

На правах рукописи

УДК 639.2.081.117

ШЕВЧЕНКО АНАТОЛИИ ИГНАТЬЕВИЧ

РАЦИОНАЛЬНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ
ТРАЛОВОГО ПРОМЫСЛА МИНТАЯ

Специальность 05.18.17 - «Промышленное рыболовство»

Автореферат
диссертации на соискание ученой
степени доктора технических наук

Владивосток, 2004



Работа выполнена во ФГУП «Тихоокеанский научно-исследовательский рыбохозяйственный центр» (ФГУП «ТИНРО-Центр»).

Научный консультант:

доктор технических наук

Л.Н. Бочаров

Официальные оппоненты:

доктор технических наук

И.Г. Проценко

доктор технических наук, профессор

Б.И. Друзь

доктор технических наук, профессор

М.В. Мироненко

Ведущая организация: Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии (ВНИРО).

Защита диссертации состоится «24» декабря 2004 г. в 14 часов на заседании диссертационного совета Д 307.006.01 в Дальневосточном государственном техническом рыбохозяйственном университете по адресу:
690950, Владивосток, ул. Луговая, 52, корпус «Б».

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Дальневосточного государственного технического рыбохозяйственного университета.

Автореферат разослан «26» 10 2004 г.

Ученый секретарь

диссертационного совета

доктор технических наук,

профессор

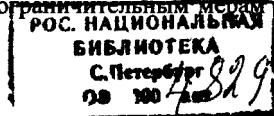


С.Д. Угрюмова

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность исследований. Биологические ресурсы морей и океанов являются источником исходного сырья для производства пищевых продуктов. В этой связи предотвращение и ослабление отрицательного воздействия промыслового пресса на запасы являются одним из основных направлений рыбохозяйственных исследований. В промышленном рыболовстве эта проблема решается путем рационального изъятия промысловых запасов. Под рациональной технологией промысла подразумеваются такие техника и тактика лова, при которых из облавливаемого скопления изымается максимальное количество рыб, превышающих минимальный промысловый размер (МПР), и за счет сохранения молоди обеспечиваются условия непрерывного воспроизводства запасов. Рациональному рыболовству посвящены работы многих отечественных и зарубежных ученых, в том числе Ф.И.Баранова, А.И.Трещева, В.Н.Мельникова, А.В.Мельникова, С.Е.Шевцова, Р.Бивертон, М.Холта, Т.Левасту, Ё.Инуе, Ё.Мацуситы и др. В то же время эта проблема при промысле таких массовых рыб, как минтай, не исследовалась. Минтай является основным объектом промысла в российском и мировом рыболовстве, его доля в российском объеме вылова превышает 60 %. Он имеет свои промыслово-биологические особенности, образуя плотные промысловые скопления с большим содержанием рыб менее промыслового размера. Численность минтая подвержена значительным колебаниям в зависимости от появления различных по урожайности поколений. Неблагоприятная ситуация с его запасами сложилась в последние годы, когда промысловые запасы только Охотского моря уменьшились в 2,4 раза, а общий вылов - в 3,6 раза.

Кроме природных факторов негативную роль в снижении запасов минтая сыграл практически неконтролируемый промысел с приловом неполовозрелых маломерных рыб. Исследования показали, что размерный состав уловов минтая, полученных при использовании существующей технологии промысла, удовлетворяет существующим ~~ограничительным мерам~~ по разрешенному



прилову маломерных рыб только в 16 % тралений. Дальнейшее повышение селективного уровня промысла традиционным способом увеличения размера ячеи в траловом мешке не позволяет рационально изымать минтай, так как ведет к значительным потерям рыб промысловых размеров (Шевченко и др., 2002). Поэтому исследования, направленные на решение проблемы рациональной эксплуатации запасов минтая, позволяющей получать максимальное количество биопродукции наилучшего качества при условии обеспечения непрерывного воспроизводства запасов, являются актуальными.

Рыболовство по своему характеру — процесс избирательный или селективный, т.е. способный изымать из промысловых запасов определенную их часть, как рыб определенных видов из облавливаемого скопления особей со смешанной популяцией, так и определенного размерного состава особей из одновидовой популяции (Бивертон, Холт, 1969; Никольский, 1972; Трешев, 1974).

Отбирающая способность промысла разделяется на селекцию, обусловленную особенностями ведения промысла и промыслово-биологическими особенностями поведения объектов лова, и селекцию, производимую используемыми орудиями лова.

Для выявления путей дальнейшего повышения селективного уровня лова минтая нами рассмотрены процессы фильтрации и формоизменяемости сетного полотна, происходящие в различных частях трала при его буксировке, а также влияние этих процессов на поведение облавливаемых объектов и их селективный отбор. Исследованы различные структуры и способы формирования сетной оболочки, их влияние на фильтрующие свойства селективных устройств. Из биологических особенностей распределения минтая нами использован природный фактор его поведения - обитание и высокая концентрация старших возрастных групп в непосредственной близости от грунта. Учитывая основную роль входного устья трала при рациональном облове скоплений, нами разработана и представлена методика, позволяющая рассчи-

тывать силовые и геометрические значения оснастки для обеспечения его обоснованных параметров.

Таким образом, используя внутреннюю селективность промысла путем конструктивных изменений траловой системы и внешнюю - за счет образования крупноразмерных промысловых скоплений минтая у грунта, создали рациональную технологию лова минтая.

Решению совокупности названных выше и поставленных в процессе исследований направлений посвящена настоящая работа.

