

На правах рукописи

УДК 639.2.081.1

Норинов Евгений Геннадьевич

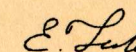
**ОБЕСПЕЧЕНИЕ РАЦИОНАЛЬНОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ
БИОРЕСУРСОВ ПУТЁМ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ СТРУКТУРЫ
СЕТНЫХ ОБОЛОЧЕК ОРУДИЙ РЫБОЛОВСТВА**

Специальность 05.18.17 – «Промышленное рыболовство»

Автореферат

диссертации на соискание учёной степени

доктора технических наук



Москва – 2006

Работа выполнена в Камчатском государственном техническом университете (КамчатГТУ)

Официальные оппоненты: доктор техн. наук,
профессор А.В. Мельников
доктор техн. наук С.Е. Шевцов
доктор техн. наук И.Г. Проценко

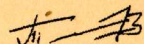
Ведущая организация - ФГУП Камчатский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии (КамчатНИРО)

Защита диссертации состоится "29" декабря 2006 г. в 14 часов на заседании диссертационного совета Д 307.004.02 при Всероссийском научно-исследовательском институте рыбного хозяйства и океанографии (ВНИРО) по адресу: 107140, г. Москва, ул. Верхняя Красносельская, д. 17.
Факс: (095) 264-91-87; E-mail: fishing@vniro.ru

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ВНИРО

Автореферат разослан "22" ноября 2006 г.

Учёный секретарь
диссертационного совета,
канд. техн. наук



В.А. Татарников

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность. Основной целью рыбохозяйственной деятельности, заложенной в программных документах по развитию рыбного хозяйства Российской Федерации, является обеспечение населения страны продуктами питания из рыбы и других гидробионтов. Важными продуктами этой деятельности остаются рыбные корма и техническое сырьё, а также товары, экспортируемые за рубеж.

Основные задачи дальнейшего развития рыболовства России сводятся к повышению эффективности рыбохозяйственной деятельности на основе обеспечения рациональной эксплуатации биоресурсов водоёмов в пределах собственной Исключительной экономической зоны и поиску рентабельных путей восстановления промыслов в открытых районах Мирового океана.

Стабильность отечественного промысла в собственной ИЭЗ предполагается обеспечить в основном за счёт эксплуатации дальневосточных популяций минтая. Увеличение вылова в открытой части Мирового океана возможно за счёт освоения, восстановления и развития промысла пелагических объектов, в том числе антарктического криля и миктофид.

В связи с обостряющимися противоречиями в борьбе за ресурсы, связанными, главным образом, с уменьшением запасов в большинстве традиционных районов промысла, всё более актуальной становится проблема управления рыбохозяйственной деятельностью, как на международном уровне, так и внутри российского рыболовства. Рациональная эксплуатация водных биологических ресурсов во все времена провозглашавшаяся за основу рыболовства, и теперь актуальна, но уже как главное условие, обеспечивающее существование промышленного рыболовства.

Приоритеты в техническом развитии рыболовства ставятся на возможность эффективного регулирования промысла, в том числе на обеспечение селективного лова гидробионтов, зависящее, главным образом, от соответствующих характеристик и свойств сетных оболочек орудий лова.

Противоречия, порождаемые рыболовством, с особой очевидностью про-

явились в последнее десятилетие XX века, и как итог, выразились общим снижением уловов в большинстве традиционных районов промысла.

Вскрытая величина уничтожаемых приловов, в том числе молоди ценных видов гидробионтов, достигает по разным оценкам от 25 до 30 млн. т в год.

Увеличение интенсивности лова, включающее в себя энергетическую мощность флота, совершенствование орудий лова и других технических средств, становится не эффективным.

Природные репродукционные возможности промысловых популяций и экосистем ограничены. Причём, под глобальным воздействием антропогенного фактора и неадекватного промыслового изъятия естественное воспроизводство видов может уменьшаться.

Неопределённости в оценках, а также несоответствие между официальной информацией и реальным выловом существенно усложняют управление рыбохозяйственной деятельностью. В отсутствие общей концепции мирового рыболовства управление этой сложнейшей социоприродной системой представляется малоэффективным.

Консерватизм технических средств лова, проявляющийся в подавляющем применении объёмной формы ячеи в отцеживающих орудиях лова, приводит к удержанию и массовому травмированию гидробионтов и не обеспечивает эффективную избирательность лова. Искусственное сдерживание промышленного производства сетных полотен с квадратной структурой, обладающих необходимыми селективными свойствами, может обернуться серьёзными необратимыми потерями биологических ресурсов. Прогнозируемые затраты финансовых ресурсов на обеспечение стабильности рыболовства в ситуации снижения природного потенциала существенно превосходят своевременные затраты на обновление технологий производства прогрессивных ресурсосберегающих технических средств, в том числе сетчатых материалов.

Проблемы современного рыболовства вызваны, главным образом, несоответствием интенсивности промысла естественному состоянию эксплуатируемых популяций и экосистем.

Цель работы - эффективное использование сетных оболочек с квадратной и трапецидальной структурой применительно к траловому промыслу; рекомендации по регулированию тралового промысла минтая и других объектов СЗТО, а также криля на перспективу развития его добычи в Антарктике; теоретическое обоснование выбора структуры и расчёта элементов конусных оболочек орудий лова; научно обоснованные рекомендации по эффективному управлению рыболовством; развитие общей теории рационального рыболовства и теории селективного лова, а также теории проектирования сетных оболочек орудий лова на основе применения квадратной и трапецидальной структур.

Объектом исследований являются технические средства лова гидробионтов (тралы), обеспечивающие рациональную эксплуатацию биологических ресурсов ИЭЗ РФ и открытых вод Мирового океана.

Предмет исследований - сетные оболочки тралов с различной структурой, оказывающие существенное влияние на избирательность и эффективность лова. Рассматриваются сетные оболочки с квадратной и трапецидальной структурой в сравнении с традиционно используемым в рыболовных тралах сетным полотном с ромбической формой ячеи.

Задачи исследований:

- выполнить анализ развития методов и средств рыболовства на основе принципов рациональной эксплуатации водных биоресурсов;
- развить методы натуральных экспериментальных исследований траловых систем и их взаимодействия с объектами лова на основе применения гидроакустических средств и непосредственных подводных наблюдений;
- исследовать фактическую форму и характеристики траловых сетных оболочек с различной структурой и технологией изготовления;
- исследовать избирательные свойства сетных полотен с различной структурой по отношению к объектам океанического и прибрежного рыболовства на примере минтая, антарктического криля и других промысловых гидробионтов;
- исследовать травматическое воздействие сетного полотна на объекты лова и их выживаемость в процессе селективного отбора;

- на основании экспериментального материала вывести теоретические зависимости, позволяющие использовать полученные результаты для эффективного управления рыболовством;
- разработать теоретическую модель расчёта конических оболочек орудий лова для их проектирования и технологического совершенствования;
- дать рекомендации по практическому использованию усовершенствованной структуры сетных оболочек в орудиях рыболовства и для повышения эффективности средств и методов регулирования рыболовства.

Научная новизна. Материалы диссертации представляют собой обоснование эффективности применения сетных полотен с нетрадиционной структурой (квадратной и трапецидальной) в качестве сетных оболочек тралов и траловых мешков с нескольких точек зрения: ресурсосбережения, материалоемкости и технологичности. Впервые обобщены результаты наблюдений и выводы о преимуществах квадратной структуры оболочек в рыбохозяйственном аспекте. Впервые предложена модель и методика расчёта конической оболочки трала с трапецидальной структурой. Получены следующие новые результаты: определены фактические характеристики сетных оболочек с квадратной и трапецидальной структурой в натуральных условиях с использованием метода непосредственных подводных наблюдений и гидроакустических измерений; предложен коэффициент наполнения сетных оболочек для анализа эффективности их применения; определены пути уменьшения материалоемкости сетных оболочек тралов и траловых мешков; определены показатели качества сырца в зависимости от формы ячеи тралового мешка; определены показатели селективности траловых мешков с квадратной формой ячеи по отношению к крилю; предложена теоретическая модель взаимодействия криля с сетной оболочкой трала; определены показатели селективности траловых мешков с квадратной ячеей для шага 25, 30, 38, 40, 45, 50, 55 и 60 мм в узлом (для отечественных материалов) и плетёном (для материалов зарубежного производства) исполнениях; рекомендованы эмпирические зависимости для выбора оптимального шага ячеи

квадратной формы в различных условиях промысла.

Личное участие автора в получении научных результатов. По личной инициативе самостоятельно проведены предварительные исследования действующих моделей орудий лова с квадратной формой ячеи, по новой технологии разработана и испытана в реальных условиях конструкция донного научно-исследовательского трала для работы на больших глубинах, усовершенствована методика подводных измерений пространственных параметров разноглубинных траловых систем, с использованием этой методики и ПА «Тетис» в качестве гидронавта-исследователя получены реальные технические характеристики разноглубинных тралов с ромбической, квадратной и трапецидальной структурой оболочек, разработано несколько экспериментальных конструкций разноглубинных тралов и траловых мешков с квадратной структурой оболочек для промысла криля, при непосредственном участии проведены их исследования и производственные испытания. Под научным руководством и при непосредственном участии автора собран обширный материал по селективности тралов с квадратной и ромбической ячеей по отношению к антарктическому крилю, минтаю и некоторым донным видам рыб, проведены исследования по травматическому воздействию сетного полотна с различной структурой на объекты лова. По результатам теоретических исследований геометрии сетных оболочек автором разработана математическая модель для расчёта элементов конической сетной оболочки с трапецидальной структурой. По собственной инициативе и при непосредственном участии разработано несколько компьютерных программ для расчёта конических сетных оболочек с трапецидальной структурой.

