливалось изменением не линейных размеров стай, а различиями в пространственной структуре формируемых ими полей, т.е. параметрами β , λ_s , λ . Влияние харак-

теристик распределения облавливаемых агрегаций на их техническую доступность орудиям лова иллюстрировано сопоставимыми уловами за час траления, полученными при различных плотностях биомассы криля в районе работы траулеров. Например, средний улов за час траления 4 т/час был получен при облове полей стай (плотность 555 т/миля^2 , $\lambda_s = 4,78 \cdot 10^5 \text{ м}^{-2}$, $\beta = 0,0982$) и скоплений в виде «дорожек» (плотность 317 т/миля^2 , $\lambda_s = 5,4 \cdot 10^3 \text{ м}^{-2}$, $\beta = 0,2796$). Оценки уловистости трала РТ 74/416 м, используемого при облове криля (скорость буксирования 3,2–3,3 узла) соответственно составили $P = 0,0608$ и $P = 0,1253$.

Сравнение уловистости различных конструкций разноглубинных тралов выполнялось по моделям вероятностно-статистической теории рыболовных тралов для обеспечения однородности тралений, т.е. идентичности условий облова рассматриваемыми орудиями лова (скорости траления, характеристик распределения криля).

На примере промысловых тралов Р72/708 м, РТ 74/416 м, РТ 76/400 м показано существенное влияние конструкции орудия лова на уловистость — при выполнении однородных тралений значения уловистости P этих тралов отличались более, чем в три раза, а коэффициент выхода K_0 — в 1,3 раза. При этом уловистость каждого из тралов существенно изменялась (более чем в два раза) в зависимости от характеристик пространственно распределения облавливаемых агрегаций криля (табл. 2).

Таблица 2. Расчетные оценки уловистости промысловых тралов при облове криля.

Тип характеристик распределения криля	Промысловый трал					
	РТ 72/308 м		РТ 74/416 м		РТ 76/400 м	
	Р	Кв	Р	Кв	Р	Кв
Тип I ($\beta = 0,022 \lambda_s = 1,87 \cdot 10^5$)	0,0202	0,83	0,0290	0,73	0,0423	0,58
Тип II ($\beta = 0,116 \lambda_s = 1,14 \cdot 10^4$)	0,0293	0,83	0,0637	0,73	0,0901	0,58
Тип III ($\beta = 0,294 \lambda_s = 2,73 \cdot 10^3$)	0,0434	0,83	0,0836	0,73	0,1396	0,58

Сравнительный анализ полной уловистости промыслового и исследовательского тралов выполнялся на примере трала РТ 72/308 м и трала Айзекса-Кидда в модификации Самышева-Асеева (ИТАК), традиционно используемого на учетных съемках. Последний работает по схеме с одним ваером и в его конструкции отсутствует канатно-сетная часть, гарантированная зона облова начинается непосредственно с устья трала, имеющего вертикальное раскрытие 2,3 м. Трал изготовлен из 5 мм дели. Показано, что особенности конструкции исследовательского трала (отсутствие активной зоны облова и малый облавливаемый объем, в сотни раз меньший такого для

промыслового трала) обеспечивали оперативность выполнения траловых станций, но обуславливали худшую уловистость по сравнению с промысловым тралом. Последнее проиллюстрировано моделированием облова криля, используя реальные характеристики его распределения на полигоне учетной съемки. По результатам 30 тралений каждым тралом оценены средняя уловистость и ее коэффициент вариации: $P = 0,0127$ и $CV = 3,6$ для трала ИТАК; $P = 0,0535$, $CV = 0,257$ для трала РТ72/308 м. Коэффициент корреляции между выборками значений уловистости двух типов тралов оказался очень низким ($r < 0,2$). Неоднородность характеристик пространственного распределения криля (λ , λ_s , β) обуславливала более высокие коэффициенты вариации уловистости трала ИТАК по сравнению с тралом РТ72/308 м при выполнении косого или ступенчатого обловов, принятых при выполнении учетных съемок: максимальный коэффициент вариации уловистости за траления при облове по 4 горизонтам слоя 0–100 м составил $CV = 3,50$ для трала ИТАК и $CV = 0,53$ для трала РТ72/308 м.