Исследования выполнялись в соответствии с тематическим планом научно-исследовательских работ ТИНРО-Центра.

Основная концепция работы утверждает возможность и целесообразность использования промыслово-биологических особенностей поведения объекта промысла и конструктивных изменений орудия лова для снижения негативного влияния промыслового пресса на запасы минтая.

Цели и направления исследований. Цель работы заключается в научном обосновании и разработке рациональной технологии промысла минтая. Для достижения указанной цели необходимо проведение исследований по следующим направлениям:

- Возможности использования «внешней» и «внутренней» селекции рыболовства при промысле минтая.
- Влияние процесса буксировки на форму сетной оболочки трала и поведение объекта лова.
- Особенности распределения скоплений минтая у грунта.
- Разработка методов для расчета оснастки входного устья трала.
- Обоснование и разработка селективных устройств для рационального лова пелагических скоплений минтая.
- Обоснование и разработка рациональной техники и тактики лова придонных скоплений минтая.

Объектом исследований является область рыболовства, охватывающая разработку технологий, позволяющих эффективно осваивать и в процессе эксплуатации сохранять промысловые запасы Мирового океана.

Предмет исследований - обоснование и разработка технологии рациональной эксплуатации промысловых запасов минтая.

Источниками для проведения анализа работ по рациональному использованию промысловых запасов послужили методологические и теоретические основы промышленного рыболовства, заложенные научными трудами как российских, так и зарубежных исследователей. В работе применен комплексный подход исследований, при этом используются статистические методы, метод аналогий, метод мелкоячейных покрытий и методы чередующихся и параллельных тралений.

В работе использовались: а) данные и сведения из книг, журнальных статей, научных докладов и отчетов, материалов научных конференций; б) отчеты ТИНРО; в) нормативные акты по ведению промысла минтая.

Научно-исследовательские работы, технические и промысловые испытания проводились на судах БИФ ТИНРО и ЗАО «Интрарос».

Научная новизна работы состоит в том, что рациональная технология промысла минтая тралами основывается на использовании особенностей поведения объекта лова и конструктивных изменений сетной оболочки. На этой основе сформулированы процессы фильтрации и формоизменяемости сетного полотна, происходящие в различных частях трала при его буксировке, а также их влияние на селективность промысла и поведение облавливаемых объектов. Обоснована необходимость использования при разработке новой технологии лова особенностей распределения старших возрастных групп минтая в непосредственной близости от грунта и определены параметры их вертикального развития. Установлены зависимости между биометрическими размерами объекта промысла и геометрическими параметрами ячеи при удержании и выходе минтая. Сформулирована и обоснована методика расчета оснастки входного устья трала. Обоснованы и экспериментально подтверждены

пути повышения селективных свойств траловых мешков. Обоснованы, разработаны и прошли производственную проверку техника и тактика рациональной эксплуатации придонных крупноразмерных скоплений минтая. Показана целесообразность перехода на новую технологию промысла минтая.

Научные положения, выносимые на защиту:

- концепция, утверждающая возможность и целесообразность использования промыслово-биологических особенностей поведения объекта промысла и конструктивных изменений орудия лова для эффективного освоения и воспроизводства промысловых запасов минтая;
- пути повышения внутренней и внешней селективности при лове минтая;
- методика определения параметров оснастки и выбора оптимального профиля гидродинамического устройства (ГДУ) для раскрытия входного устья трала;
- конструкция тралового мешка для рационального промысла минтая;
- техника и тактика промысла для облова придонных крупноразмерных скоплений минтая;
- целесообразность перехода на новую технологию промысла минтая.

Практическая значимость и реализация результатов работы. Разработанная технология промысла позволяет увеличить селективный уровень промысла минтая, снизить прилов маломерных рыб до величин, разрешенных ограничительными мерами, и уменьшить негативное влияние промыслового пресса на сырьевые запасы минтая.

Результаты работы используются при промысле минтая в виде специализированных траловых систем на промысловых судах дальневосточного бассейна (БИФ ТИНРО, БАМР, ТУРНИФ, ЗАО «Интрарос», Крайрыбакколхозсоюз), при разработке новых орудий лова в ОКБ «НЕВОД», ФОЛ г. Находка и пос. Подъяпольск, а также основные положения введены в существующие Правила рыболовства для промысла минтая.

Предложенные техника и тактика промысла позволяют повысить средний размер добываемого сырья по сравнению с существующими промысловыми траловыми системами и работать в рамках действующих в настоящее время ограничительных мер на скоплениях минтая с содержанием молоди до (50 %).

Основные положения по разработке ресурсосберегающей технологии промысла минтая могут быть применены при разработке новых технологий изъятия других объектов лова.

Апробация работы. Практическая проверка основных положений работы проходили на судах ЗАО «Интрарос»: БАТМ «Березина» и «Бородино», РТМС «Багратион» и судах БИФ ТИНРО: НИС «ТИНРО» и «Профессор Леванидов».

Рекомендации по основным положениям работы излагались в минтаевых путинных прогнозах ТИНРО-Центра по Охотскому и Берингову морям начиная с 2000 г.