Конкретно автором сделано следующее:

- сформулированы цели и поставлены задачи исследований;
- проведен анализ состояния дел в управлении рыболовством;
- отмечены основные этапы развития теории рационального рыболовства и селективности лова;

- переведены с английского материалы зарубежных авторов по селективности лова и применению квадратной ячеи для повышения избирательных свойств орудий рыболовства;
- проведён анализ отечественных и зарубежных материалов, касающихся сбора и обработки данных по селективности траллирующих орудий лова;
- с применением компьютерных технологий и математических методов обработаны и обобщены материалы собственных исследований;
- сформулированы выводы и рекомендации.

Источники экспериментального материала и методы исследований.

Эксперименты проводили в море, в том числе в условиях промысла криля в Антарктике и минтая - в северо-западной части Тихого океана, Охотском и Беринговом морях. Весь использованный в работе экспериментальный материал был собран в экспедициях на судах ТУРНИФ (Владивосток), ИО АН СССР (Москва), СЭКБП - база «Гидронавт» (Севастополь) и Хонма Гё Гё (Кусиро, Япония), выполнявших научно-исследовательские, научно-поисковые и научно-производственные рейсы, в том числе по совместной программе с японскими специалистами: РТМ "Профессор" (1973 г.), НИС "Дмитрий Менделеев" (1976 г.), БМРТ «Тихоокеанский» (1977 г.), РТМ «Геракл» (1978, 1979, 1980, 1982, 1987 г.г.), БМРТ «Мыс Тихий» (1981 г.), РТМС «Глобус» (1984 г.), СРТМ-К «Рекорд» (1988 г.), СТ «Сейтоку-мару» No.107 (1989, 1990, 1991 г.г.) и СТ «Сейтоку-мару» No.7 (1992 г.).

Экспериментальные исследования моделей сетных оболочек разноглубинных тралов проводили в гидродинамическом бассейне Национального НИИ рыболовной инженерии (NRIFE, Хасаки, Япония, 1999 г.).

Для получения, обработки и анализа экспериментальных данных автор использовал методики и оборудование ВНИРО, ICES, NRIFE, методы и технические средства собственных разработок, выполненных на базе ТИНРО, ТУРНИФ и NRIFE.

Практическое значение работы. С использованием результатов теоретических и экспериментальных исследований были разработаны несколько конструкций тралов и траловых мешков с квадратной структурой оболочек, которые использовались на промысле криля, мавроликуса, минтая и других видов рыб, в том числе глубоководных, для научно-поисковых целей.

Разработана теоретическая база и получены обоснования для создания новых технологий производства делей и цельных оболочек для орудий лова, имеющих прямоугольную, цилиндрическую или коническую форму.

Экспериментальные данные, полученные в натуральных условиях на промысле криля и минтая, предназначены для разработки мер по регулированию промысла этих видов в зависимости от состояния промысловых популяций, технологических требований и коммерческой целесообразности.

Практическое применение траловых мешков с квадратной структурой оболочки и оптимальным шагом ячеи, выбранным согласно разработанным рекомендациям, позволит обеспечить эффективную избирательность облова смешанных скоплений, тем самым существенно снизит отрицательное воздействие промысла на биологические системы, как на популяционном, так и на экосистемном уровнях.

Результаты исследований внедрены и используются в учебном процессе. По материалам работы в Дальрыбвтузе издано учебное пособие «Методы управления рыболовством в открытых районах Мирового океана на примере Антарктики» для студентов специальности «Промышленное рыболовство».

Реализация результатов работы. Результаты исследований и экспериментальные данные использовались и используются для разработки новых технологий изготовления орудий лова с квадратной и трапециевидной структурами оболочек. Несколько конструкций мелкоячеистых траловых мешков с квадратной ячеей разработаны, внедрены и использовались на промысле криля и мавроликуса. Разработаны и использовались на промысле минтая и других рыб траловые мешки из кручёно-плетёных и плетёно-плетёных делей, что дало воз-

возможность существенно уменьшить прилов молоди этих рыб. В результате удалось снизить материалоемкость траловых мешков на 35%, что в дореформенных ценах составило около 25 тыс. руб. экономии на одно судно в год. Выход пищевой продукции из криля за счёт улучшения качества сырца при этом увеличился на 25% с годовым экономическим эффектом 167 тыс. руб. на одно судно или 42,5 руб. на 1 ц готовой продукции (в дореформенных ценах).

Трал с трапецидальной структурой конической оболочки и основная формула расчёта её элементов защищены авторским свидетельством (гос. рег. № 1444981, 1988 г.).

Экспериментальные данные и теоретические разработки, включённые в работу, используются в учебном процессе студентами и преподавателями Дальрыбвтуза и КамчатГТУ при подготовке учебно-методических пособий, лекций, курсовых и дипломных проектов по специальностям "Промышленное рыболовство", «Водные биоресурсы и аквакультура». Лично автором эти материалы используются при чтении лекций по дисциплинам: "Рациональная эксплуатация биоресурсов Мирового океана", «Селективность рыболовства», «Технология и управление рыболовством», «Методы рыбохозяйственных исследований».

Апробация работы. Основные материалы диссертации представлялись на расширенных коллоквиумах лабораторий промышленного рыболовства ТИНРО (1977-89 гг.); на научной конференции "Пути совершенствования методов обработки криля" (Дальрыбвтуз, Владивосток, 1978 г.); на Учёном совете ТИНРО (1985 г.); на расширенном коллоквиуме лаборатории промышленного рыболовства ВНИРО (1985, 1988 гг.); на Всесоюзном совещании по проблемам промышленного рыболовства (г. Невельск, 1988 г.); на Всесоюзном совещании по проблемам сетеснастного хозяйства (г. Дзержинск, 1988 г.); на Международной конференции по развитию малого и среднего бизнеса в Приморском крае и северо-западных штатах США (г. Владивосток, 1995 г.); на научно-методической конференции "Наука и учебный процесс" (г. Владивосток, 1996 г.); на юбилей-

ной научной конференции Дальрыбвтуза (г. Владивосток, 1996 г.), в 1998 г. на заседании диссертационного совета Дальрыбвтуза защищена диссертация на соискание учёной степени кандидата технических наук на тему "Исследование избирательных свойств и геометрии сетных оболочек тралов с использованием подводных наблюдений и гидроакустических измерений"; совместные доклады представлялись на международном симпозиуме ИКЕС (Копенгаген, Дания, 1993 г.); на Международной научно-практической конференции «Рыбохозяйственное образование в XXI веке» (Петропавловск-Камчатский, 2002); на Международной конференции «Рыбохозяйственные исследования океана» (Владивосток, 2002); на научно-технической конференции профессорско-преподавательского состава и аспирантов КамчатГТУ (2003, 2004 гг.); окончательный вариант работы в полном объёме представлен на постоянно действующем семинаре кафедры «Рыболовство и аквакультура» КамчатГТУ «Новые рыбохозяйственные технологии» в 2006 г.

Публикации. По теме диссертации опубликована 51 работа, в том числе монография, 5 учебных пособий, одно авторское свидетельство на изобретение, 44 научных статей и докладов.

Объём работы. Работа изложена на 230 страницах текста, состоит из введения, 6 глав, заключения, приложений, списка использованной литературы из 233 наименований, содержит 34 рисунка и 20 таблиц.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении дан краткий анализ современной проблематики рыболовства как социоприродной системы. Выделены технические проблемы, присущие мировому рыболовству. Определены цели и поставлены основные задачи исследований. Обоснован выбор экспериментального пути поиска решений на основе применения непосредственных подводных наблюдений, гидроакустических измерений и наиболее эффективных методов исследований избирательных

свойств отцеживающих орудий лова. Показана прикладная значимость и перспектива использования результатов работы.

Если в предыдущих работах использование квадратной и трапецидальной ячеи рассматривалось в рамках решения конкретных технических задач или относительно определённого вида промысла (объекта), то настоящее исследование представлено в контексте общей теории рационального рыболовства на фоне общих проблем управления рыбохозяйственной деятельностью в согласии с общими тенденциями совершенствования технических средств лова, главным образом, сетных оболочек, обеспечивающих наименьшую материалоемкость траловых систем, наилучшую избирательность и общую эффективность их применения при облове различных объектов промысла.

I-я глава посвящена проблемам управления рыбохозяйственной деятельностью и путям их решения; отмечены основные вехи исторического развития теории рационального рыболовства, включая теорию селективного лова.

Интенсификация рыбного промысла в совместно эксплуатируемых экономических зонах отдельных государств и, особенно, за их пределами вызвала необходимость международного сотрудничества в рациональном использовании биологических ресурсов Мирового океана и потребность в управлении этой деятельностью на более высоком иерархическом уровне, чем национальные интересы.

Если смысл управления действительно сводится к сохранению и рациональному использованию запасов эксплуатируемых популяций, то в первую очередь должны быть обеспечены условия, при которых их воспроизводство будет оставаться на максимально высоком уровне.

Как бы хорошо ни была сформулирована и осуществлена система мер по управлению рыбными запасами, если речь идёт о биопродуктивности Мирового океана, **цель управления рыболовством должна сводиться к упорядочению деятельности человека по отношению к морским экосистемам.**

К началу 70-х годов двадцатого столетия эксплуатация большинства морских рыбных ресурсов достигла максимального уровня, а запасы целого ряда

видов были уже истощены. Вылов неполовозрелой рыбы, например, способствовал постоянному снижению производительности промысла. Сложившаяся ситуация привела к всеобщему пониманию того, что существующая практика является неприемлемой и что необходим новый, комплексный подход к управлению рыболовством.

Управление рыболовством связано с необходимостью принятия решений относительно всего комплекса промысловой эксплуатации водных биоресурсов, в том числе относительно вида используемого промыслового вооружения - ограничения типов орудий лова, размеров и формы ячеи.

