

Всероссийский научно-исследовательский институт
рыбного хозяйства и океанографии

На правах рукописи
УДК 639.28:639.2.081.117.21

АКИШИН Владимир Владимирович

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОМЫСЛА КРИЛЯ
ЗА СЧЕТ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ
ТАКТИКО-ТЕХНИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ ЛОВА

/Специальность 05.18.17 — Промышленное рыболовство/

Автореферат
диссертации на соискание ученой
степени кандидата технических наук

Москва 2002 г.

Работа выполнена во Всероссийском научно-исследовательском институте рыбного хозяйства и океанографии (ВНИРО).

Научный руководитель:

доктор технических наук

Р.Г. Бородин

Официальные оппоненты:

доктор технических наук, профессор

В.Н. Мельников

кандидат технических наук

Ю.Н. Ефимов

Ведущая организация: Тихоокеанский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии (ТИНРО-Центр)

Защита состоится 19 июня 2002 г. в 15 часов на заседании диссертационного совета Д 307.004.02 во Всероссийском научно-исследовательском институте рыбного хозяйства и океанографии по адресу: 107140, г. Москва, ул. Верхняя Красносельская, 17.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Всероссийского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии.

Автореферат разослан "17" мая 2002 г.

Отзывы просим направлять в двух экземплярах, заверенных печатью, по адресу: 107140, г. Москва, ул. Верхняя Красносельская, 17

Ученый секретарь

диссертационного совета,
кандидат технических наук



О.М. Лапшин



ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность проблемы. В настоящее время запасы основных видов промысловых рыб, добываемых в промысловой зоне России, сильно истощены. Это ставит перед отечественным рыбопромысловым флотом задачу освоения ресурсов открытой части Мирового океана. Одним из наиболее значимых в этом отношении неиспользуемых видов является Антарктический криль, промысловая квота которого составляет 2,44 млн. т (2002 г.). Интерес к промыслу криля проявляют многие страны, особенно расположенные в Южном полушарии. Минрыбхоз СССР в свое время провел обширные исследования по биологии, распределению, технике добычи и технологии переработки криля, вел широкомасштабный промысел криля, достигающий в отдельные годы объема в 0,5 млн. т. Этот задел может обеспечить приоритетные позиции России в возобновлении лова криля. Однако, изменившиеся экономические условия предъявляют повышенные требования к эффективности промысла криля, в частности к технике его добычи. Исследования этой проблемы представляют не только теоретический интерес, но и имеют большое практическое значение для промышленного рыболовства. Полученные результаты могут быть использованы для организации лова криля на новом, более современном биотехническом уровне, учитывающем особенности поведения объекта лова.

Целью работы являлась разработка теоретических основ тралового лова криля, позволяющих путем оптимизации лова повысить эффективность промысла.

Основные задачи работы:

- анализ способов и орудий лова криля и пути их совершенствования;
- анализ данных по биологии и поведению криля, его взаимодействию с орудиями лова;

- исследование процесса взаимодействия криля с орудиями лова на основе проведения экспериментальных работ по изучению отсева криля в различных частях трала;

- разработка математической модели тралового лова криля, позволяющей повысить его эффективность за счет изменения тактико-технических элементов (скорости траления, формы трала и т. д.).

Общая методика исследований. Основным материалом диссертации получен в результате обобщения научно-исследовательской информации по биологии, поведению, распределению, технике лова и промыслу криля. В научно-исследовательских рейсах при проведении экспериментальных работ по изучению взаимодействия объекта и орудия лова использован метод установки мелкоячеистых покрытий. В диссертации также использован аналитический метод исследования при построении математической модели тралового лова криля.

Научная новизна работы заключается в том, что автору удалось разработать теоретические основы биотехнического подхода к траловому лову криля.

При выполнении работы автором впервые получены следующие экспериментальные и теоретические результаты:

- исследованы закономерности выхода криля (по массе и размерному составу) в различных частях трала, включая его крупноячеистую часть;

- получены экспериментальные кривые дифференциальной уловистости для ряда тралов, свидетельствующие о наличии у криля поведенческих особенностей, имеющих существенное значение для эффективности тралового лова;

- установлено, что крупноячеистая часть трала концентрирует криль перед мелкоячеистой частью и поэтому имеет определяющее значение для результатов лова;

- разработана математическая модель взаимодействия криля с орудием лова;

- получены формулы для определения значений коэффициента уловистости для рачков разной длины, т. е. дифференциальной уловистости трала, для определения размерного состава и массы улова криля;

- установлена функциональная взаимосвязь между конструктивными параметрами и формой трала (длина, раскрытия и углы атаки основных частей, шаг ячеи и толщина нити в секциях мелкоячеистой рубашки), скоростью траления, селективными параметрами мелкоячеистой части, характеристиками облавливаемых скоплений криля и результатами траления (уловом и уловистостью);

- разработан модельный подход к анализу состояния облавливаемых скоплений по результатам лова;

- разработанная автором математическая модель тралового лова криля открывает возможности повышения эффективности промысла путем оптимизации процесса лова за счет изменения формы трала и скорости в отдельных конкретных тралениях.