Основные результаты работы докладывались и обсуждались на научных конференциях начиная с 1985 г., в том числе на международных: «Рабочая группа CRAFT» (Пекин, Китай, 1995 г.); «Рыбохозяйственные исследования Мирового океана» (Владивосток, 2002 г.); «Рациональное природопользование и управление морскими биоресурсами: экосистемный подход» (Владивосток, 2003 г.); на всесоюзных и всероссийских: совещании «Исследование и рациональное использование биоресурсов дальневосточных и северного морей и перспективы создания технических орудий для освоения неиспользуемых ресурсов открытого океана» (Владивосток, 1985 г.), совещании «Современное состояние и перспективы развития рыболовства России» (Санкт-Петербург, 1997 г.); на отраслевых и региональных: научно-технической конференции по подводным исследованиям (Калининград, 1995 г.); научной конференции «Рыбохозяйственные исследования океана» (Владивосток, 1996 г.).

Публикации. Результаты исследований опубликованы в 41 работе, в том числе имеется 3 авторских свидетельства.

Объем и структура диссертации. Работа изложена на 295 стр. печатного текста, состоит из введения, обзора литературы, четырех глав экспериментальных исследований, выводов, списка использованной литературы и приложения. В приложении приведены акты, подтверждающие эффективность и внедрение результатов исследований.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность проблемы, сформулированы цель и основные направления исследований, концепция, научная новизна, положения, выносимые на защиту и практическая значимость исследований.

В первой главе «Анализ состояния изъятия сырьевых ресурсов тралами» на основе имеющихся материалов (Трещев, 1974; Шевцов, 1975; Мельников, 1983; и др.) выявлено, что избирательность рыболовства может быть разделена на «внешнюю», которая характеризуется способом изъятия и промыслово-биологическими особенностями объекта промысла, и «внутреннюю», зависящую от геометрических параметров сетной оболочки орудия лова.

Исследуя современное состояние теории и практики технологии изъятия сырьевых запасов, А.И.Трещев (1974) отмечал, что основным направлением, которое используется в настоящее время для повышения селективности промысла, является отбирающая способность орудий лова. Целесообразность регулирования промысла посредством использования траловых мешков с высоким селективным уровнем определяется степенью травмирования и выживаемости рыб, прошедших сквозь ячею. Исследования по оценке выживаемости различных видов рыб, прошедших сквозь ячею траловых мешков, проводились как в нашей стране (Ефанов, 1978), так и в других странах (Sangster et al., 1996). Аналогичные работы по выживаемости минтая осуществлялись в

80-х гг. в зал. Петра Великого (Трешев и др., 1985). Общее заключение по результатам всех работ: подавляющее большинство рыб, ушедших сквозь ячеи градовых мешков, выживает..

Наши экспериментальные работы (Шевченко, Болотов, 2002) показали, что существующие способы повышения уровня селективности в основном за счет увеличения размера ячеи для увеличения фильтрующей способности тралового мешка при лове минтая из-за его промыслово-биологических особенностей не приемлемы. Исследованиями подтверждено (Трешев и др., 1985), что для рациональной эксплуатации промысловых запасов минтая необходимы максимально возможный облов рыб промысловых размеров и исключение из него младших возрастных групп. Для обоснования и создания рациональной технологии тралового промысла минтая разработаны программа исследований и структурная схема, которая представлена на рис. 1.

Во второй главе представлен общий методологический подход к выполнению исследований, который заключается в использовании конструктивных изменений траловой системы и распределения и образования промысловых скоплений минтая для создания специализированной технологии лова.

Экспериментальные работы проводились на судах ЗАО «Интрарос»: 15АТМ «Березина» и «Бородино», РТМС «Багратион» и судах БИФ ТИНРО: НИС «ТИНРО» и «Профессор Леванидов».

С целью практического использования и для обработки экспериментальных данных рассмотрены способы измерения параметров ячеи и биометрических размеров рыб.

На основе экспериментальных данных установлена взаимосвязь различных биометрических показателей тела минтая (Шевченко, 2004). Уравнения регрессий линейной зависимости максимального обхвата тела минтая от его длины представлены в табл. 1.