Анализ и систематизация накопленного за многие десятилетия материала, начатые отечественными учёными К.М. Бэрм и Н.Я. Данилевским, позволили сделать ряд общих выводов в отношении перспективы развития рыболовства. В частности, был поставлен вопрос о пределах промыслов и необходимости их регулирования на основе принципов, обеспечивающих естественное воспроизводство промысловых видов. Первостепенным условием при этом считалось сохранение природного потенциала нерестилищ, беспрепятственный доступ к ним достаточного количества производителей, рекомендовалось воздерживаться от изъятия неполовозрелых особей.

Одной из первых теорий, возникших на основе изучения динамики численности промысловых популяций - теория размножения - заключалась в том, чтобы каждая особь данного вида, до того как быть пойманной, могла хотя бы раз отнереститься. В простейшем виде эта теория реализовывалась регулированием промысловой меры на рыбу. Минимальный, допустимый к изъятию, размер рыбы данного вида не должен был превышать длины, соответствующей ее половому созреванию.

При разработке общей теории рационального промысла в систему был заложен принцип, согласно которому необходимое соответствие между запасом и выловом можно получить только путём селективного промысла, специфического для каждого вида и условий его существования. В диссертации даются ссылки на соответствующие работы Ф.И. Баранова, Г.В. Никольского, А.В. Засосова,

А.И. Трещёва Р. Бевертона и С. Холта, других авторов, в которых так или иначе, подразумевалась зависимость вылова от селективности промысла (ограничивался промысловый размер рыб).

Современное состояние рыболовства свидетельствует о необходимости безотлагательного введения рационального селективного промысла, основанного на всестороннем использовании имеющихся научных и практических знаний.

Изучение селективности рыболовства можно отнести к современному этапу развития прикладных рыбохозяйственных исследований. Несмотря на то, что теоретические основы селективного промысла закладывались параллельно со становлением общей теории рыболовства, проблема истощения водных биологических ресурсов не стояла столь остро, как сегодня.

Предметом селективности рыболовства занимались и продолжают заниматься многие специалисты. Особенно активизировались зарубежные исследователи. Однако приоритет здесь принадлежит отечественным учёным: А.И. Трещёву, А.В. Мельникову, С.Е. Шевцову и др.

Селективность рыболовства зависит от многих факторов как природных, так и социальных. Особое место под общим понятием селективности занимает избирательность лова. Можно встретить и уточняющие понятия, такие как "избирательность орудия лова", "избирательность тралового мешка", "избирательность ячеи" и другие, касающиеся конкретного взаимодействия биологического объекта с техническим средством лова.

Селективность промысла, включающая в себя и избирательность орудий лова, является научным фундаментом рационального рыболовства. Сформировавшиеся за многие годы теоретические представления, постоянно обновляющиеся и накапливающиеся экспериментальные данные способны обеспечить необходимое изменение состава эксплуатируемого запаса и получить уловы в наиболее выгодном ассортименте. Эффективность управления рыболовством во многом зависит от полноты знаний особенностей селективного лова. В частности, регулирование рыболовства может достигнуть своего результата только на

основе детального изучения селективности применяемых методов и технических средств лова. Как отмечал А.И. Трещёв - "По существу все применяющиеся в настоящее время и применявшиеся когда-либо ранее правила рыболовства сводятся к решению задачи осуществления селективного лова".

Во II-й главе даны основные положения теории селективного рыболовства, а избирательность сетных оболочек представлена одним из основных средств регулирования промысла.

Селективность орудий лова характеризуется вероятностью удержания объекта лова определённых размеров, которая зависит от вероятности его встречи с ячеей (для сетных орудий лова). К факторам, определяющим процесс удержания объектов, попавших в зону облова сетными орудиями, относятся: размерные характеристики и форма объекта (максимальный обхват, длина каропакса), размер и форма ячеи, материал сетной оболочки, конструкция орудия лова, степень блокирования ячей уловом, активность и энергетические возможности объектов, их плотность в зоне удержания и др. В конечном счёте вероятность удержания объекта лова зависит от соотношения между его размерами и периметром ячеи.

За более чем вековую историю развития рыбохозяйственной науки для определения селективных свойств орудий лова использовалось большое количество различных методов и средств. До сих пор они продолжают совершенствоваться, и одной из главных целей ставится разработка единой методологии в этой области исследований.

В современной экспериментальной науке метод покрытия получил наибольшее распространение - это единственный метод, при помощи которого можно определять состояние и жизнеспособность отсеянных гидробионтов.

Конструктивно мелкочейное покрытие имеет много разновидностей, к одной из которых относятся уловители. Эти устройства, как правило, применяются в тех случаях, когда использование покрытий по всей площади сетной оболочки затруднено или практически невозможно.

Обработка первичных данных, как и их последующий анализ, осуществляются различными методами в зависимости от поставленной задачи и требуемой точности. Это могут быть расчётные методы, построение дифференциальных и интегральных графиков распределения вероятностей удержания, линейная аппроксимация средней части экспериментальной кривой и т.д. Искомыми характеристиками, как правило, являются точка 50%-ного отбора и диапазон селективности, который чаще всего соответствует значениям в точках 25% и 75%-ного отбора.

Практика рыболовства и результаты исследований селективных свойств орудий лова свидетельствуют о том, что всегда имеется определённый диапазон размера рыб, в пределах которого происходит постепенный переход от полного отсева к 100%-му удержанию. Это следствие совокупности причин, главными из которых являются физиологическое состояние рыбы и техническое состояние сетной оболочки орудия лова.

Поскольку кривые селективности должны применяться при разработке средств управления рыболовством, использование единого и более точного метода их аппроксимации имеет важное практическое значение. Не случайно, поэтому метод максимального приближения в последние годы пользуется наибольшим вниманием экспертов международных организаций и исследователей в области рыболовства. В частности этому вопросу посвящён совместный научный отчёт ИКЕС. Анализ этого и других зарубежных источников, посвящённых исследованиям селективных свойств орудий лова, свидетельствует о том, что в зависимости от методов получения данных и их полноты возможно использовать достаточно широкий диапазон математических средств (моделей) для получения основных параметров селективности.

Логистическая функция совокупного распределения случайных величин может быть представлена в виде

$$r(l) = \frac{\exp(a + bl)}{1 + \exp(a + bl)}.$$

Кривую логистической функции иногда называют «logit», потому что она может быть записана как

$$a + bl = \log_e \frac{r(l)}{1 - r(l)} \equiv \log \text{it}(r(l)).$$

Если для l_{50} соответствует, что $(l_{50}) = 0,5$, то $a + bl_{50} = \log_e \frac{0,5}{1 - 0,5} = \log_e(1) = 0$.

Тогда $l_{50} = -a/b$.

Используя алгебраические выражения, можно определить, что диапазон селективности SR будет

$$SR = l_{75} - l_{25} = \frac{2 \log_e(3)}{b} \approx \frac{2,197}{b}.$$

Поскольку кривая селективности есть функция совокупного нормального распределения случайных величин $r(l) = \Phi(a + bl)$, то принимая Φ (функцию совокупного распределения стандартных нормальных случайных величин) как встроенную функцию, можно записать $a + bl = \Phi^{-1}(r(l)) \equiv \text{probit}(r(l))$.

Подобно кривой логистической функции, для Φ можно записать

$$a + bl_{50} = \text{probit}(0,5) = 0, \text{ а также } l_{50} = -a/b \text{ и}$$

$$SR = l_{75} - l_{25} = \frac{2 \text{probit}(0,75)}{b} \approx \frac{1,349}{b}.$$

Экстремальное значение кривой селективности (по Gompertz), представленное выражением $r(l) = \exp(-\exp(-(a + bl)))$, получило название кривой «log-log», потому что может быть выражено как

$$a + bl = -\log_e(-\log_e(r(l))).$$

Таким образом, $l_{50} = \frac{-\log_e(-\log_e(0,5)) - a}{b} \approx \frac{0,3665 - a}{b}$, а также

$$SR = \frac{\log_e \left(\frac{\log_e(0,25)}{\log_e(0,75)} \right)}{b} \approx 1,573/b.$$

Отрицательное экстремальное значение кривой селективности

$$r(l) = 1 - \exp(-\exp(-(a + bl)))$$

может быть переписано как

$$a + bl = -\log(-\log(1 - r(l))).$$

Таким образом, $l_{50} = \frac{\log_e(-\log_e(0,5)) - a}{b} \approx \frac{-0,3665 - a}{b}$, а также

$$SR = \frac{\log_e\left(\frac{\log_e(0,25)}{\log_e(0,75)}\right)}{b} \approx 1,573/b.$$

Кривая селективности Ричардса включает в себя асимметрический параметр δ в форме

$$r(l) = \left(\frac{\exp(a + bl)}{1 + \exp(a + bl)} \right)^{1/\delta}.$$

Когда $\delta > 1$ кривая удлиняется (смещается) влево от l_{50} , а при $\delta < 1$ вправо. Когда $\delta = 1$ она уменьшается симметрично логистической кривой.

Формула кривой селективности Ричардса может быть записана как $a + bl = \text{logit}(r(l)^\delta)$ и, следовательно, $l_{50} = \frac{\text{logit}(0,5^\delta) - a}{b}$, а также

$$SR = \frac{\text{logit}(0,75^\delta) - \text{logit}(0,25^\delta)}{b}.$$

Для определения эффективности орудий лова часто пользуются термином "уловистость" (fishing efficiency). За коэффициент уловистости при этом принимается отношение количества выловленных гидробионтов к их количеству, находившемуся в зоне облова. Однако использовать этот критерий для оценки качества орудия лова не допустимо в первую очередь с точки зрения принципов рационального рыболовства. Лишь в единственном случае - при оценке биологических ресурсов траловым методом - может быть оправдано желание иметь трал со 100% уловистостью. Во всех других случаях для обеспечения рациональной эксплуатации запасов орудие лова должно обладать необходимыми селективными свойствами.