Сравнительный анализ дифференциальной уловистости промыслового трала РТ72/308 м и исследовательского трала ИТАК. Показано, что оценки длины криля, получаемые из уловов обоих тралов, являются смещенными и характер этого смещения различный: тралом ИТАК более успешно удерживались мелкие рачки, а тралом РТ72/308 м — крупные особи. По результатам экспериментальных работ выявлено статистически значимое расхождение размерного состава криля в уловах двух типов тралов при облове одного и того же его скопления, расхождение в средних длинах рачков достигало до 6,2 мм. При этом, конструктивные особенности трала ИТАК обуславливали неоднородность уловов по размерному составу: при обловах одного и того же скопления коэффициент вариации средней длины криля в траловых выборках составлял $CV = 0,187$ для трала ИТАК и $CV = 0,07$ для трала РТ72/308 м.

По экспериментальным данным и результатам расчета по моделям вероятностно-статистической теории рыболовных тралов выявлено влияние скорости траления и степени наполнения тралового мешка на размерный состав уловов: возрастание скорости траления сдвигает гистограмму размерного состава в сторону более крупных размерных классов, а увеличение вылова способствует возрастанию процентного содержания в нем мелкого криля.

Глава 4. ПОВЫШЕНИЕ ТОЧНОСТИ КОЛИЧЕСТВЕННОЙ ОЦЕНКИ КРИЛЯ ГИДРОАКУСТИЧЕСКИМ МЕТОДОМ

С 2000 года многочастотный метод видовой идентификации криля становится неотъемлемой частью стандартной методики гидроакустических съемок, принятой АНТКОМом (SC-CAMLR, 2000, 2003). Последнее делает оценку силы цели криля основным источником неопределенности в акустических оценках плотности. Традиционно проблема силы цели TS обсуждается в аспекте построения регрессионного уравнения $TS = 34,85 \log L - 127,45$ (где L — длина криля) (Greene et al, 1991), являющегося основой расчетного метода оценки TS , принятого в практике современных съемок. В данной работе впервые рассматриваются методологические аспекты расчетной оценки силы цели, связанные с процедурой определения размерного состава криля на полигоне съемки по данным траловых выборок.

Показано, что практика использования орудия лова на учетных съемках основана на допущении о неизменности его улавливающих свойств, что позволяет не учитывать последние при анализе данных траловых выборок. Вместе с тем, наши исследования свидетельствуют, что коэффициент вариации уловистости трала на полигонах съемок составлял не менее $CV = 20\%$, достигая $CV = 70\%$ для промыслового трала и $CV > 100\%$ для исследовательского трала, а изменения в степени наполнения тралового мешка (коэффициент вариации вылова за траление достигал $CV = 67\%$) влияли на размерный состав уловов. На конкретных расчетах выявлено, что не учет полной и дифференциальной уловистости трала при обработке данных траловых выборок ведет к значительным ошибкам в определении размерного состава криля, обуславливая суммарную ошибку в расчетах силы цели TS до 3 дБ, что давало почти двукратную ошибку в оценке плотности криля на полигоне съемки.

Показано, что процедура определения размерного состава криля на полигоне съемки (или в страте) требует пересчета величины улова и размерного состава каждой траловой выборки к величине биомассы и размерному составу рачков в зоне действия трала. Пересчет выполняется на основе полной и дифференциальной уловистости орудия лова, рассчитываемых за каждое траление. Репрезентативная оценка размерного состава криля не отделима от использования трала как измерительного инст-

румента, что включает в себя: выбор его оптимальной конструкции; определение стандартного режима траления и загрузки трала; проектирование схемы размещения траловых станций и выбор тактики облова, обеспечивающих заданную степень надежности оценки размерный состав криля на полигоне съемки; стандартизацию методики обработки траловых выборок с учетом улавливающих свойств трала.