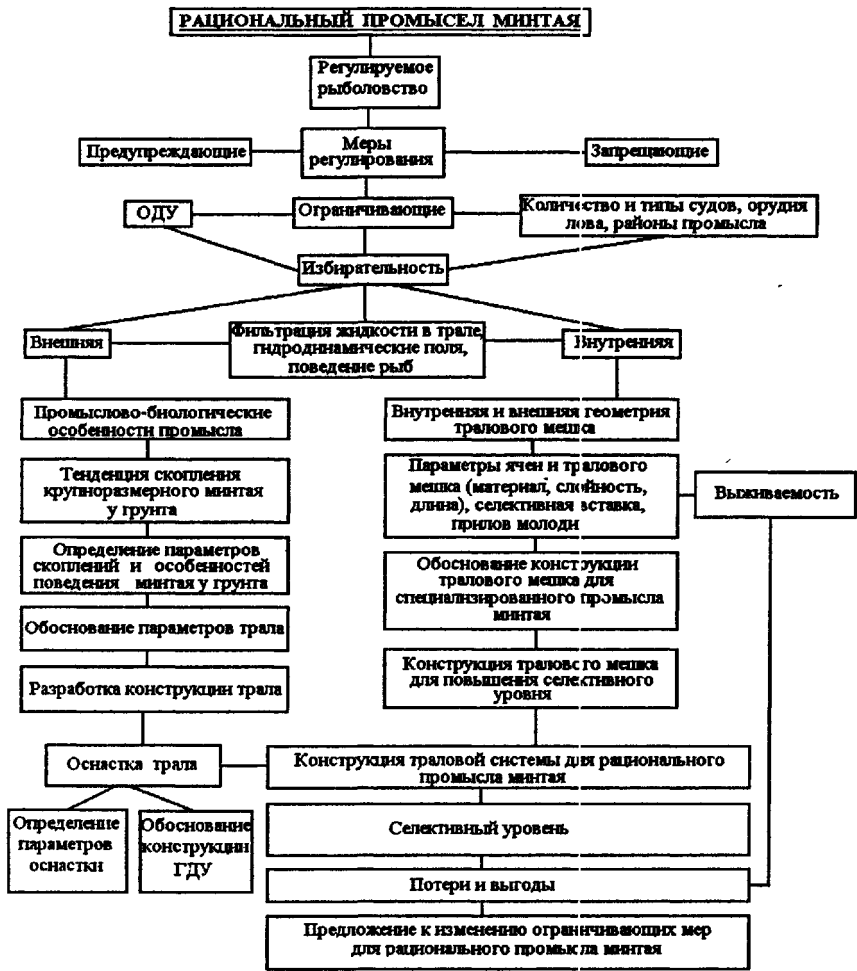


Рис. 1. Блок-схема проведения исследований

Зависимости полной длины минтая (AB) и промысловой длины минтая (AD) от длины минтая по Смитту (AC) имеют линейный характер и описываются следующими математическими выражениями:

$$AB = - 0,18 + 1,024 \times AC; \tag{1}$$

$$AD = -0,49 + 0,942 \times AC. \quad (2)$$

Таблица 1

Результаты экспериментальных биометрических параметров минтая

| Район и год проведения работ | Количество измерений | Уравнение регрессии зависимости максимального обхвата тела (O) от длины AC (L) минтая | Коэффициент корреляции | Соотношение ширины и высоты тела в различных сечениях | |
|------------------------------|----------------------|---|------------------------|---|--------|
| | | | | Макс. | Жабер. |
| Охотское море, 1998 | 106 | $O = 0,53 \times L - 5,61$ | 0,98 | 0,701 | 0,750 |
| Охотское море, 2001 | 469 | $O = 0,44 \times L - 1,98$ | 0,98 | 0,715 | 0,748 |
| Берингово море, 1998 | 280 | $O = 0,35 \times L + 1,27$ | 0,97 | 0,701 | 0,701 |
| Берингово море, 1999 | 1170 | $O = 0,38 \times L + 0,53$ | 0,98 | 0,704 | 0,723 |

Данные закономерности позволяют на основе имеющихся ранее измеренных длин минтая по Смитту (AC) определить остальные две стандартные длины тела минтая.

Одновременно определена зависимость массы минтая от длины по Смитту, которая описывается полиномом третьей степени:

$$M = -198,952 + 23,015 \times L - 0,817 \times L^2 + 0,015 \times L^3. \quad (3)$$

Исходя из особенностей промысла минтая наиболее приемлемым методом для исследования избирательных качеств тралов нами был выбран метод чередующихся тралений.

При исследованиях по методике чередующихся тралений использовались две траловые системы — промысловая и экспериментальная. Для определения селективных свойств экспериментального орудия лова в траловый мешок промыслового трала вставлялась мелкая вставка. Этот мешок являлся контрольным и был предназначен для облова всего спектра размерного состава, представленного в облавливаемом скоплении (Шевченко, Болотов, 2002).

Сбор данных по селективности осуществлялся посредством проведения серии из 10 чередующихся тралений с контрольным и селективным траловыми устройствами. Траления выполнялись на стабильных скоплениях минтая. При проведении экспериментальных работ с экспериментальным тралом или селективным устройством соблюдался следующий алгоритм. Парные траления считались зачетными при условии буксировки тралов при идентичных условиях. В случае траления с экспериментальным мешком измерялся внутренний размер ячеи в цилиндрической части мешка. После каждого траления производился анализ пробы — количественный и биометрический. По результатам анализа размерного состава проб определялось процентное соотношение количества рыб различной длины в уловас экспериментального и контрольного устройств. Сравнивая размерный состав уловов из контрольного и экспериментального тралов, определяли различия их избирательных качеств и судили о количестве вышедшей рыбы того или иного размера из мешка.

При выполнении работ критериями оценки влияния отбирающей способности тралового мешка при промысле минтая являлись: селективный уровень промысла ($I_{50\%}$ - длина 50%-ного удержания рыб), средняя длина, доля прилова рыб непромысловой длины в улове и улов рыб промысловой длины на час траления.

Результаты сравнительных тралений, полученные контрольной и экспериментальной траловыми системами, проверялись на значимость различий средней длины рыб и размерного ряда в улове по следующему алгоритму.

Вычислялись среднее арифметическое и выборочная дисперсия. Затем определялись стандартное отклонение и доверительные интервалы. Значимость различия между средними в случае нормального распределения совокупности проверялись с помощью критерия Стьюдента. Для сравнения двух выборок по степени их рассеивания применялся критерий Фишера (Шевченко, 2004).

Для определения необходимых силовых значений оснастки входного устья для обеспечения заданных параметров траловой системы была разработана специальная методика (Шевченко, Бойцов, 1982).

Исходными данными для расчета служат: конструкция трала, параметры Е.ертикального и горизонтального раскрытия устья (H_T и B_T), особенности по.Е.едения облавливаемого объекта и т.д.