Практическая ценность.

Результаты исследований использованы в инженерной практике при обосновании техники и тактики промысла криля. Разработаны методические рекомендации по повышению эффективности промысла криля. Имеются справки-акты об использовании полученных автором результатов.

Разработанные теоретические основы тралового лова криля позволяют повысить эффективность промысла за счет оптимизации процесса лова и его адаптации к изменениям поведения объекта лова. Это может быть достигнуто как за счет совершенствования конструкций орудий лова, так и за счет оперативного изменения параметров трала (вертикального и горизонтального раскрытий, углов атаки крупноячеистой части, скорости траления) в отдель-

ных тралениях с учетом состояния облавливаемых скоплений криля и времени суток.

Результаты исследований открывают возможности прогнозирования размерного состава и массы улова, уловистости тралов в каждом конкретном тралении.

Апробация работы. Материалы диссертации освещались в докладах на конкурсе работ молодых специалистов ВНИРО (1985 г.), конференции по проблемам экосистем Южного океана в ИОАН им. Ширшова (1990 г.), научно-техническом симпозиуме на международной выставке “Инрыбпром-2000”, на коллоквиумах лаборатории промышленного рыболовства, интенсивности рыболовства (1984–2000 гг.), на расширенном коллоквиуме лабораторий интенсивности рыболовства, системного анализа промысловых биоресурсов, гидроакустики и Антарктики ВНИРО (2002 г.).

Практический материал. Основой для решения поставленных в работе задач послужили результаты исследований, проведенных автором на судах БМРТ “Академик Книпович” (1982–84 гг.) и БМРТ “Мыс Бабушкина” (1988г.) в Атлантической, Тихоокеанской и Индоокеанской частях Антарктики.

Публикации. По теме диссертации опубликовано 7 работ.

Объем работы. Диссертация изложена на 145 страницах машинописного текста, содержит 53 рисунка, 6 таблиц, состоит из введения, четырех глав с выводами, списка использованной литературы, включающего 128 публикации на русском и иностранных языках.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность проблемы, поставлены цели и определены основные задачи исследований, приведены общая методика ис-

следований, их теоретическая и практическая ценность, реализация результатов исследований, объем и содержание работы.

Первая глава посвящена анализу развития техники добычи криля в нашей стране и за рубежом. В этой связи автором были выделены основные этапы конструирования орудий лова криля.

Экспериментальные работы по добыче криля проводились, начиная с 1962 г. На этом этапе была определена принципиальная возможность добычи криля и изучались возможности добычи различными видами техники: разноглубинным кормовым тралом, бортовым тралом, близнецовым тралом, кошельковым неводом и т. д.

В ходе исследований было установлено, что поведение криля в зоне орудия лова резко отличается от поведения рыб, т. к. криль практически “не боится” надвигающихся сетей и, если позволяет размер ячеи, свободно процеживается через них. Наиболее перспективным промысловым орудием был признан разноглубинный трал.

Следующий этап развития промысла криля (с 1967 г.) можно связать с внедрением новых, четырехпластных тралов с увеличенными раскрытиями. Результатом второго этапа стало создание конструкций мелкоячейных тралов, обеспечивающих добывающие суда уловами, достаточными для ведения промышленного лова.

На третьем этапе (во второй половине 70-х гг.) была предпринята попытка лова криля крупноячейными, а затем канатными тралами с мелкоячейными приставками, позволившими достичь лучших результатов. Скорость траления возросла до 4,0–4,5 уз. Вертикальные раскрытия тралов достигали от 30–40 до 60 м, что облегчало судоводителям наведение орудия лова на косяк.

Неожиданный для специалистов успех канатных тралов объясняли повышенными скоростями траления, достаточно большими раскрытиями мелкоячейной части и, как следствие, большими объемами протраленного вод-

ного пространства. В то же время полагалось, что из-за малой подвижности у криля практически отсутствует реакция на трал и поэтому уловистость крилевого трала определяется его селективностью, т. е. механическим процеживанием рачков через сетное полотно. При этом роль канатной и крупноячейной частей трала заключается лишь в формировании облавливающей мелкоячейной части трала, а эффективная зона облова соответствует лишь площади крилевой приставки. Однако, крилевые тралы, сконструированные на основе этих теоретических представлений, по производительности уступали канатным тралам.

В дальнейшем (в период до 1992 г.) каких-либо существенных изменений в конструкциях тралов не отмечалось, предпринимались лишь попытки использования новых для отечественного рыболовства материалов. Это дает основание полагать, что возможности повышения эффективности промысла криля за счет совершенствования конструкций орудий лова в основном были исчерпаны.