Предлагается использовать две характеристики силы цели криля TS и $TS_{1кг}$ (сила цели одного килограмма), расчетная оценка которых предъявляет различные требования к статусу орудия лова на гидроакустических съемках. Показано, что кубическая зависимость величин акустического сечения обратного рассеяния и массы криля от его длины и принятая на съемках стандартная процедура расчетной оценки массы рачков по размерным классам на основе уравнения $m = f(L)$ Motties et al (1988) делают возможным и целесообразным практическое использование величины $TS_{1кг}$. Достоинством величины $TS_{1кг}$ является ее независимость от размерного состава криля на полигоне съемок и улавливающих свойств трала, используемого для изъятия биологических выборок.

Автором предлагается ввести в практику средневзвешенную оценку $TS_{1кг} = -38,57$ дБ (границы 95 %, доверительного интервала — 38,22 дБ и — 38,96 дБ), что, с учетом выполнения стандартной процедуры акустической видовой идентификации криля, позволяет исключить применение трала на гидроакустических съемках и получать надежные оценки биомассы и распределения плотности ($г/м^2$) по результатам оперативных съемок, экономя экспедиционное время на выполнение траловых станций. Использование параметра TS требует определения размерного состава криля на полигоне и делает трал неотъемлемым инструментом гидроакустической съемки. Показано, что такая съемка требует разработки методологии использования двух измерительных систем — траловой и акустической. Однако, в этом случае, возможно получать не только оценки биомассы, но и надежные оценки численности криля по размерным классам, являющиеся исходной информацией для оценок пополнения и построения целевых функций в аналитических методах оценки запаса (GYM модель),

Глава 5. ПРАКТИЧЕСКОЕ ПРИМЕНЕНИЕ УЧЕТНЫХ СЪЕМОК

Съемки для оценки состояния ресурсов криля. На сегодняшний день многолетние ряды наблюдений по распределению криля получены по результатам траловых и гидроакустических съемок. Обобщение новых и старых данных учетных съемок криля необходимо для познания закономерностей пространственной и временной изменчивости распределения криля, определения реальных перспектив использования его биоресурсов.

Показано, что изменения в технологии и методологии гидроакустических съемок могут оказывать существенное влияние на получаемые оценки биомасс. В частности, применение разных методов видовой идентификации криля: традиционного визуального анализа эхограмм с учетом видового состава траловых выборок и многочастотного акустического метода видовой идентификации, обуславливали расхождения в оценках биомасс, достигающее 80 %. Межгодовые вариации оценок биомасс могут быть в большей степени связаны с изменениями в методологии и технологии гидроакустических съемок, чем изменениями в состоянии запаса криля. Последнее следует учитывать при ретроспективном анализе результатов гидроакустических съемок и особенно синоптических съемок, являющихся основой для оценки величины допустимого вылова криля (например, съемки FIBEX-1986 и АНТКОМ-2000).

По результатам сравнительного анализа одновременно выполняемых траловых и акустических съемок криля выявлена разная природа двух оценок плотности и разные источники их неопределенности. Показано что оценки плотности, получаемые двумя методами, не сопоставимы ни по абсолютной величине, ни по надежности, как в масштабе отдельных выборок, так и в масштабе всего полигона съемки. Средние значения плотности на полигонах съемок, основанные на траловых уловах, оказались намного ниже акустических оценок и характеризовались низкой надежностью — высокими коэффициентами вариации и стандартными ошибками. Выявлена невозможность прямого сравнения оценок плотности и биомассы криля, получаемых по данным траловых и акустических съемок. Сопоставление результатов двух типов учетных съемок возможно только на уровне трендов распределения криля в масштабе полигона. Принимая во внимание неизменность методики траловых съемок в течение последних 20-ти лет, многолетние ряды результатов этих съемок представляют важную информацией о межгодовых трендах распределения криля.