Идеальным с точки зрения рационального промысла может считаться орудие лова, захватывающее всех промысловых гидробионтов, находящихся в зоне

его действия, за исключением особей, не достигших половой зрелости (не успевших принести потомство).

Если промысловая мера на рыбу будет устанавливаться с учётом темпа её роста, условий воспроизводства и товарной ценности, то, пользуясь ею, можно подбирать орудие лова с необходимыми селективными свойствами и добиваться его максимальной эффективности без ущерба для эксплуатируемой популяции.

Поскольку при оценке запасов, как правило, учитываются результаты лова обычными промысловыми тралами, возникает необходимость в их дополнении информацией о размерном составе и количестве отсеянных в процессе селективного отбора объектов. Грубая замена этой информации введением в расчёты коэффициента уловистости, всегда точно не известного, не даёт достоверного результата. В данном случае целесообразнее применять коэффициент селективности орудия лова, поскольку его определение связано с меньшими трудностями, а величина в значительно меньшей степени зависит от факторов, влияющих на достоверность коэффициента уловистости.

Иногда в идентичных условиях эксперимента приходится исследовать однотипные орудия лова с различными характеристиками сетной оболочки. В этих случаях вполне правомерно говорить об избирательных свойствах ячеи соответствующей формы и размера. На наш взгляд, в данном случае, особенно при анализе свойств квадратной ячеи, удобнее пользоваться коэффициентом селективности, представляющем собой отношение периметра наибольшего сечения объекта лова плоскостью ячеи к её внутреннему периметру:

$$k_s = \frac{P_{f50\%}}{2B},$$

где $P_{f50\%}$ - периметр наибольшего сечения объекта лова, характерный размер которого соответствует точке 50%-ного удержания.

Используя модифицированный метод Токаи и Китахара, главную кривую селективности можно получить как результат аппроксимации данных логистической функцией от $P/2B$:

$$r = 1 / (1 + \exp(a - b(P/2B)))$$

При отсутствии специальных требований к обработке данных и её результатам (форме представления) анализ избирательных свойств сетного полотна с квадратной структурой можно осуществлять более простыми методами, например, используя при этом линейную аппроксимацию. В любом случае при обработке данных содержащееся в них количество информации не может быть увеличено. Следует помнить, что стремление представить информацию наиболее выгодно или в более удобном, компактном виде может привести к потере полезной информации.

В III-й главе даётся характеристика биотехнических особенностей тралового промысла тихоокеанского минтая (*Theragra chalcogramma*), антарктического криля (*Euphausia superba*), а также некоторых видов донных рыб в качестве обоснования прикладного значения экспериментальных исследований эффективности применения ячеи квадратной формы в структуре сетных оболочек тралов и траловых мешков на примере этих объектов.

В настоящее время в мировой и отечественной практике промышленного использования криля как источника белка животного происхождения разработаны способы получения "мяса" на основе нескольких технологических принципов. Для увеличения выхода пищевой продукции из криля, наряду с совершенствованием технологических процессов и оборудования, существенное внимание уделяется качеству сырца.

Установлено, что на выход готовой продукции из криля, содержание в ней остатков панциря и глаз весьма существенное влияние оказывает наличие в уловах молоди, т.е. размерных групп до 36 мм. При поступлении на линию травмированного криля значительно снижается качество шелушения (отделения от панциря).

На основании экспериментальных исследований сделан вывод о том, что для успешного облова криля нет необходимости увеличивать габариты трала. Увеличения эффективности лова при оптимальных параметрах траловой системы целесообразнее добиваться за счёт уменьшения материалоемкости конструкций и повышения качества криля-сырца. За счёт выбора правильной тактики лова и применения сетных оболочек, удерживающих частей и траловых мешков соответственно с трапециевидной и квадратной структурой можно достигнуть желаемого результата.

Как выяснилось в процессе исследований, добываясь высокого качества сырца при оптимальных уловах, можно использовать отсева как сортировку облавливаемых объектов по размерному составу, исключив вероятность их гибели при прохождении сквозь ячею.

Установлено, что процесс формирования уловов происходит в основном на участке трала с конической формой сетной оболочки диаметром поперечного сечения от 1,5 до 8 м (рис. 1). При том зона максимальной интенсивности отсева у трала с квадратной структурой сетного полотна приурочена к более узкому участку сетного конуса. Использование сетного полотна с ячейей квадратной формы достигнуто смещение зоны интенсивного отсева в сторону с меньшей площадью сетной оболочки, что при лучшей избирательности обеспечивает уменьшение потерь относительно улова на 15-20%.

Таблица 1. Средние показатели состояния отсеянного и удержанного криля при работе тралами с ячейей квадратной и ромбической формы

Форма ячеи сетного полотна трала	Удержанный криль			Отсеянный криль	
	Средняя длина, мм	Содерж. молоди, %	Содерж. травм., %	Содерж. травм., %	Содерж живого, %
Квадратная	43,6	5,6	15,4	1,2	98,8
Ромбическая	39,2	21,6	33,8	37,1	62,9

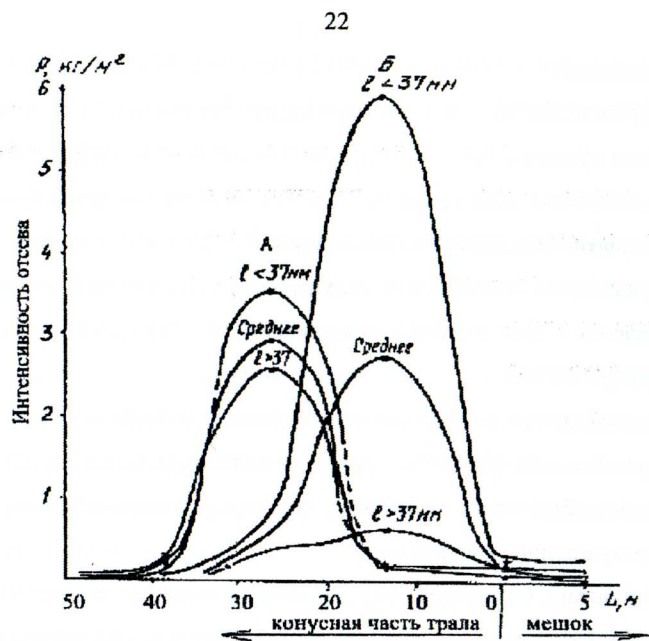


Рис. 1. Отсев криля в удерживающей части в зависимости от размерного состава обловленных рачков: А – при ромбической ячее; Б – при квадратной ячее

Статистические оценки результатов наблюдений с интервалами для средних выборочных величин, полученных с доверительной вероятностью 0,95, позволяют судить о правомочности сравнения соответствующих показателей и определять их различия.

Результаты анализа экспериментальных данных показывают, что кривые селективности, принадлежащие тому и другому сравниваемым вариантам сетного полотна, имеют фактически одну точку перегиба. Однако, кривая, характеризующая избирательные свойства сетной оболочки с квадратной структурой, имеет большую крутизну, что соответствует меньшему диапазону селективности (рис. 2).

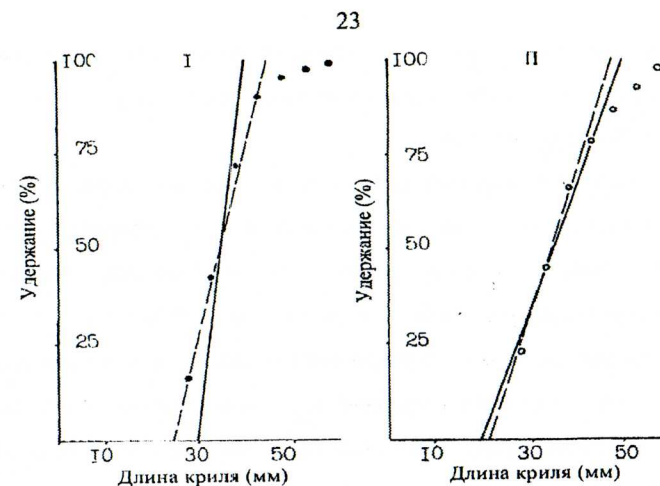


Рис. 2. Линейная аппроксимация теоретической интерпретации и экспериментальных данных селективности тралов с квадратной (I) и ромбической (II) формой ячее.

На основании статистических критериев оценки экспериментального материала с достаточной достоверностью можно утверждать, что применение сетного полотна с ячейёй квадратной формы в крилевых тралах обеспечивает увеличение среднего размерного состава уловов, уменьшение содержания молоди, уменьшение содержания травмированных рачков в улове, оказывает минимальное травмирующее воздействие на отсеивающийся криль, обеспечивая его выживание в процессе селективного отбора.

Наши исследования, непосредственно связанные с промыслом минтая, позволяют с достаточной уверенностью подтвердить факт трансформации количественных критериев оценки результативности добычи от плановых валовых показателей в коммерческие через качественные показатели реализуемой продукции (выгрузки). Достигается этот показатель путём уничтожения некондиционной части улова, а точнее - добытой рыбы.

Совместные исследования на иностранных рыболовных судах позволили оценить соотношение производимой продукции, фиксируемой как "улов" и выбросов маломерной части добываемого минтая. Важно отметить, что оставляет-

ся и фиксируется в "улове" только представляющая товарную (коммерческую) ценность рыба. Процентное отношение выбросов к улову составляет 35% - по массе и 50% - по количеству.

Уничтоженная таким образом часть добываемых гидробионтов практически не попадает в информационное поле. А та часть, которая не утилизируется, но всё-таки показывается как прилов и отходы обработки, составляет в мировом рыболовстве по данным ФАО в среднем около 35% добычи (> 30 млн. т).