За рубежом работы по технике лова криля проводили Япония, Германия, Франция, Польша, Норвегия, США, Чили, Аргентина, Тайвань. Наиболее активный промысел в антарктических водах вела Япония, которая с 1975 г. приступила к промышленному освоению его запасов.

Зарубежные рыбаки в общем повторили путь освоения лова криля, который прошли наши специалисты. По заключению автора, уровень их экспериментальных работ сопоставим с отечественным уровнем конструирования орудий лова в конце второго — начале третьего этапа, несмотря на ряд преимуществ за счет применения более совершенных промысловой техники, механизмов и сетматериалов. Таким образом, на протяжении тридцатилетнего периода времени отечественные рыбаки были лидерами в мировом рыболовстве как по объемам вылова, так и по совершенствованию техники лова криля.

Автором показано, что в процессе развития техники добычи криля упор делался на совершенствование технических параметров орудий лова без учета поведенческих характеристик криля. Вносимые в конструкции тралов изменения не связывались с размерным составом криля в улове, а только с массой улова или его выходом в отдельных частях. Специальные работы по изучению отсева криля в различных частях орудий лова не проводились, тем более с учетом размерного состава такого выхода.

В результате криль воспринимался добытчиками как однородная масса, лишенная каких-либо отличий между собой, кроме размера, и не обладающая какими-либо способностями к активным действиям. В то же время отмеченные разными исследователями факты и полученные автором экспериментальные данные противоречат этому, что вызвало необходимость дальнейшего изучения вопроса.

Вторая глава посвящена изучению литературных данных по поведению криля в естественных условиях, которое проводилось по следующим направлениям:

- поведение криля в скоплениях;
- суточная динамика миграций скоплений;
- затраты энергии на предотвращение погружения;
- сопротивление воды движению тела;
- способы движения (при помощи плеоподов и абдомена);
- скорости плавания и методы ее увеличения;
- зависимость между углом плавания и скоростью перемещения;
- ориентация в пространстве;
- реакция на "опасность", свет и другие раздражители.

Анализ этих данных [6] позволил автору сделать заключение о том, что криль обладает высокими гидродинамическими и скоростными качествами (относительно размеров тела), имеющими существенное значение для техники лова.

В третьей главе рассмотрено взаимодействие криля с орудиями лова [5, 6], которое исследовалось по следующим направлениям:

- наблюдения за процессом облова поверхностных скоплений криля;
- анализ эффективности лова;
- гидроакустические наблюдения;
- визуальные подводные наблюдения;
- аквариальные эксперименты;
- изучение влияния гидродинамических полей трала;
- оценка интенсивности оптического поля, создаваемого траловой оболочкой;
- исследования отсева криля.

Наблюдения за обловом поверхностных скоплений криля выявили наличие у криля ряда поведенческих особенностей, таких как организованное стайное поведение, реакция (в том числе визуальная на опасность), дистанция реагирования, различие в поведении (в том числе в зависимости от размера тела).

Проведенный автором анализ эффективности лова показал, что суточная изменчивость уловов зависит от особенностей поведения и распределения криля и конструкции трала. Для мелкоячеяного трала периодичность изменения улова (с двумя суточными максимумами) совпадает с суточной ритмикой активности питания криля. Лов канатным тралом, наоборот, наиболее успешен в светлое время суток, утром и вечером, во время периодов активных миграций скоплений криля.

Гидроакустические наблюдения за поведением криля в зоне действия орудия лова выявили наличие реакции рачков на проходящее через скопление судно с тралом.

Визуальные подводные наблюдения, по мнению автора, не дают полной картины происходящего явления, т. к. наблюдатель видит только выходящий через оболочку трала криль. Рачки, находящиеся ниже сетной оболоч-

ки трала, не попадали в поле зрения наблюдателей, и их поведение не могло быть зафиксировано.

Автором показано [6], что проведенные аквариальные эксперименты по изучению взаимодействия криля с сетным полотном ввиду методических неточностей (недостаточная скорость движения сети) не могут обосновывать отсутствие у криля реакции на орудия лова.

Распределение и интенсивность отсева криля через сетное полотно существенно зависят от гидродинамических процессов, происходящих в трале при буксировке. Повышенное сопротивление крилевого мешка создает перед ним мощный гидродинамический подпор, который выбрасывает большое количество криля через оболочку трала.

Изучение ночного лова позволило автору предположить, что в некоторых случаях в условиях биолюминисценции криль способен видеть надвигающуюся на него сетную оболочку трала и реагировать на нее.

Исследования отсева криля проводились на основе метода установки мелкоячеяных покрытий [1, 3].

Экспериментальные работы автора [1, 2, 3, 5, 6] с мелкоячеяным тралом 78,2/94 м, тралом 60,4/180 м и канатным тралом 57/360 м позволили предложить общую схему изменения отсева в различных частях крилевого трала, включающую две зоны повышенного и две зоны пониженного отсева.