Оценка промысловой обстановки. Обобщение данных гидроакустических съемок, выполненных в традиционных районах промысла, и показателей работающих здесь траулеров, выявило, что промысловая обстановка формировалась не только биомассой криля, сосредоточенной в районах работы флота, но и зависела от технической доступности этой биомассы орудиям лова, что определялось характеристиками (β , λ_s , λ) распределения облавливаемых агрегаций. Изменения характеристик распределения криля в течение промыслового сезона по-разному проявлялись в показателях работы флота. Анализ промысловой статистики траулеров (с мощностью главного двигателя от 2000 л.с. до 5200 л.с.) показал, что величина вылова за судосутки лова, регламентируемая производительностью судового оборудования по массе перерабатываемого сырья, достигалась приложением различного промыслового усилия при изменении доступности облавливаемых агрегаций. Вылов за траление также не отражал промысловой обстановки, поскольку одна и та же величина этого показателя достигалась различным промысловым усилием. Наиболее чувствителен к изменению характеристик распределения криля вылов за час траления. Например, для групп судов типа ГППР «Грумант» (мощность гл. силовой установки 3000–3100 л.с.) и типа БМРТ (мощность гл. силовой установки 2000–2400 л.с.) средние месячные значения вылова за траление и суточного вылова удерживались на одном уровне в течение промысловых сезонов, их коэффициент вариации был менее 10 %. Однако, достигалось это высокими коэффициентами вариации продолжительности траления и улова на час траления (до 40 %). Для отдельных траулеров вариация вылова за час траления составляла до 70 %, а затрачиваемого суточного промыслового усилия — до 50 %.

Установлены нижние пороговые значения плотности криля для районов работы флота. Показано, что на протяжении сезонов 1983–1990 гг. промысловый флот сосредотачивался на участках с плотностью биомассы не менее 100 г/м^2 (390 т/миля^2), а современным требованиям к промысловой значимости скоплений (на примере работы украинских траулеров типа РТМ-С и РТМ-А и японских траулеров в сезоны 2000–2002 гг.) соответствуют пороговые значения плотности биомассы не ниже $200\text{--}300 \text{ г/м}^2$ при характеристиках распределения криля, обеспечивающих средние уловы не менее $10\text{--}15 \text{ т/час}$ и суточный вылов не менее 100 т при суточном промысловом усилии не более 7–8 часов.

Перспективы развития учетных съемок автор видит в введении в практику гидроакустических съемок моделей вероятностно-статистической теории рыболовных тралов и анализа характеристик распределения криля с целью организации надежного мониторинга за состоянием его ресурсов и промыслового прогнозирования.

В традиционных, малоизученных или перспективных районах работы добывающего флота предлагается проводить оперативные гидроакустические съемки для оценки ресурсов криля и промысловой обстановки. В соответствии с разработанными рекомендациями выполняются экспресс оценка биомассы, распределения плотности, характеристик пространственного распределения агрегаций криля. Анализ такой гидроакустической информации на основе указанных аналитических моделей позволяет: а) получить информацию по рациональной расстановке флота, оценивая допустимый вылов и допустимое промысловое усилие в количестве судов и судосутках лова, обеспечивающих эффективную работу траулеров с учетом производительности их технологического оборудования по переработке сырья; б) оперативно рассчитать ожидаемые показатели работы различных типов траулеров применительно к реальным параметрам их тралов и суточной производительности технологических установок; построить карты распределения прогнозируемых величин вылова за час траления для различных типов траловых систем. Конкретными примерами съемок автор иллюстрирует хорошую сопоставимость прогнозируемых показателей работы траулеров с реальными показателями, наблюдаемыми по результатам промысла.

Повышение эффективности результатов учетных гидроакустических съемок криля неотделимо от перспектив развития съемок, проводимых в АЧА, принимая во внимание их дороговизну и ограниченное количество. Предлагается совершенствовать обработку данных съемок с целью получения информации для промыслового прогнозирования. Традиционная оценка биомассы и распределения плотности криля на полигоне съемки дополняются анализом характеристик пространственного распределения его агрегаций. В этом случае, анализ гидроакустической информации с использованием моделей вероятностно-статистической теории рыболовных тралов позволяет выделить потенциальные участки промысла, оценить здесь биомассу и ее доступность орудиям лова, получить информацию для рационального планирования промысла. Предлагаемая схема обработки данных учетных гидроакустических сьемок

криля реализуется в АтлантНИРО с 2000 г. Результаты такой обработки показаны на примере съемок, выполненных в подрайонах Южных Сандвичевых островов и о. Южная Георгия. В качестве критериев прогнозирования участков промысла автор использовал пороговые значения промысловой значимости агрегаций криля, показанные выше.