Необходимая подъемная сила по верхней подборе определяется по следующей формуле:

$$R_x^u = R_x^{mu} (tg \alpha_c^u - tg \theta^u) + \mathcal{G}_n^u, \quad (4)$$

где R_x^{mu} - сопротивление верхней пласти трала, Н; α_c^u — угол атаки верхней пласти трала, град; θ^u - угол между плоскостью верхних кабелей и горизонтом, град; \mathcal{G}_n^u - вес в воде верхней подборы трала, Н.

Необходимая загрузка по нижней подборе рассчитывается по формуле:

$$\mathcal{G}^{2n} = R_x^{mu} (tg \alpha_c^n + tg \theta^n) - \mathcal{G}_n^n, \quad (5)$$

где R_x^{mu} - сопротивление нижней пласти трала, Н; α_c^n — угол атаки нижней пласти трала, град; θ^n - угол между плоскостью нижних кабелей и горизонтом, град; \mathcal{G}_n^n — вес в воде нижней подборы трала, Н.

Вес в воде необходимой сосредоточенной загрузки определяется из выражения:

$$\mathcal{G}^{cc} = |R_x^T| tg \theta + |R_x^T| - (\mathcal{G}^{cm} + \mathcal{G}^o + \mathcal{G}^x + \mathcal{G}^{2n}), \quad (6)$$

где $|R_x^T|$ — сопротивление системы «трал—кабели», Н; θ — угол между плоскостью одинарных кабелей и горизонтом, град; $|R_x^T|$ - гидродинамическая подъемная сила системы «трал—кабели», Н; \mathcal{G}^{cm} - вес в воде сетной части трала, Н; \mathcal{G}^o - вес в воде остропки трала, Н; \mathcal{G}^x - вес в воде кабелей, Н.

Для обоснования конструкции гидродинамического устройства и повышения эффективности его работы на верхней подборе трала была разработана методика выбора оптимального профиля ГДУ, базирующаяся на гидродинами-

ческих характеристиках сравниваемых профилей и рабочих геометрических параметрах натуральных устройств на трале (Шевченко, Татарников, 2003).

Реализации указанного способа обоснования конструкции сводится к формализации двух основных задач: выбору геометрических характеристик профиля ГДУ и обоснованию элементов конструкции.

С целью получения гидродинамических коэффициентов подъемной силы ГДУ с гибким профилем проведены модельные исследования.

Значения коэффициентов подъемной силы для моделей подъемного устройства с относительной толщиной профиля 0, 10, 17, 27, 37 % в зависимости от изменения углов атаки $C_{yп} = f(\alpha_n)$ от 0 до 50° приведены на рис. 2.

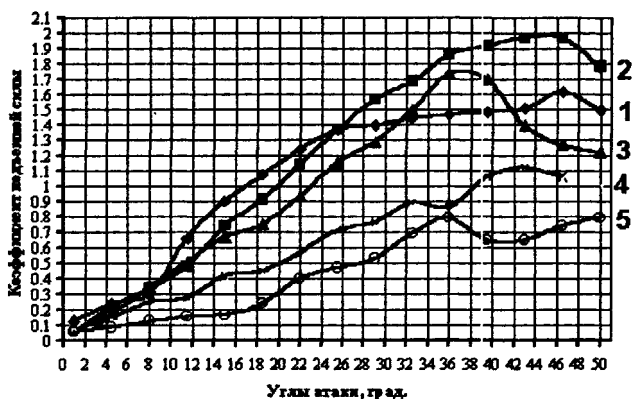


Рис. 2. Изменение коэффициентов C_y моделей с различным утолщением профиля от угла атаки: 1 — 0, 2 — 10, 3 — 17, 4 — 27, 5 — 37 %

Исследование рабочей формы ГДУ на трале проводилось на натуральных тралах 108/528 и 54,4/192 м. Измерение и фиксация рабочих углов атаки и скольжения осуществлялись системой специально разработанных и изготовленных углографов, которые устанавливались по размаху ГДУ на расстоянии 120-180 см друг от друга. В результате были определены диапазоны изменения рабочих углов атаки и углы скольжения по размаху ГДУ при различных длинах оттяжек.

Исследованиями установлено, что по характеру обтекания потоком ГДУ на трале относится к «скользящим», закрученным крыльям, а углы атаки по размаху не постоянны.

За критерий объективной оценки потенциальной подъемной силы профиля ГДУ предлагается принять интегральную характеристику - площадь под графиком функции $C_y = f(\alpha)$ в диапазоне рабочих углов атаки ГДУ на верхней подборе трала. Интегральная характеристика представляет собой площадь криволинейной трапеции, которая выражается как интеграл $\int_{\alpha_1}^{\alpha_2} C_y d\alpha$; где α_1 - α_2 — диапазон углов атаки, на которых оценивается функция C_y (рис. 3).

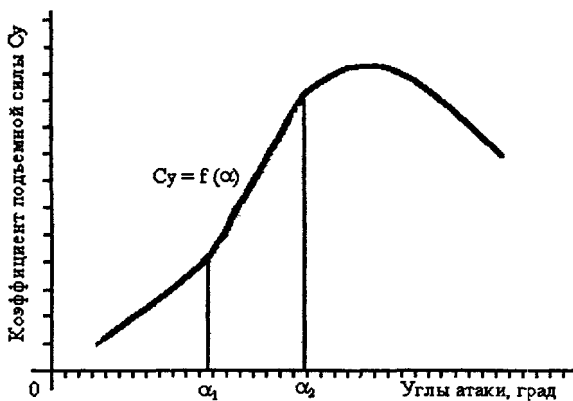


Рис. 3. Площадь графика $C_y = f(\alpha)$ в диапазоне рабочих углов атаки ГДУ

Для расчета интегральных характеристик графиков $C_y = f(\alpha)$ составлена компьютерная программа, рассчитывающая интегральную характеристику в любом диапазоне углов, для которых имеются экспериментально полученные коэффициенты подъемной силы.