В первой зоне (крупноячеяная часть) происходит процесс концентрации крупных и отсева мелких рачков, определяемый особенностями их поведения и энергетическими возможностями.

За ней расположена первая зона пониженного отсева (мелкоячеяная часть), где отсеивается мелкий криль. Процесс определяется особенностями гидродинамических потоков внутри трала.

Далее расположена вторая зона повышенного отсева (конусная часть мешка), где криль "принудительно" выдавливается через сетную оболочку выходящим из трала мощным потоком воды. Здесь совместно происходят два

процесса: воздействие гидродинамического потока и селективный выход рачков тех размеров, которым позволяет пройти ячей, что вызывает сильную объёмную этих участков.

Последней (в цилиндрической части мешка) расположена вторая зона (относительно) пониженного отсева, где через ячейку рубашки выходит мелкий криль (селективность).

Канатная часть служит для обеспечения рабочей формы остальных частей трала, а ее размеры должны определяться удобством работы с тралом (наведение, выборка и т. д.).

Результаты экспериментальных работ по тралу 57/360 м [1] хорошо иллюстрируют предложенную схему. Как видно из рис. 1, на верхней пластине четко просматриваются два участка повышения и два участка уменьшения удельного отсева. Аналогичная картина наблюдается и на боковой пластине трала.

Особого внимания заслуживает факт значительно меньшего удельного отсева криля через боковые пластины крупноячейной части трала 57/360 м по сравнению с верхней пластиной [1, 6]. Автор полагает, что дистанция реагирования криля в горизонтальной плоскости существенно выше, чем дистанция реагирования в вертикальном направлении [5, 6].

Горизонтальное раскрытие трала 57/360 м было значительно больше вертикального, а угол атаки боковой пластины крупноячейной части больше, чем верхней. В результате через единицу площади боковой поверхности проходил больший объем воды и, соответственно, просеивалось большее количество криля. При одинаковой реакции рачков удельный отсев через боковые пластины трала, наоборот, должен быть выше по сравнению с верхней.

Этот вывод автора подтверждается также фактом большего выхода криля в боковой пластине мелкоячейной части трала по сравнению с верхней по мере приближения к мешку, поскольку рачки, ускользнувшие от крупных

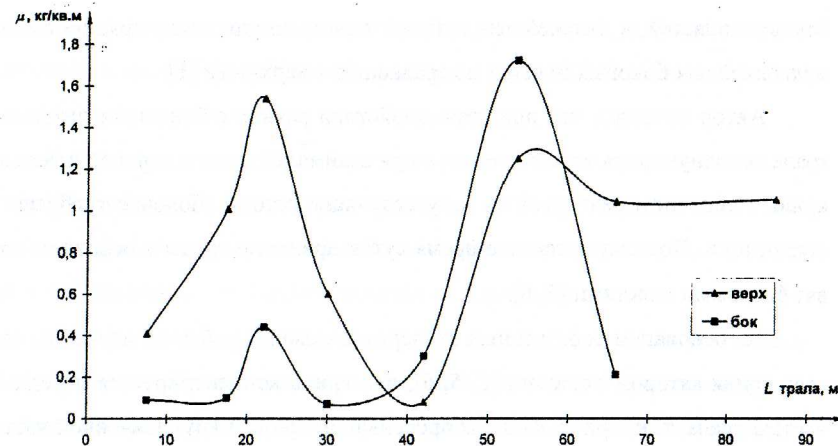


Рис. 1. Отсев криля (μ) в различных частях трала с 1 м^2 фиктивной площади поверхности.

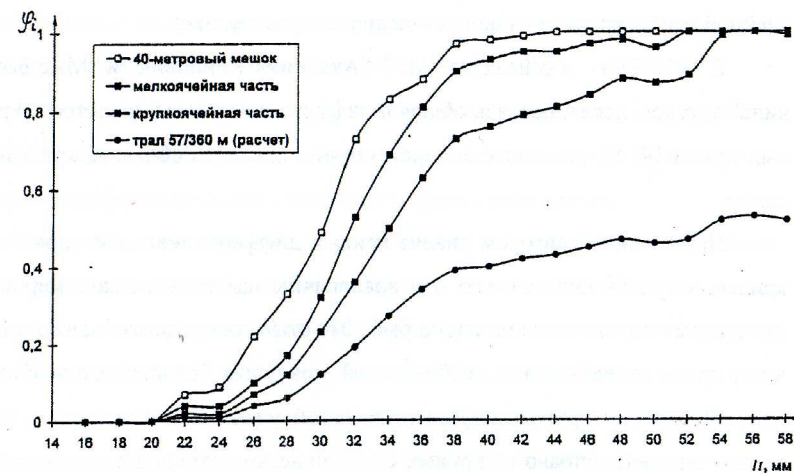


Рис. 2. Дифференциальная уловистость $\varphi = f(l)$ трала 57/360 м и его отдельных частей, селективность 40-метрового крилевого мешка.