ВЫВОДЫ

1. Предложена и обоснована система характеристик пространственного распределения агрегаций криля, оцениваемых по данным гидроакустических измерений. Система может быть использована применительно к другим объектам промысла.

2. Разработана классификация агрегаций криля. Выполнен статистический анализ характеристик распределения различных типов агрегаций криля по результатам съемок в море Скотия (1983–2002 гг.). Определены характеристики распределения промысловых скоплений. Показана пространственная и межгодовая неоднородность распределения криля в пределах мезо-масштабных полигонов и участков промысла. Выявлены различия в пространственном распределении различных типов агрегаций по отношению к структуре и динамике водных масс.

3. На основе гидроакустических измерений и расчетов по моделям вероятностно-статистической теории рыболовных тралов выполнена оценка полной уловистости и ее элементов для различных типов промысловых тралов. Исследовано влияние скорости траления и угла атаки сетного полотна трала на уловистость. Показано, что в зависимости от характеристик распределения облавливаемых агрегаций криля уловистость разноглубинного трала может изменяться в несколько раз.

4. Проведен сравнительный анализ улавливающих свойств промыслового и исследовательского тралов. Выявлено, что исследовательский трал, обеспечивая оперативность выполнения траловых станций, давал существенный проигрыш в уловистости относительно промыслового трала, как по величине, так и по коэффициенту вариации в зависимости от изменения характеристик распределения облавливаемых агрегаций криля на полигоне съемки. Различия в дифференциальной уловистости тралов обуславливали статистически значимое расхождение размерного состава криля в их уловах при облове одного и того же скопления.

5. Разработаны рекомендации по использованию разноглубинного трала на гидроакустических съемках как измерительного инструмента для оценки размерного состава криля. Предложена процедура обработки траловых выборок с учетом полной и дифференциальной уловистости орудия лова. Рекомендации являются актуальными для любых учетных съемок, выполняемых с использованием орудия лова.

6. Разработаны рекомендации по повышению надежности акустических съемок криля на основе совершенствования расчетной оценки силы цели. Показано, что в отличие от рыб, особенности криля как акустической цели делают возможным практическое использование величины $TS_{1кг}$. Введение в практику обоснованной автором средневзвешенной оценки $TS_{1кг} = -38,57$ дБ повышает надежность оценок биомассы криля и увеличивает оперативность съемок, исключая выполнение траловых станций.

7. Установлено, что ретроспективный анализ результатов гидроакустических съемок следует выполнять с учетом изменений, произошедших в их методологии и технологии, поскольку такие изменения могут в большей степени обуславливать межгодовые колебания в оценках биомассы криля, чем изменения в состоянии его запаса.

8. Выявлено, что оценки плотности и биомассы криля, получаемые по результатам траловых и гидроакустических съемок, несопоставимы ни по абсолютной величине, ни по надежности. Поэтому обобщение результатов двух типов учетных съемок для познания закономерностей распределения криля нецелесообразно.

9. Показано, что промысловые показатели работы траулера, определяются не только биомассой криля в районах работы флота, но и зависят от характеристик распределения его агрегаций, определяющих техническую доступность этой биомассы орудиям лова. Изменения характеристик распределения криля — основная причина колебания уловов промысловых судов, поскольку уловистость орудий лова является их функцией. Установлено, что современным требованиям к промысловой обстановке соответствуют значения плотности не ниже $200-300$ г/м² при характеристиках распределения криля, обеспечивающих средние уловы не менее 10–15 т/час и суточный вылов не менее 100 тонн при суточном промысловом усилии не более 7–8 часов.