Отсутствие должного регулирования промысла и контроля способствуют принятию безответственных решений отдельными рыбаками. Как известно, метод проб и ошибок, предусмотренный Правилами рыболовства, не эффективен, более того, в данной ситуации он губителен для части промысловой популяции, а значит, и не приемлем с точки зрения регулирования промысла.

Предлагаемые нами технические средства регулирования добычи смешанных скоплений - оболочки траловых мешков с квадратной структурой - обеспечивают эффективную избирательность в широком диапазоне условий и требований промысла.

Если говорить о потерях товарной рыбы в процессе избирательного лова, то следует обратить внимание на конусную часть тала перед мешком. Отсев здесь существенно зависит от конструктивных особенностей этого сопряжения конуса с цилиндром. Наиболее важными из них являются:

- площадь поперечного сечения входной части мешка (периметр цилиндрической части);
- отношение проектных периметров конусной и цилиндрической частей при их сопряжении;
- угол раскрытия ячеи, её размер и угол атаки сетного полотна конусной части на участке перед мешком;
- форма и размер ячеи сетной части мешка;
- наличие дополнительных слоёв оболочки мешка (рубашка, каркас).

Наши исследования показали, что замена ромбической структуры оболочек траловых мешков на квадратную положительно сказывается и на результа-

тах лова. Этот эффект был отмечен на промысле криля и мавроликуса тралами с мелкочейными вставками, а также на промысле минтая, в том числе при работе раздвоенным мешком ("штаны"). Аргументы следующие:

- при недостаточной площади входа в цилиндр мешка возникает гидродинамический эффект, препятствующий свободному заходу рыбы;
- стрессовая ситуация, вызванная этим препятствием, заставляет рыбу искать выход из зоны облова через просветы ячеи в конусной части, где, как правило, возможностей покинуть зону облова значительно больше, чем в мешке (ячея крупнее размером и полнее раскрыта; наличие свободного пространства; отсутствует блокировка ячеи);
- квадратная структура сетной оболочки мешка, обладая лучшей фильтрацией, значительно уменьшает этот эффект;
- при этом зона интенсивного выхода рыбы за пределы трала в его конической части значительно сокращается;
- опыты с раздвоенным мешком показали, что в части с квадратной ячеей рыбы скапливается (величина улова) во много раз больше, чем в параллельной с ромбическим сетным полотном;
- серия промысловых тралений показала, что по выходу готовой продукции (без учёта последствий сортировки) результативность работы мешком с квадратной ячеей (В=90 мм) более чем на 40% выше, чем с обычным (ромбическим; В=80 мм).

Иллюстрации, приведённые ниже, представляют собой обобщение результатов экспериментальных исследований избирательных свойств траловых мешков с квадратной структурой оболочек, полученных нами в различных условиях промысла минтая и для различных характеристик сетных полотен (материалов) (рис.3).

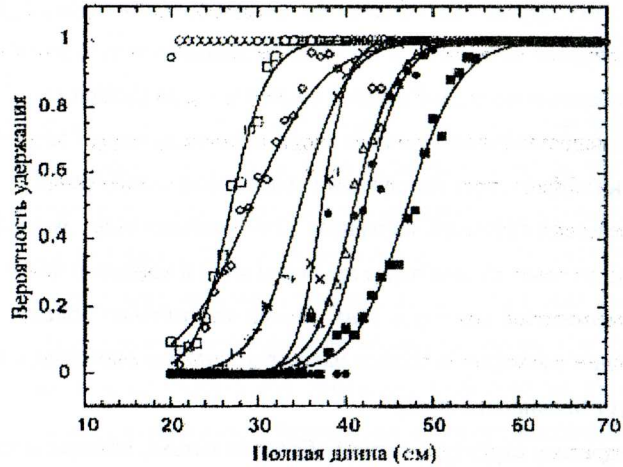


Рис. 3. Кривые селективности, полученные для минтая при использовании траловых мешков с квадратной формой ячеи. Шаг ячеи и район исследований: О - а = 25 мм, Хонсю; □ - а = 38 мм, Хонсю; □ - а = 45 мм, Хонсю; □ - 40 мм, Курилы; + - 45 мм, Курилы; □ - 50 мм, Курилы; ● - 55 мм, Курилы; ■ - 60 мм, Курилы.

Если за определяющий селективные свойства ячеи по отношению к данному объекту взять его периметр в максимальном сечении (обхвате) или отношение последнего к периметру ячеи, то получим более обобщённые данные, приведённые на рис. 4 и 5.

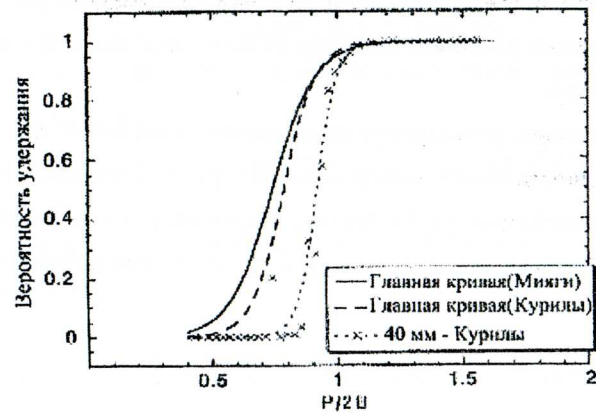


Рис. 4. Главные кривые селективности для минтая района Хонсю и Курильских о-в в сравнении с кривой, относящейся только к 40 мм шагу ячеи

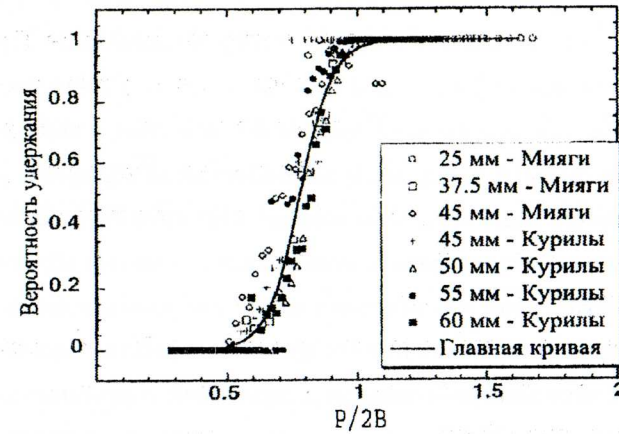


Рис. 5. Генеральная кривая селективности для минтая, выражающая зависимость удержания от $P/2B$.

Генеральная кривая селективности, изображённая на рис. 5, соответствует

$$r = \frac{1}{1 - \exp[12,3 - 15,8(P/2B)]}$$

На основании полученных результатов для обеспечения избирательного лова минтая в достаточно широком диапазоне условий промысла можно рекомендовать для промышленного использования траловые мешки с квадратной структурой оболочек, внутренний размер ячеи которых должен быть не менее 70 мм для безузловых делей на моно основе и не менее 80 мм для узловых двойных делей на комплексной основе.

При более жёстких требованиях, специфики и особых условиях промысла размер квадратной ячеи необходимо увеличивать до 90 мм. Увеличение размера ячеи до 110 мм целесообразно только на специализированном промысле икряного минтая, поскольку оно будет связано со значительными потерями части товарной рыбы.

Таким образом, на сегодняшний день мы располагаем достаточными данными для того, чтобы рекомендовать практическое использование сетных полотен с квадратной структурой в качестве оболочек траловых мешков, как эффективное средство регулирования промысла минтая. Корректировка существ-

вующих Правил рыболовства с учётом наших данных позволит существенно ослабить проблему приловов и сократить потери товарной рыбы. При этом эффективность промысла будет обеспечиваться не только улучшением результативности лова, но и меньшими материальными затратами, а также уменьшением ручного труда рыбаков и времени, затрачиваемых на сортировку улова.

Приведённые выше материалы исследований избирательных свойств сетных полотен с квадратной формой ячеи относятся, главным образом, к объектам пелагического промысла (минтаю и антарктическому крилю). В связи с необходимостью регулирования донного промысла в работе обсуждаются также некоторые данные экспериментальных исследований, полученные в отношении донных и придонных объектов: трески, камбалы, терпуга и шипощёка.

Терпуги и шипощёки относятся к окуням, форма тела и «оперение» которых определённым образом отличаются от других рыб. Существует мнение, что окуни очень плохо поддаются селективному отбору ячеей в процессе лова. Возможно, при взаимодействии с ромбической ячеей и волокнистыми материалами (например, с капроновой комплексной ниткой) наличие жёстких плавников и острых шипов не позволяет окуням достаточно свободно проходить сквозь ячею, делая попытки их селективного отбора не эффективными. Наши эксперименты показывают, что квадратная форма ячеи сетного полотна, изготовленного на монофиламентарной основе из «скользкого» полиэтилена, обеспечивает селективный отбор окунёвых в рамках общих для данной постановки задачи закономерностей.

Полученные экспериментальным путём кривые селективности для шипощёка, терпуга и камбалы соответствуют следующим уравнениям

$$\text{для шипощёка (шаг квадратной ячеи 50 мм)} \quad r = \frac{100}{1 + \exp(-0,35l + 11,95)}$$

$$\text{для терпуга (шаг квадратной ячеи 60 мм)} \quad r = \frac{100}{1 + \exp(-0,54l + 20,29)}$$

$$\text{для камбалы (шаг квадратной ячеи 40 мм)} \quad r = \frac{100}{1 + \exp(-0,43l + 13)}$$

Обловленное скопление трески в исследованном районе аналогично минтаю имело высокую степень смешения по размерному составу (рис. 6). Причём, более чем на треть оно состояло из молоди, запрещённой к вылову. Коммерческий интерес представляли особи длиной не менее 45 см. В подобной ситуации (при облове скоплений с данным размерным составом) более 50% пойманной рыбы расценивается рыбаками как прилов и в большинстве случаев выбрасывается.