боковых пластей, в дальнейшем создают повышенную концентрацию около мелкоячейных боковых пластей по сравнению с верхними [1].

Автор полагает, что при взаимодействии рачков с боковыми пластинами трала основную роль играет зрение, а при взаимодействии с верхней пластиной криль в основном реагирует на сопутствующие сетной оболочке турбулентные потоки. Поэтому в светлое время суток крилевые тралы в основном ловят боковыми пластинами [5, 6].

На основании собственных экспериментальных работ по изучению отсева криля автором показано [2, 5, 6], что криль концентрируется передней частью трала, т. к. при свободном просеивании криля в крупноячейной части трала масса отсева должна быть во много раз больше.

Проведенный автором анализ размерного состава криля, попавшего в уловители, показал, что средняя длина рачков в передних, в том числе крупноячейных частях трала увеличивается по мере продвижения к мешку (даже при уменьшении шага ячеек), что возможно лишь при наличии реакции криля на сетное полотно, причем крупные рачки обладают большими возможностями для ухода. При этом рачки, вышедшие через боковые пластины крупноячейной части, крупнее рачков, вышедших через верхние.

В 1982–88 гг. в рейсах на БМРТ “Академик Книпович” и “Мыс Бабушкина” автором исследовалась общая и дифференциальная уловистость крилевых тралов [4, 5], на основе которой уточнялся состав облавливаемой популяции.

Проведенный автором анализ кривых дифференциальной уловистости крилевых тралов показал, что они аналогичны известным закономерностям для донных и пелагических видов рыб. Это позволило сделать вывод о наличии у криля поведенческих особенностей, присущих большей части объектов лова. Поскольку кривые дифференциальной уловистости оказались значительно смещены вправо от кривых селективности, это свидетельствует о существенном избирательном действии передней части трала [4].

На рис. 2 представлены графики дифференциальной уловистости крупноячейной и мелкоячейной частей крилевого трала 57/360 м, селективности его 40-метрового мешка.

Кривая дифференциальной уловистости крилевого трала является достаточно устойчивой характеристикой для определенной конструкции трала. Анализ графиков дифференциальной уловистости крилевого трала, полученных в разных районах промысла, показал их идентичность.

Автором показано, что время лова на протяжении суток имеет существенное значение. Наивысшие значения дифференциальной уловистости приходятся на утренние часы, когда происходит постепенное опускание рачков от поверхности в толщу воды (от 8 до 12 ч) и вечерние часы, когда криль поднимается к поверхности (от 16 до 20 ч). Самые низкие значения приходятся на ночные часы (от 20 до 4 ч). В дневное время уловистость трала находится в промежутке между этими значениями.

По мнению автора, наивысшая уловистость крилевых тралов приходится на периоды вертикальных миграций стай криля, когда рачки наиболее активны и действуют согласованно. В дневное время рачки способны к зрительной реакции на трал, но из-за рассредоточения стаи для питания они теряют ориентировку и согласованность реакции.

Автором показано, что скорость траления также влияет на дифференциальную уловистость крилевого трала. При облове поверхностных скоплений криля дифференциальная уловистость трала уменьшается.

С ростом вертикальной протяженности облавливаемых скоплений дифференциальная уловистость трала заметно увеличивается, что, как считает автор, является дополнительным подтверждением концентрации криля в передних частях.

Проведенный автором анализ данных по взаимодействию криля с орудиями лова и результаты собственных экспериментальных работ [5, 6] опровергают предположение о свободном просеивании криля в крупноячейной

части трала. Процесс лова криля представляет собой не только отцеживание рачков мелкоячейным сетным полотном, но и их концентрацию передними, в основном крупноячейными частями трала. В отличие от большинства видов пелагических рыб, которые при встрече с сетной оболочкой трала разворачиваются и двигаются в направлении устья трала, криль, ввиду недостатка энергетических возможностей не способен "соревноваться" с движущейся траловой системой. Однако, взаимодействие рачков с сетной оболочкой — это не свободное просеивание, где позволяет размер ячеи, и не механическое отцеживание, где ячея мала. Криль реагирует на движущееся сетное полотно и активно уходит от него по направлению к его центральной продольной оси трала. Поскольку энергетические возможности особей криля в значительной степени зависят от их размеров, более крупные рачки могут дальше уйти от "опасности" и в результате лучше концентрируются оболочкой трала. Таким образом, крупноячейная часть трала обеспечивает отсев основной массы мелкого криля и концентрацию крупного в мелкоячейной части. В мелкоячейной части трала и мешке процесс имеет селективный характер и определяется размером ячеи.

Четвертая глава посвящена разработке теоретических основ тралового лова криля на базе математического моделирования [5, 6, 7].

Автором обоснована и разработана схема взаимодействия криля с сетным полотном трала [6].