10. Показана перспективность введения в практику гидроакустических съемок моделей вероятностно-статистической теории рыболовных тралов и анализа характери-

стик распределения агрегаций криля для мониторинга его ресурсов и промыслового прогнозирования. Разработаны рекомендации по проведению оперативных съемок в традиционных, перспективных и малоизученных районах промысла для оценки ресурсов криля, промысловой обстановки и рациональной организации промысла. Разработаны рекомендации по выделению потенциальных районов промысла на основе совершенствования обработки данных учетных гидроакустических съемок криля, что является важной информацией для управления промыслом. Предлагаемые рекомендации актуальны для проведения исследований в других районах Мирового океана.

Основное содержание диссертации опубликовано в следующих работах:

1. Касаткина С. М. Уловистость разноглубинных тралов в задаче количественной оценки биомассы криля методом траловых съемок — АтлантНИРО, Калининград, 1990. — Рус.-Деп. в ЦНИИТЭИРХ 16.04.90. № 1098-Dx90.

2. Касаткина С.М. Пелагический трал как инструмент оценки размерного состава морских гидробионтов на экосъемках. // Развитие технических методов рыбохозяйственных исследований: Сб. научн. тр. / ПИНРО. — Мурманск, 1999. — С. 131–146.

3. Kasatkina S.M. Acoustic studies of catchability by midwater trawl of slow and fast moving commercial species // Proceeding of the Institute of Acoustics: Symposium on Fisheries Acoustics.-Lawfistoft, England, 1989 — Vol. 11 part. 3 — ISBN Number 094673/83. — 20 p.

4. Kasatkina S.M. and V.I. Latogursky. Characteristics of distribution of krill aggregations in fishing grounds off Coronation Island in 1989–1990 season // In: Selected Scientific Papers. — Hobart, Australia, 1990. — S-CAMLR-SS/P7. — P. 131–158.

5. Kasatkina S.M. Midwater trawl catchability as an aspect of a quantitative assessment of krill biomass conducted using a trawl census survey // In: Selected Scientific Papers, Hobart, Australia, 1991. — SC-CAMLR-SSP/8. — P. 257–272.

6. Kasatkina S.M. Krill distribution variability and fishing conditions within Subarea 48.3 in June 1991. — Document WG-Krill-95/35. CCAMLR, Hobart, Australia, 1995 — 10 p.

7. Kasatkina S.M. Selectivity of commercial and research trawls in relation to krill // CCAMLR Science, 1997. — P. 161–170.

8. Kasatkina S.M. Some comments on the procedure of krill target strength assessment in echosurveys // CCAMLR.-Hobart, Australia, 1998. — Document WG-EMM-98/20. — 15 p.

9. Kasatkina S.M. Fishery-Acoustic Survey in the area of the Fleet Operation // Abstract book of International Symposium ACOUSTGEAR, Hakodate, Japan, 2000. — P. 50.

10. Kasatkina S. and A. Malyshko. On influence of acoustic survey methodology improvement on krill biomass estimation // CCAMLR, Hobart, Australia, 2001. — Document WG-EMM-01/41 — 12 p.

11. Kasatkina S.M., Malyshko A., Bereginisky O. and Shnar V. Aggregation characteristics of Antarctic krill in the Scotia Sea during January-February 2000 // CCAMLR, Science, 2002. — P. 145-164.

12. Kasatkina S.M., Litvinov F.F., Sushin V.A., Tchernyshkov P. and Zimin A. Interannual Variability in krill distribution in the Antarctic part of the Atlantic in 1972-2002 // Second GLOBEC Open Science Symposium Abstract. — Qingdao, China, 2002. — P. 118

13. Kasatkina S.M. and Ivanova V.F. Fishing intensity of Russian fleet in krill fishery in Subareas 48.2 and 48.3 // CCAMLR Science, 2003. — P. 25-36.

14. Kasatkina S.M. On commercial significance of krill aggregations // CCAMLR-Hobart, Australia, 2003. — Document WG-EMM-03/31 — 9 p.

Взр. зр.