Далее были рассчитаны интегральные характеристики функций $C_y = f(\alpha)$ в диапазонах изменения рабочих углов атаки ГДУ на трале по сечениям, в ко-

торых измерялись рабочие углы атаки. По максимальному значению этой характеристики выбиралось оптимальное утолщение профиля для каждого отдельного сечения.

Анализ полученных данных показал, что оптимальным является профиль с дифференцированным утолщением по размаху ГДУ.

Установлено, что подъемная сила ГДУ с дифференцированным утолщением профиля выше, чем ГДУ с плоским профилем, на минимальных углах атаки на 9,6 %, на максимальных — на 15,2 %, а по осредненным данным — на 12,4 %.

Конструкция ГДУ для оснастки верхней подборы трала базируется на следующих принципах:

по размаху профиля имеет дифференцированное утолщение с максимальным значением в центре гужа и минимальным — по оконечностям устройства;

ГДУ изготавливается в виде секций длиной 2 м;

предусматривается возможность трансформации ГДУ по ширине для оперативного изменения величины подъемной силы исходя из условий промысла и необходимости корректировки утолщения.

Сравнительные промысловые испытания трапов, оснащенных ГДУ «Крыло» и ГДУ «Гиплан 3» на промысле минтая показали, что уловистость трала оснащенного ГДУ «Крыло» на 12 % выше, чем трала с ГДУ «Гиплан 3».

Третья глава посвящена обоснованию основных направлений исследований для разработки рациональной технологии промысла минтая. Рассмотрены основные направления исследований, позволяющие решить два основных принципа рационального рыболовства: обеспечение воспроизводства промысловых запасов и наиболее полного и эффективного их использования (Бердичевский, Иоганзен, 1985).

С этой целью исследовано влияние гидродинамики трала на формоизменяемость сетного полотна и поведение объекта промысла, а также определе-

ны особенности вертикального распределения размерного состава скоплений мнтая.

При рассмотрении влияния гидродинамических сил при буксировке тра-ла на изменение внутренней геометрии сетного полотна процесс траления нами представлен как установившееся движение жидкости по отношению к неподвижной замкнутой поверхности (тралу).

Пользуясь уравнением неразрывности, можно доказать, что изменение расхода несжимаемой жидкости через любую замкнутую поверхность равно нулю (Патрашев, 1953), т.е.

$$\iint_V \mathbf{V}_n \cdot d\mathbf{S} = 0. \quad (8)$$

Тогда расход жидкости через элементарную площадку ABCD замкнутой поверхности сетного мешка (рис. 4) будет одинаков с учетом площади нитей и без них.

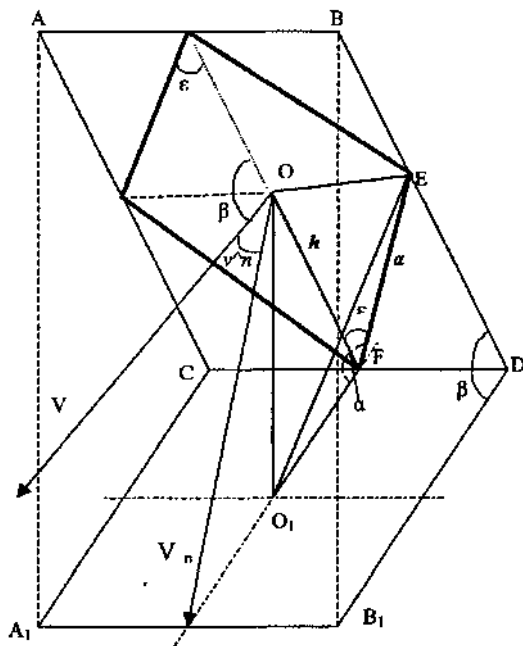


Рис. 4. Элементарная площадка поверхности сетного полотна траля

Сделав соответствующие преобразования, находим, что:

$$\frac{V}{V_1} = 1 - \frac{4Da \cdot \sin \alpha}{4a^2 \cdot \sin \varepsilon \cdot \cos \varepsilon \cdot \sin \beta} = 1 - \frac{D \sin \alpha}{a \cdot \sin \varepsilon \cdot \cos \varepsilon \cdot \sin \beta}, \quad (9)$$

где a — шаг ячеек, м; D — диаметр нитей, м; ε — угол наклона нитей к вертикальной оси ячеек; $\sin \varepsilon$ — коэффициент посадки; β — угол наклона элементарной площадки к направлению потока, град; α — угол наклона отдельных нитей элементарной площадки к направлению потока, град V — скорость буксировки, м/с; V_1 — скорость истечения жидкости сквозь ячейки трала (скорость фильтрации), м/с.

Отношение $\frac{V}{V_1}$ характеризует процесс истечения жидкости через ячейки сетного полотна трала. Обозначим его через K и назовем коэффициентом фильтрации (Шевченко, 1968).