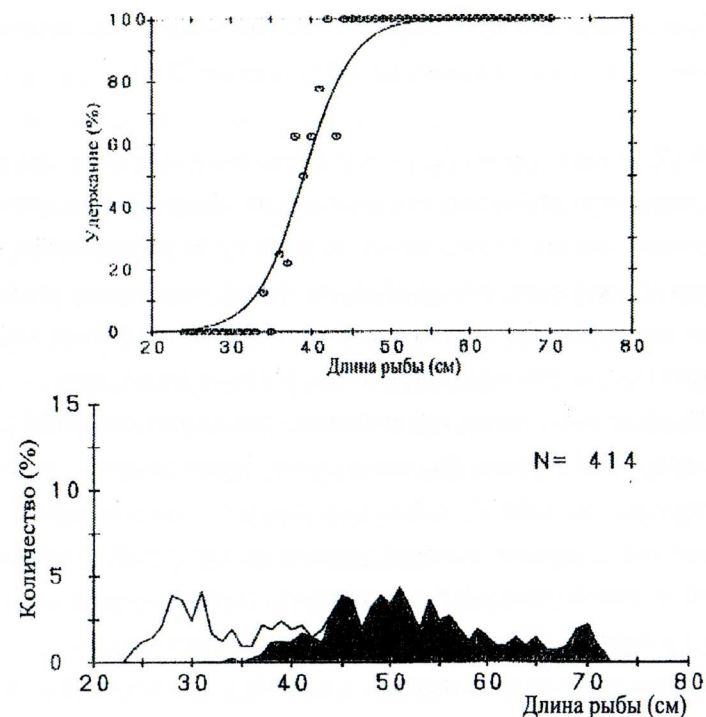


Рис. 6. Характеристики селективных свойств тралового мешка с квадратной формой ячеи ($a = 60\text{ мм}$) по отношению к треске Курильского района.

Кривая селективности, изображённая на рис. 6, соответствует уравнению

$$r = \frac{100}{1 + \exp(-0,33l + 13,01)}$$

Согласно принципам селективного отбора длина рыбы, соответствующая 50%-ному удержанию ($L_{50\%}$), не должна быть меньше научно обоснованной промысловой меры, установленной Правилами рыболовства. В данном случае, как следует из графика селективности (рис.6), $L_{50\%} = 39$ см, т.е. немногим меньше требуемой.

При специализированном лове трески донным тралом, когда с целью рационального использования ресурсов кроме правовых требований должны учитываться технологические и коммерческие соображения, шаг квадратной ячеи тралового мешка рекомендуется выбирать не менее 70 мм.

В IV –й главе рассматривается роль технических средств в решении проблем управления рыболовством с акцентом на обеспечение рационального использования водных биологических ресурсов путём регулирования соответствующих характеристик сетных оболочек орудий лова; даются общие теоретические характеристики оболочек и предпосылки использования квадратной и трапецидальной ячеи в структуре сетных оболочек орудий лова.

Мировое рыболовство всё отчётливее приобретает очертания глобальной социоприродной системы. Во всяком случае, череда локальных и международных проблем настойчиво требует своих решений в рамках единой системы с собственной иерархией, системой управления, структурой, спецификой отношений со средой (природной и социальной), другими компонентами и свойствами, присущими системной организации любой деятельности.

Создание смешанной системы, в которой с возникновением новых положительных качеств будут устранены противоречия между природой и цивилизацией, одним из главных камней преткновения, очевидно, будет техника, без которой человек в социальной среде не мыслим, по крайней мере, как добытчик и производитель продуктов общественного потребления.

В процессе разработки, создания и функционирования желаемой системы потребуются решать целый ряд задач, чрезвычайно сложных, связанных с обеспечением "безболезненности" вживания в природные структуры. Даже решение

задач регулирования рыболовства, таких как обеспечение необходимой избирательности лова, непременно потребует привлечения к этой деятельности определённых технических средств. Степень их воздействия на природные биологические системы не одинакова.

Главными объектами регулирования рыбохозяйственной деятельности будет оставаться массовое промышленное использование орудий лова. Если считать процессы добычи гидробионтов и аквакультуру средствами обеспечения сообщества продуктами питания, то их можно воспринимать за нормальные объективные отношения. Система регулирования этих отношений или управления этими процессами с точки зрения использования технических средств также не содержит в себе явно враждебных природе элементов, поскольку создаётся для обеспечения главной объективной цели - естественных отношений человека и природы.

Как отрицательные факторы, относящиеся к общему антропогенному воздействию на среду и создаваемые рыболовством вследствие использования технических средств, наряду с другими, выделяются, как минимум, два:

- вылов биологических объектов, не представляющих пищевой ценности, в том числе молоди промысловых гидробионтов, впоследствии уничтожаемых;
- массовое травмирование гидробионтов, избегающих удержания и не попавших в улов для дальнейшей утилизации.

Вполне очевидными являются несколько причин:

- несовершенство средств лова или их несоответствие условиям промысла, предъявляемым научно обоснованными требованиями;
- отсутствие специального оснащения;
- отсутствие достаточных знаний о характере и степени воздействия того или иного фактора на среду и её биологических обитателей (экосистему);
- непрофессионализм субъектов, участвующих в рыбохозяйственных процессах;
- причины, носящие морально-психологический характер.

Успех в решении проблем управления рыболовством будет зависеть, прежде всего, от того, насколько своевременно (скоро) будут сформулированы общие цели и выбраны критерии на основе системы общечеловеческих ценностей и объективных принципов естественного сосуществования людей как объекта природы. Роль техники в этом процессе должна быть определена на уровне разумной достаточности и целесообразности.

Причина пристального внимания к негативной стороне использования ромбической структуры сетного полотна в орудиях лова обусловлена её геометрическими и механическими свойствами, не способствующими обеспечению рационального промысла гидробионтов. Альтернативой здесь в качестве конструктивных элементов всех необъязывающих орудий лова всё чаще рассматриваются оболочки с ячейёй квадратной формы.

На основании теоретических разработок Ф.И. Баранова, Н. Н. Андреева, А. И. Зонова, Ю. А. Изнанкина, В. Д. Кулагина, А. И. Сучкова, В. И. Толмачёва и других исследователей сделан вывод о том, что в случае с ромбическим сетным полотном наименьшей материалоемкостью и наименьшим гидродинамическим сопротивлением при прочих равных условиях обладает орудие лова при обеспечении условия $U_1 U_2 = \max$, т. е. когда ромбическая ячейя принимает форму квадрата (частный случай при $U_1 = U_2 = 0,707$).

Давая общую характеристику оболочечных систем предполагается показать, что квадратная и трапециевидальная форма ячеей сетных конструкций является материальным отражением классической (в абстрактном понимании) структуры наиболее распространённых в природе и технике цилиндрических и конических оболочек. Это свойство предопределяет эффективность использования данной альтернативы от проектирования до эксплуатации.

Среди многочисленных функций, выполняемых оболочками в рыболовстве, в первую очередь следует назвать функцию разделения (отцеживания), а среди самых разнообразных свойств – прочность оболочек, выполняющих силовые функции. При проектировании оболочечных систем, которыми являются

отцеживающие орудия лова, наилучшим будет то решение, которое наиболее полно сочетает функциональное совершенство, прочность и экономичность.

Согласно классической теории геометрии и механики орудий рыболовства для расчёта сетных оболочек можно использовать как дискретные, так и континуальные модели. Предпочтение отдаётся континуальной модели по причине простоты её реализации. Кроме того, при этом можно использовать дифференциальную геометрию и безмоментную теорию, применяемую для расчёта мягких оболочек.

Для описания поверхностей сетных оболочек и пластин пользуются первой квадратичной формой, которая имеет вид

$$dl^2 = A^2 du^2 + B^2 dv^2.$$

Для равномерно растянутого прямоугольного участка сети с квадратной структурой первая квадратичная форма запишется следующим образом

$$dl^2 = a^2 (du^2 + dv^2),$$

где a – шаг ячеей.

Для более общей характеристики состояния оболочки в любой точке можно записать, что напряжение σ есть отношение действующей силы F к площади поперечного сечения S

$$\sigma = F / S.$$

Важная особенность нити, с геометрической формой оси которых можно согласовать характер действия нагрузок – не способность воспринимать сжимающие усилия. Этим же свойством обладают составленные из отдельных нитей сетные конструкции, которые относятся к мягким оболочкам. Их уникальная способность менять свою форму в соответствии с характером нагрузки (распределением поперечного давления) широко используется природой и в технике.

Очень сложные проблемы приходится решать при увязке и закреплении оболочки в общей системе взаимодействующих деталей орудия лова. Одна из таких непростых задач – передача сосредоточенных усилий. В местах крепле-

ния на оболочку действуют большие сосредоточенные усилия, которые и являются причиной возникновения в оболочке ярко выраженного изгибного напряжённого состояния.

Как уже отмечалось, цилиндрическая и коническая оболочки являются наиболее распространёнными формами, применяемыми в рыболовстве. Раскрой материала и последующий процесс изготовления конструкций в форме цилиндра и усечённого конуса требуют минимума технологических средств.

Использование цилиндрических и конических оболочек в рыболовстве, как правило, связано с нагружением их в процессе эксплуатации внутренним избыточным давлением. В силу осе симметричности контура поперечного сечения именно этот вид нагружения наиболее рациональный, так как в оболочке реализуется безмоментное напряжённое состояние, а, следовательно, и наиболее полно используется материал конструкции.

Для определения напряжений, возникающих в кольцевых и меридиональных сечениях цилиндрической и конической оболочек рассматривается равновесное состояние их отсечённых частей.