Автором установлено [7], что масса в улове рачков длиной l_i определяется по формуле

$$C_i = \frac{\pi v \cdot t \cdot k_2 \cdot \varphi'_i \cdot \rho_i \cdot l_i^3 \cdot \rho_i \cdot v \cdot t}{4} \cdot \left(D_3 + \frac{2k_1 \cdot l_i \cdot D_R \cos \alpha}{v \sin \alpha - k_1 \cdot l_i} \right)^2, \quad (1)$$

где v и t — скорость и время траления; l_i — длина криля; D_3 — диаметр мелкоячейной части трала; α — угол атаки сетного полотна; ρ_i — плотность

облавливаемых скоплений рачков длиной l_i ; D_R — дистанция реагирования криля; k_1 и k_2 — эмпирические коэффициенты пропорциональности; φ'_i — коэффициент, учитывающий селективный отсев криля в мелкоячейной части трала и мешке.

Автором показано [7], что

$$\varphi'_i = \frac{1}{\prod_{j=1}^m \left(1 + 9 \frac{2k_{sj}(a_j - d_j) - l_i}{d_{sj}} \right)}, \quad (2)$$

где k_{sj} и d_{sj} — коэффициент и диапазон селективности j -той части; a_j и d_j — шаг ячеи и диаметр нити j -той части.

При помощи формулы (1) можно прогнозировать размерный состав улова.

Полная масса улова криля определяется по формуле [7]

$$C = \frac{\pi v \cdot t \cdot k_2}{4} \sum_{i=1}^n \varphi'_i \cdot \rho_i \cdot l_i^3 \left(D_3 + \frac{2k_1 \cdot l_i \cdot D_R \cos \alpha}{v \sin \alpha - k_1 \cdot l_i} \right)^2, \quad (3)$$

Формула (3) может рассматриваться как общая детерминированная математическая модель процесса тралового лова криля на основе теоретических и экспериментальных исследований.

Из формулы (3) видна роль мелкоячейной и крупноячейной части трала в формировании улова. Их доля в улове определяется D_3 и $\frac{2k_1 \cdot l_i \cdot D_R \cos \alpha}{v \sin \alpha - k_1 \cdot l_i}$ соответственно.

Автором установлено [7], что уловистость трала по отношению к крилю длиной l_i (т. е. дифференциальная уловистость) определяется по формуле

$$\varphi_i = \frac{\varphi'_i \cdot \left(D_3 + \frac{2k_1 \cdot l_i \cdot D_R \cos \alpha}{v \sin \alpha - k_1 \cdot l_i} \right)^2}{D_1^2}, \quad (4)$$

а общая (абсолютная) уловистость трала определяется по формуле

$$\varphi = \frac{\sum_{i=1}^n \varphi'_i \cdot \rho_i \cdot l_i^3 \left(D_3 + \frac{2k_1 \cdot l_i \cdot D_R \cos \alpha}{v \sin \alpha - k_1 \cdot l_i} \right)^2}{D_1^2 \cdot \sum_{i=1}^n \rho_i \cdot l_i^3}, \quad (5)$$

где D_1 — диаметр гужевого сечения трала.

На рис. 3 представлены графики зависимости улова от скорости траления при облове скопления, состоящего из рачков одной длины, откуда видно наличие оптимальной скорости траления для каждой кривой [7]. По мере увеличения длины криля оптимум принимает четко выраженный характер и смещается вправо.

На рис. 4 представлены аналогичные графики зависимости уловистости от скорости траления [7]. Величина коэффициента уловистости растет по мере увеличения длины криля.

Поскольку на промысле облавливаются смешанные скопления криля, состоящие из рачков разной длины, автором проанализировано влияние скорости траления и характеристик скопления при облове двух наиболее характерных вариантов распределения криля в пространстве: плотного, четко оконтуренного косяка и равномерно распределенного относительно неплотного скопления.

На рис. 5 представлены определенные по формуле (4) графики дифференциальной уловистости крилевого трала при различных скоростях траления, идентичные для обоих вариантов распределения объекта лова. При увеличении скорости траления значения дифференциальной уловистости трала уменьшаются.

На рис. 6 показано изменение массы и размерного состава улова относительно аналогичных характеристик скопления при изменении средней длины криля (в нормально распределенном скоплении). С увеличением дли-

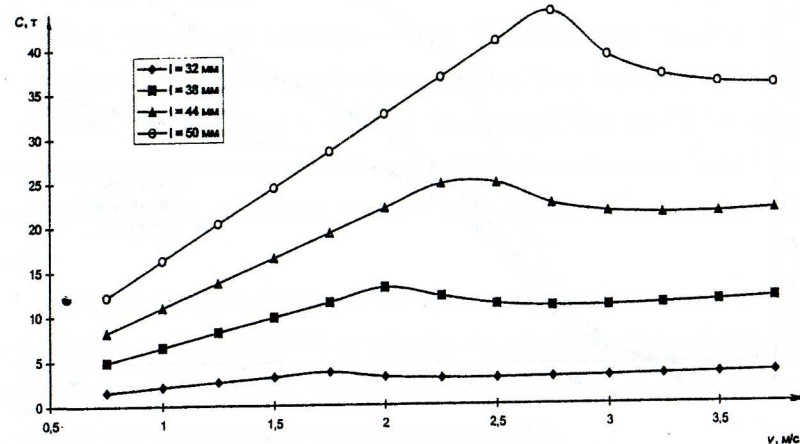


Рис. 3. Зависимость улова криля длиной l (С) от скорости траления v .