Тогда

$$K = 1 - \frac{D \cdot \sin \alpha}{a \cdot \sin \varepsilon \cdot \cos \varepsilon \cdot \sin \beta}, \quad (10)$$

Известно (Фридман, 1969), что сопротивление сетного полотна трала можно представить как сумму сопротивлений нитей, составляющих сеть, только в случае установившегося движения жидкости, т.е. когда обеспечиваются условия свободной фильтрации воды через препятствие. Эти условия определяются значением, составляющим величину менее 0,5 (Рынин, 1915). Для сети указанные условия можно выразить следующим образом:

$$\frac{D \cdot \sin \alpha}{a \cdot \sin \varepsilon \cdot \cos \varepsilon \cdot \sin \beta} = \frac{4Da \cdot \sin \alpha}{4a^2 \cdot \sin \varepsilon \cdot \cos \varepsilon \cdot \sin \beta} = \frac{S_{net}}{S_{br}} < 0,5, \quad (11)$$

где S_{net} — площадь сечения потока, перекрытая нитями сетного полотна; S_{br} — площадь сечения потока, охватываемая периметром сети.

Тогда условия свободной фильтрации выразятся неравенством:

$$K > 0,5. \quad (12)$$

В выражение коэффициента фильтрации (10) входят все геометрические параметры, которыми характеризуются сетное полотно,двигающееся под оп-

ределенным углом к плоскости потока. Следовательно, указанный коэффициент может быть принят в качестве характеристики рабочей формы сетного полотна, знание величины которого позволит предопределить рабочую форму ячеи. При этом необходимо отметить, что при определении коэффициента фильтрации площадь узлов ячеи не учитывается, в этой связи действительные значения указанного коэффициента будут меньше. Однако в сетных полотнах с размерами ячеи более 50 мм и диаметром нитей менее 6 мм эти погрешности не будут превышать 5 %.

Как известно (Попов, 1955; Баранов, 1960), под влиянием продольного натяжения в сетном полотне трала возникают поперечные силы сжатия, в результате действия которых периметр сетного мешка стремится уменьшиться, а длина сетного мешка - увеличиться. В то же время действие сжимающих сил уравнивается противодействием сил внутреннего давления. Силы внутреннего давления создаются потоком жидкости, проходящим сквозь ячеи сетного полотна.

При обтекании элементарной площадки сети потоком установившегося движения будем считать жидкость идеальной или невязкой.

Если из объемных сил на жидкость действует только одна сила тяжести и координата, определяющая высотное положение потока жидкости, проходящего сквозь элементарную площадку ABCD, будет *idem*, тогда:

$$P + \frac{\rho v^2}{2} = P_1 + \frac{\rho v_1^2}{2}, \quad (13)$$

где P и v - давление и скорость во всех точках потока в фале; P_1 и v_1 - давление и скорость в точке потока при прохождении сквозь элементарную площадку; ρ - плотность воды.

Откуда:

$$P - P_1 = \Delta P = \frac{\rho v^2}{2} \left(\frac{1 - K^2}{K^2} \right). \quad (14)$$

Разность давлений (ΔP), возникающая при истечении жидкости сквозь ячеи, является внутренней силой, действующей на сетное полотно трала. Как

можно видеть из уравнения (14), величина указанного давления зависит от скоростного напора и величины коэффициента фильтрации. Причем с увеличением коэффициента фильтрации разность давлений уменьшается и наоборот. Используя уравнение Лапласа и формулу Ф.И.Баранова, равновесие элемента сетной поверхности трала можно выразить следующим образом:

$$\frac{\rho \cdot v^2}{2} \left(\frac{1-K^2}{K^2} \right) = \frac{\Gamma \cdot \cos \alpha}{a \cdot \sin \alpha \cdot r_2}, \quad (15)$$

где Γ — натяжение в нитях ячеи, r_2 — главный радиус кривизны сетной поверхности трала.

Из уравнения равновесия (15) следует, что с изменением натяжения в нитях ячеи в процессе траления (например, при наполнении тралового мешка с рыбой) остальные переменные, характеризующие сетное полотно (рабочие коэффициенты ячеи), будут изменяться до тех пор, пока не наступит равновесие сил внутреннего давления ΔP и сжатия T . Так как равновесие устанавливается во всех точках сетного полотна трала, это обуславливает изменение рабочей формы ячеи в различных его частях.

Приведенные выше рассуждения справедливы для установившегося движения жидкости. Если же в трале условия свободной фильтрации $K > 0,5$ будут нарушены, как это зачастую происходит в траловом мешке и мотенных частях трала, то движение жидкости будет неустановившимся. Это значит, что скорость движения потока и давление в любой точке указанных частей траловой системы будут изменяться во времени. Следовательно, в данных условиях при движении жидкости вдоль мотенных частей сетного мешка и тралового мешка давление во всех точках указанных частей будет увеличиваться. Появившаяся разность давлений внутри трала будет уравниваться, вызывая изменение скорости движения жидкости вдоль сетного и тралового мешков, что создаст зону повышенного давления перед движущимся контуром (Шевченко, 1983; Шевченко, Костюков, 1985). В конечном счете это приведет к изменению коэффициентов фильтрации по длине сетного контура, а следовательно, и рабочей формы ячеи.