Результат приведённых из классической теории выкладок заключается в том, что в стенках цилиндрических и конических сетных оболочек возникают напряжения, действующие в двух взаимно перпендикулярных направлениях - в кольцевых σ_1 и в меридиональных σ_2 , совпадающих с нитями, образующими квадратную и трапециевидальную структуры:

$$\sigma_1 = \frac{qR}{2h}; \quad \sigma_2 = \frac{qR}{h}.$$

Из сравнения выражений для σ_1 и σ_2 следует, что кольцевые напряжения в стенке цилиндрической оболочки в 2 раза больше меридиональных.

Если элемент цилиндрической или конической оболочки одновременно нагружается в двух направлениях, то деформации будут определяться как суммарный результат действия обоих напряжений. При одновременном действии напряжений σ_1 и σ_2 деформации в направлении действия σ_1 будут

$$\varepsilon_1 = \frac{\sigma_1 - \nu\sigma_2}{E} \quad \text{или} \quad \varepsilon_1 = \frac{qR}{2hE}(1 - 2\nu),$$

где ν - коэффициент Пуассона.

В этом выражении отражено, что напряжения σ_2 вызывают уменьшение деформации в направлении σ_1 .

Эти два обстоятельства необходимо учитывать при проектировании и эксплуатации рыболовных тралов.

В V-й главе даются результаты экспериментальных исследований оболочек разноглубинных тралов. Суть эксперимента заключалась в определении фактических параметров сетных оболочек исследуемых конструкций удерживающих частей и в их сравнении с целью проверки эффективности применения сетного полотна с квадратной формой ячеи, вытекающих из его геометрических и механических свойств.

Измерения показали, что периметр поперечных сечений удерживающих частей по форме близок к окружности. Поэтому удерживающую часть трала с достаточной точностью можно рассматривать как сетной конус, определяющим параметром которого является фактический диаметр поперечного сечения.

Через фактический диаметр можно определить и другие геометрические параметры сетного конуса, например, фактический периметр поперечного сечения сетной оболочки

$$P_{\text{тм}} = \pi d_{\text{тм}},$$

или угол атаки сетной оболочки между двумя данными сечениями

$$\alpha = \arcsin \frac{d_{\phi}^6 - d_{\phi}^4}{2l}.$$

Наиболее важными характеристиками рабочей формы сетной оболочки с точки зрения экономичности (эффективности) использования сетематериалов являются: коэффициент наполнения

$$K_H = S_{\phi} / S_m$$

и коэффициент относительной площади

$$S_0 = S_n / S_\phi,$$

где S_ϕ - действительная (фактическая) площадь сетной оболочки.

В табл. 2. приведены основные расчётные характеристики, полученные в результате анализа экспериментальных данных.

Материалоёмкость трала можно оценить по проектным данным. Таким показателем может служить площадь ниток (S_n). Однако в реальном случае условием существования сетной поверхности является неравенство: $S_n < S_\phi$. Поэтому с точки зрения эффективности использования материалов реальная сетная поверхность лучшим образом характеризуется отношением этих показателей, т.е. коэффициентом относительной площади S_0 .

Таблица 2. Показатели использования сетматериалов на единицу полезной площади в зависимости от конструктивных особенностей тралов

Трал (удерж. часть)	$S_n, \text{м}^2$	$S_\phi, \text{м}^2$	S_0	$K_n, \%$
77,4 м	87,8	596,1	0,15	48
75,6 м	98,9	470,6	0,21	37
75,6 м (эксперимент.)	54,4	580,8	0,09	71
77,4/202 м	116,2	844,8	0,14	48
38,5/150 м	19,7	120,4	0,16	51
38,5/150 м (эксперимент.)	20,2	311,0	0,06	80
то же	356,1	809,4	0,44	48
(мелкоячейная вставка)	181,4	488,0	0,37	46
	161,6	572,9	0,28	83

Как видно из таблицы, значения коэффициентов относительной площади убедительно показывают, что существенная экономия материалов может быть достигнута за счёт использования сетного полотна с ячейей квадратной формы.

В VI-й главе дана методика расчёта конусных оболочек орудий лова. При буксировке трала его оболочка от устья до тралового мешка имеет усечённую коническую поверхность. Если такую поверхность развернуть на плоскость, то в идеале она должна представлять собой развёртку усечённого конуса.

При изготовлении (проектировании) трала детали его оболочки представляют собой плоские, в форме трапеции, выкройки. В формальном выражении площади рассматриваемых фигур могут быть представлены следующим образом: для трапеции - $S_T = h_T \frac{b+b'}{2}$;

$$\text{для усечённого конуса} - S_K = h_K \frac{C+C'}{2}.$$

Очевидно приближая большое (b) и малое (b') основания трапеции к соответствующим дугам развёртки (C, C') можно добиться минимальной разницы между площадями этих фигур. В идеале получится трапеция, набранная из вертикально расположенных ячеей трапецидальной формы с дифференцированно изменяющимся шагом.

Особенность конусной оболочки с трапецидальной структурой состоит в том, что количество продольных образующих - меридианов (n'), а, следовательно, и количество ячеей в поперечном направлении (n) остаются постоянными по всей длине трала или его части. При этом по мере увеличения диаметра поперечного сечения конуса, длина поперечной образующей - параллели (C) постоянно увеличивается на величину ΔC_i , а в каждом следующем параллельном ряду ячеей их поперечные стороны отличаются на величину Δa_i (рис. 7). Продольные стороны трапецидальной ячей равны между собой, симметричны относительно продольной оси, но не параллельны.

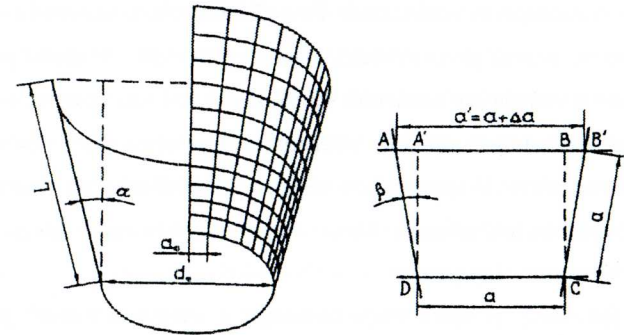


Рис. 7. Сетная оболочка с трапецидальной структурой и её элемент.

Для определения величины продольных и поперечных образующих необходимо найти шаг ячеи, последовательно возрастающий по длине конусной оболочки.

Выразив периметр большого основания усечённого конуса C_2 через заданные исходные характеристики, получили основную формулу для расчёта элемента конусной оболочки:

$$a_i = a_{i-1} \left(1 + \frac{2\pi \sin \alpha}{n} \right) = k a_{i-1}.$$

Поскольку элемент каждой параллели (большее основание трапеции) находится через элемент предыдущей путём перемножения его величины на одно и то же число, то последнее выражение для шага ячеи i -той параллели можно записать в виде

$$a_i = a_1 k^{(i-1)}; \quad i = 2, 3, \dots, N.$$

Полученная формула даёт возможность определить величину любой параллели и длину продольной образующей оболочки, ограниченной данными параллелями:

$$C_i = n a_1 k^{(i-1)}; \quad L = \sum_{i=2}^{i=N} a_1 k^{(i-1)}.$$

Проектирование конусной оболочки трала или другого орудия лова, а также анализ их характеристик осуществляются автоматизировано, с использованием компьютерных технологий. Разработаны специальные программы, позволяющие не только рассчитывать элементы сетной оболочки разноглубинного трала, но и набора его канатной части. При этом может быть учтено сопротивление оболочки буксируемого с заданной скоростью трала при заданных характеристиках нитей. В простейших вариантах расчётов угол атаки сетной оболочки выбирается постоянным. Однако при необходимости он может изменяться ступенчато или непрерывно.

Этот метод расчёта удерживающей и канатной частей разноглубинного трала использовался автором при моделировании оболочек с трапецидальной

структурой. Подводные наблюдения за работой этих моделей в натуральных условиях и в гидродинамическом бассейне позволили убедиться в практической реализации свойств трапецидальной структуры оболочек и приобрести уверенность на пути дальнейших экспериментальных исследований.

При использовании предлагаемой модели расчёт оболочки трала в целом необходимо начинать с тралового мешка. Исходные характеристики определяются целью проектирования, которая включает в себя ряд требований и ограничений:

- объект лова с его биологическими характеристиками, включающими в себя особенности поведения, характер скоплений, физиологическое состояние, форму тела и данные экстерьера, промысловую меру, технологические требования к сырцу, требования к качеству продукции и др.;

- технические требования и ограничения могут включать в себя массу улова, наличие средств сепарации (селективных вставок, окон, решёток, перегородок и др.), возможность оборудования мешка защитными средствами и подкреплениями, ассортимент материалов, характеристики промышленного оборудования (слипа, палубы и механизмов), способ выливки улова или его передачи на другой борт.

Минимальный размер ячеи, а затем и шаг, выбираются исходя из промысловой меры на объект лова и селективных свойств сетматериала по отношению к данному объекту лова или возможному прилову. Иногда этот выбор диктуется промысловой (коммерческой) целесообразностью.

Полученные исходные данные закладываются в геометрический расчёт и расчёт прочности сетной оболочки, а затем и всей конструкции в целом. Конечный результат расчётов согласуется со всеми требованиями и ограничениями, предъявляемыми ко всей траловой системе в данных условиях промысла. Корректировка проекта может осуществляться как при моделировании конструкции, так и по результатам её производственных испытаний.