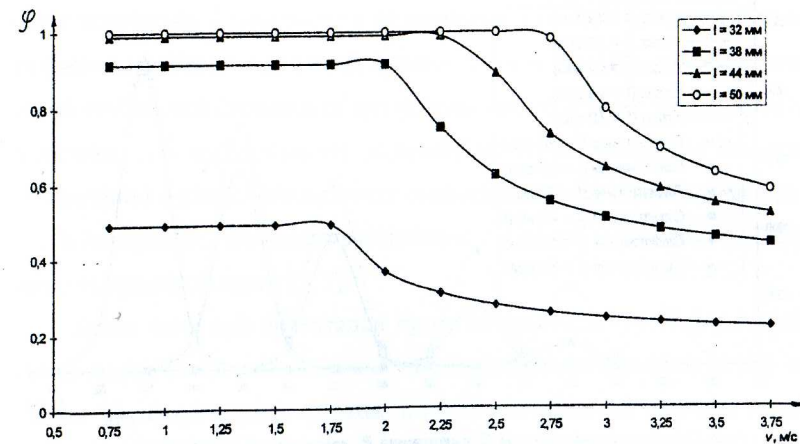


Рис. 4. Зависимость уловистости криля длиной l (φ) от скорости траления v .

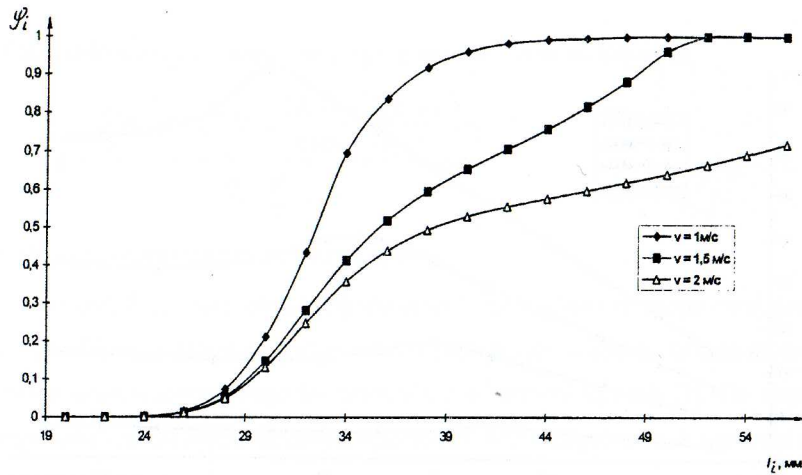


Рис. 5. Дифференциальная уловистость трала $\varphi_i = f(l_i)$ при изменении скорости траления v от 1 до 2 м/с.

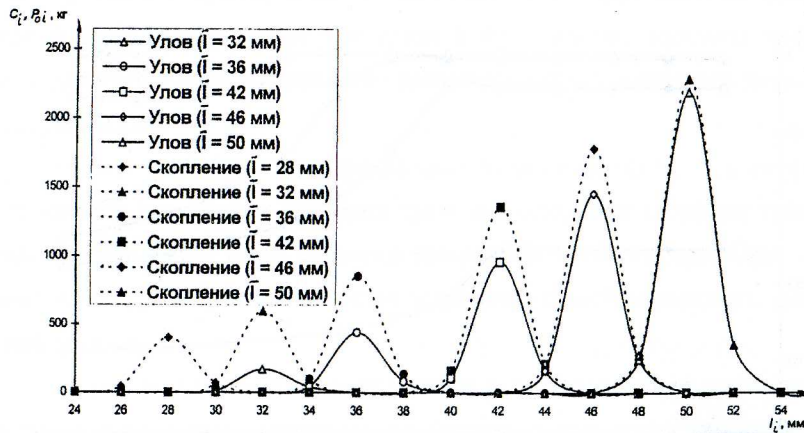


Рис. 6. Соотношение массы улова C_i и скопления P_0 криля длиной l_i в зависимости от средней длины криля \bar{l} в нормально распределенном скоплении.

ны облавливаемого криля размерный состав улова приближается к размерному составу скопления.

Для проверки адекватности модели взаимодействия криля с тралом были использованы экспериментальные данные, полученные автором в 1988 г. на БМРТ "Мыс Бабушкина" в морях Моусона и Д'Юрвиля [7]. На их основе были рассчитаны плотность и размерный состав облавливаемых скоплений криля, а затем размерный состав и масса уловов для нескольких тралений.