Предлагаемый подход к проектированию тралов не требует выбора прототипа, что существенно увеличивает свободу творчества разработчика и исклю-

чает автоматический перенос скрытых недостатков существующих конструкций в новые прогрессивные средства рыболовства.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Материалы диссертации в контексте общей теории селективного рыболовства представляют собой обобщение оригинальных и литературных данных об избирательных свойствах сетных оболочек с квадратной структурой на примере биотехнических особенностей промысла антарктического криля. На примере минтая и некоторых других видов рыб показана возможность эффективного регулирования их промысла в экономической зоне РФ. На основании многолетних экспериментальных исследований автора дано обоснование эффективности применения сетных оболочек с квадратной структурой исходя из критериев материалоемкости и избирательности. В контексте общей теории оболочек акцентированы особенности сетных оболочек с квадратной и трапециoidalной структурой в конструкциях цилиндрической и конической формы. Впервые предложена методика расчёта конусных оболочек орудий лова с трапециoidalной структурой и дано экспериментальное подтверждение работоспособности этого технического варианта в реальных условиях и на моделях. Получены следующие конкретные результаты, которые могут быть использованы для решения актуальных проблем российского и мирового рыболовства, для их технического совершенствования на принципах рациональной эксплуатации биологических ресурсов Мирового океана:

1. Результаты анализа современного состояния рыболовства и развития его теоретических основ показали, что решение проблемы приловов и выбросов, величина которых достигает 30% общего объёма добычи гидробионтов и существенно сказывается на воспроизводстве водных биоресурсов, может быть найдено, в частности, на пути улучшения избирательных свойств орудий лова за счёт применения квадратной структуры сетных оболочек в частях с минимальным (регулируемым) размером ячеи.

2. Для получения пространственных параметров траловой системы и действительных характеристик сетной оболочки трала разработан гидроакустический метод измерений «in situ» с применением двух эхолотов «Язь» для вертикального и горизонтального зондирования, а также усовершенствован метод непосредственных подводных наблюдений и измерений с использованием ОПА «Тетис».

3. Получены действительные параметры сетных оболочек разноглубинных тралов, имеющих различные конструктивные особенности, в том числе, форму ячеи. На основании полученных экспериментальных данных определены расчётные характеристики и коэффициенты для сетных оболочек удерживающих частей разноглубинных тралов с квадратной и ромбической структурой: коэффициент относительной площади находится в пределах 0,09 – 0,06 и 0,21 – 0,14; коэффициент наполнения оболочки – 71 – 80% и 37 – 51% соответственно, что свидетельствует о существенно меньшей материалоемкости первых.

4. Получены экспериментальные данные, построены кривые селективности и определены основные показатели, характеризующие избирательные свойства сетного полотна с ромбической и квадратной структурой по отношению к минтаю, треске, камбале, терпугу, шинощёку и антарктическому крилю. В частности, получено уравнение для генеральной кривой селективности по отношению к минтаю, выражающее зависимость удержания от отношения максимального обхвата рыбы к внутреннему

$$\text{периметру ячеи } P/2B: r = \frac{1}{1 - \exp[12,3 - 15,8(P/2B)]}.$$

5. В отличие от традиционной ромбической ячеи, ячея квадратной формы практически не оказывает травматического воздействия на объекты лова. Частичная гибель криля от полученных травм составляет: для сетного полотна с ромбической ячеей - 37,1%; для сетного полотна с квадратной ячеей - 1,2%. Выживаемость минтая, прошедшего через ячею в процессе селективного отбора составляет 100%.

6. Получены теоретические зависимости биометрических характеристик объек-

20. **Норинов, Е.Г.** Подводные технические средства для прикладных рыбохозяйственных исследований. / Е.Г. Норинов. // Тр. 4-й Международной науч.-техн. конф. "Современные методы и средства океанологических исследований". - М.: РАН, 1998.
21. **Норинов, Е.Г.** и др. Программное обеспечение расчёта основных характеристик конусных сетных оболочек с трапецеидальной структурой. / Е.Г. Норинов. // Науч. тр. Дальрыбвтуза. - Вып. 12. - Владивосток: Дальрыбвтуз, 1999.
22. **Норинов, Е.Г.** Проблемы использования технических средств в связи с регулированием рыбохозяйственной деятельности. / Е.Г. Норинов // Научные труды Дальрыбвтуза. - Вып. 13. - Владивосток: Дальрыбвтуз, 2000.
23. **Норинов, Е.Г.** Результаты исследований избирательных свойств квадратной ячеи по отношению к объектам донного тралового промысла. / Е.Г. Норинов. // Науч. тр. Дальрыбвтуза. - Вып. 14/1. - Владивосток: Дальрыбвтуз, 2001.
24. **Норинов, Е.Г.** Использование гидроакустических средств для оценки параметров тралового лова. / Е.Г. Норинов, В.И. Шевцов. // Науч. тр. Дальрыбвтуза. - Вып. 14/1. - Владивосток: Дальрыбвтуз, 2001.
25. **Норинов, Е.Г.** Конструктивное совершенствование сетных орудий лова путём применения специальных сепарирующих устройств. / Э.Д. Ким, М.Н. Коваленко, Е.Г. Норинов. // Материалы Междунар. науч.-практ. конф. «Рыбохозяйственное образование в XXI веке». – Петропавловск-Камчатский: КамчатГТУ, 2002. – С. 145-150.
26. **Норинов, Е.Г.** Принципы управления и технические средства регулирования в системе прибрежного рыболовства. / Е.Г. Норинов // Материалы Междунар. науч.-практ. конф. «Рыбохозяйственное образование в XXI веке». – Петропавловск-Камчатский: КамчатГТУ, 2002. – С. 147-150.
27. **Норинов, Е.Г.** Дифференцированный подход к оценке эффективности лова. / Е.Г. Норинов. // Материалы Международной конференции «Рыбохозяйственные исследования океана». - Владивосток: Дальрыбвтуз, 2002.

28. **Норинов, Е.Г.** Статистические модели, используемые при обработке экспериментальных данных селективности буксируемых орудий лова. / Е.Г. Норинов. // Вестник КамчатГТУ. – 2002. - № 1. – С. 5-12.
29. **Норинов, Е.Г.** Влияние формы ячеи на основные показатели лова криля разноглубинным тралом. / Е.Г. Норинов. // Науч. тр. Дальрыбвтуза. - Владивосток: Дальрыбвтуз, 2003.
30. **Норинов, Е.Г.** Механизм взаимодействия объекта лова с ячейей сетного полотна, определяющий её селективные свойства. / Е.Г. Норинов. // Науч. тр. Дальрыбвтуза. - Владивосток: Дальрыбвтуз, 2003.
31. **Норинов, Е.Г.** Экспериментально-аналитические данные для определения мощности и эффективности разноглубинных траловых систем. / М.Н. Коваленко, Е.Г. Норинов. // Ресурсы и средства рациональной эксплуатации прибрежных акваторий Камчатки. Материалы науч.-техн. конфю (25-27 марта 2003 г.) / Под ред. Е.Г. Норина. – Петропавловск-Камчатский: КамчатГТУ, 2003. – С. 66-70.
32. **Норинов, Е.Г.** Геометрические и механические свойства сетных оболочек с квадратной и трапецеидальной структурой. / Е.Г. Норинов. // Ресурсы и средства рациональной эксплуатации прибрежных акваторий Камчатки. Материалы науч.-техн. конф. (25-27 марта 2003 г.) / Под ред. Е.Г. Норина. – Петропавловск-Камчатский: КамчатГТУ, 2003. – С. 73-78.
33. **Норинов, Е.Г.** Новые технологии рационального рыболовства в конструкциях сетных орудий лова. / Е.Г. Норинов, Е.А. Лапина, А.Г. Желтышев. // Рациональное использование морских биоресурсов. Материалы науч.-техн. конф. профессорско-преподавательского состава и аспирантов (20-27 апреля 2004 г.) / Под ред. Е.Г. Норина. – Петропавловск-Камчатский: КамчатГТУ, 2005. – С. 5-10.
34. **Норинов, Е.Г.** Современное состояние технических средств рыболовства и перспективы их совершенствования для рациональной эксплуатации биоресурсов Охотского моря. / М.Н. Коваленко, Е.Г. Норинов. // Экономические, социальные, правовые и экологические проблемы Охотского моря и пути их реше-

ния. Материалы региональной науч.-практ. конф. 17-19 мая 2006 г. – Петропавловск-Камчатский: КамчатГТУ, 2006. – С. 43-46.

35. **Норинов, Е.Г.** Развитие исследований сетных оболочек с квадратной структурой и результаты их применения в рыбохозяйственных целях. / Е.Г. Норинов. // Успехи рыболовства: Сб. науч. тр. кафедры промышленного рыболовства. Владивосток: Дальрыбвтуз, 2006. – С. 115-128.

36 **Norinov, E.G.** The Influence of the Shape of Meshes on the selective Properties of Trawls With special Reference to Antarctic Krill. / . E.G. Norinov, S.F. Efanov // WG-FSA- 89/14/ - 10 p.

37. **Norinov, E.G.** Selectivity Test on Square-Shaped Mesh Codend. / Y. Inoue, Y. Matsushita, E.G. Norinov. // Japan-Soviet Report on Trawl Net Fishery (1989 Survey in South Kamchatka Area). – NRIFE-TINRO, 1990. – P. 89-94.

38. **Norinov, E.G.** Selectivity in the codend and in the main body of the trawl. / Y. Matsushita, Y. Inoue, A.I. Shevchenko, E.G. Norinov. // ICES Marine Science Symposia, Volume 196, International Council for the Exploration of the Sea, Copenhagen, Denmark, ISSN 0906-060X, April 1993. - P. 170-177.

39. **Norinov, E.G.** Improving Techniques of Trawl and Hydroacoustic Survey in Estimating Sea Biological Resources. / E.G. Norinov, V.I. Shevtsov // International Symposium on Advanced Techniques of Sampling Gear and Acoustical Surveys of Estimation of Fish Abundance and Behavior. – Hokodate, Japan, October 2000.

Изобретение:

А.С. 1444981 СССР. Трал / **Норинов Е.Г.** -№ 4207645/28-13; заяв. 16.12.86; опб. 15.08.1988