Ошибка в оценке массы улова отдельных тралений не превышает 25 % и в среднем составляет 14,4 % по абсолютной величине. Фактический и расчетный размерные составы улова почти совпадают для всех тралений, что подтверждает правильность сделанных выводов [7].

Полученные результаты позволяют расчетным путем определять оптимальную скорость траления, прогнозировать массу и размерный состав улова, что открывает перспективы выхода на принципиально новый уровень промысла криля на основе регулирования качественных и количественных характеристик уловов при наименьших затратах.

Оптимальная скорость траления не является постоянной величиной, а может колебаться в зависимости от размерного состава криля в скоплении, его физиологического состояния, времени суток и т. д. При работе на относительно стабильных скоплениях при использовании данной модели появляется возможность определять эту величину на основе измерения размерного состава криля в улове. Это позволит существенно экономить топливо при работе в Антарктике, что может значительно повысить экономическую эффективность промысла криля [5, 7].

Кроме того, при ориентации судна на производство пищевой продукции из криля, когда максимальный выход продукции достигается при переработке крупноразмерных рачков, имеется возможность задавать скорость траления, позволяющую отсеивать мелкий криль [5, 7].

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ВЫВОДЫ

1. Выполнен анализ развития техники добычи криля в нашей стране и за рубежом. Показано, что совершенствование технических параметров орудий лова происходило без учета поведенческих характеристик криля.

2. Рассмотрены особенности поведения криля, имеющие значение для техники лова. Дана количественная оценка скорости плавания рачков в различных состояниях, ориентации в скоплениях, реакции на различные раздражители.

3. Исследован процесс взаимодействия криля с разнотелубинным трапом, в том числе основные закономерности отсева рачков (по массе и размерному составу).

4. Показана определяющая роль крупноячейной части трапа в процессе лова криля. Дано обоснование ее концентрiryющего действия на рачков.

5. Дано обоснование различия реакции криля в вертикальном и горизонтальном направлении. Показано, что в светлое время суток, когда происходят вертикальные миграции рачков, крилевые трапы в основном ловят боковыми пласьями.

6. Исследованы закономерности изменения дифференциальной уловистости крилевых трапов.

7. Разработаны теоретические основы трапового лова криля.

8. Разработана математическая модель взаимодействия криля с орудием лова, устанавливающая функциональную взаимосвязь между конструктивными параметрами и формой трапа, скоростью течения, селективными свойствами криля и результатами течения.

9. Получены формулы для определения значений дифференциальной уловистости трапа, размерного состава и массы улова криля.

10. На основе математического моделирования разработан прогнозный подход к анализу состояния облавливаемых скоплений по результатам лова.

11. Разработаны новые подходы к определению оптимальных параметров течения при добыче криля.

12. Обоснованы пути перехода к более эффективному промыслу криля за счет принципиального изменения тактики лова на основе учета поведения объекта лова.

Основное содержание диссертации опубликовано в следующих работах:

1. Акишин В.В. Выживаемость криля, вышедшего из трапа // Педагогические экосистемы Южного океана: Сборник научных трудов ИОАН.— М., 1993 — С. 190-195.

2. Акишин В.В. Метод оценки плотности скопления криля, участвующий селективные свойства трапа // Орудия и способы рыболовства. Вопросы теории и практики. — М.: ВНИРО, 1988. — С. 169-176.

3. Тюльбадамов П.С., Карпенко Э.А., Акишин В.В. Исследование фильтрующих свойств сетного полотна и удельного отсева криля в различных частях трапа // ВУ № 1, М., 1983. — С. 102 — Ден. в ЦНИИТЭИРХ, № 498.

4. Карпенко Э.А., Тюльбадамов П.С., Акишин В.В. Определение дифференциальной уловистости крилевого трапа и уточнение состава облавливаемой популяции // ВУ № 1, М., 1983. — С. 102 — Ден. в ЦНИИТЭИРХ, № 500.

5. Акишин В.В. Оптимизация лова криля // Современные средства воспроизводства и использования водных биоресурсов. Сборник тезисов докладов на научно-техническом симпозиуме, т. 1, СПб: Издательство, 2000. — С. 26-27.

6. Акишин В.В. К вопросу о взаимодействии криля с орудиями лова // Вопросы теории и практики промышленного рыболовства. Поведение гидробионтов в зоне действия орудий лова: Сборник научных трудов. — М.: Изд. ВНИРО, 1998. — С. 42-53.

7. Акишин В.В. Математическая модель процесса лова криля и перспективы ее использования на промысле // Вопросы теории и практики промышленного рыболовства. Поведение гидробионтов в зоне действия орудий лова: Сборник научных трудов. — М.: Изд. ВНИРО, 1998. — С. 131–142.