Для исследования влияния гидродинамических сил на формоизменяемость сетного полотна в различных частях сетного мешка был сконструирован прибор-регистратор раскрытия ячеи, при помощи которого определялись рабочие параметры внутренней геометрии сетного полотна и затем вычислялись значения коэффициентов фильтрации по длине сетного мешка в зависимости от скорости траления, величины улова и размера ячеи. Полученные нами данные показали (Шевченко, 2004), что при одних и тех же коэффициентах посадки параметры раскрытия ячей, а также значения коэффициента фильтрации увеличиваются в направлении к траловому мешку. Нами установлено (Шевченко, 1970; Шевченко, Болотов, 2002), что через ячею данной формы и размера уходят только те рыбы, площадь поперечного сечения которых (в месте максимального обхвата) свободно вписывается в ромб рабочей формы ячеи:

$$a_{\phi} = \frac{O_m}{\pi \cdot \lambda}, \quad (16)$$

$$\lambda = \frac{u_1^p \cdot u_2^p \cdot (1,5 + 1,5 \cdot z - \sqrt{z})}{z \cdot \sin(\arccctg(\frac{tg \alpha}{z^2})) u_2^p + \cos(\arccctg(\frac{tg \alpha}{z^2})) u_1^p}, \quad (17)$$

где λ зависит от биометрических показателей тела рыбы и рабочей формы ячеи и называется коэффициентом соответствия; z – отношение ширины к высоте тела рыбы в сечении максимального обхвата; u_1^p, u_2^p – коэффициенты раскрытия ячеи; α – угол наклона нитей к вертикальной оси ячеи, град.

Согласно экспериментальным данным, полученным в 1999–2002 гг., отношение ширины к высоте тела минтая равняется 0,7. График изменения коэффициента λ в зависимости от величины рабочего коэффициента u_1^p для минтая представлен на рис. 5.

На приведенном графике можно видеть, что коэффициент λ имеет максимум при определенном значении u_1^p , равном 0,6, т.е. при этом значении рабочего коэффициента форма ячеи позволяет свободно проходить сквозь нее рыбам максимально возможных размеров.

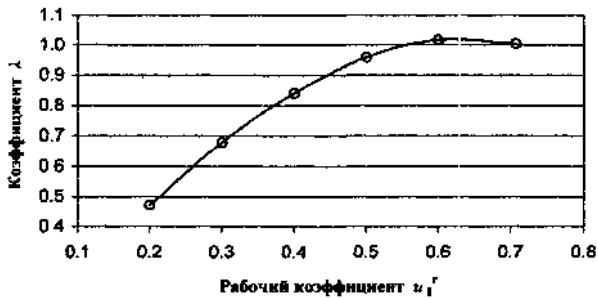


Рис. 5. Зависимость коэффициента соответствия формы поперечного сечения тела минтая форме ячеи от рабочего коэффициента ячеи μ_1^r

Таким образом, если рабочая форма ячеи может быть predetermined заранее и известен объект промысла, то, пользуясь формулами (16 и 17), можно определить внутренний размер ячеи сетного полотна, полностью удерживающего рыб промысловых размеров.

Расчеты показали, что при существующих ограничительных мерах на промысле минтая могут выйти сквозь ячею рыбы, имеющие длину до 39,2 см по АС, что соответствует промысловой длине 37,0 см, в то время как минимальный промысловый размер для минтая принят 35,0 см. Поэтому возможны потери рыб промысловых размеров из тралового мешка.

Результаты экспериментальных работ показали, что максимальный размер выходящего минтая не превышал рассчитанную длину максимально возможного размера для выхода, подходя вплотную к рассчитанному размеру в единичных случаях.

Следовательно, величина коэффициента вероятности ухода рыб будет являться объективным показателем удерживающей способности сетного полотна с определенными параметрами внутренней геометрии ячеи и вида рыб.

Данные, полученные по различным методикам (Шевченко, 2004), показывают, что интенсивность ухода рыб (минтая) по длине сетного мешка на оптимальных скоростях траления неодинакова. Изменения интенсивности

ухода рыб (минтая) по длине 128/528-метрового трала при скорости траления 1,8 м/с приведены на рис. 6. В передних частях она минимальна, начинает резко (в 10-15 раз) увеличиваться в мотенных частях трала и достигает максимума в предкутковой части.

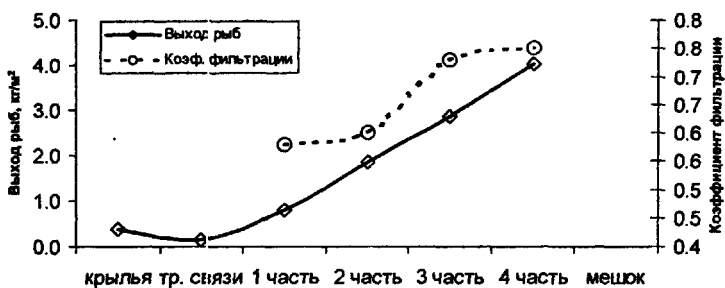


Рис. 6. Изменение интенсивности выхода рыб и значений коэффициентов фильтрации по длине трала при скорости траления 1,8 м/с

Повышенную интенсивность ухода к концу сетного мешка можно обосновать как повышенной концентрацией рыб в сетном мешке, так и увеличением значений коэффициента фильтрации (рис. 6) (Ефанов, 1968; Шевченко 1985,2004).

Анализируя технику современного тралового промысла минтая, можно видеть, что лов минтая осуществляется пелагическими тралами и как в разноглубинном, так и донном вариантах траления ведется со «сжатием» входного устья на 30-50 %.

Для определения изменений размерного состава концентраций минтая на грунте и в горизонтах воды, прилегающих к грунту, нами были проведены специальные экспериментальные работы донным и разноглубинным тралами.

Размерный состав уловов, полученных в одних и тех же координатах указанными тралами, показывает, что для снижения прилова молоди необходимо облавливать скопления минтая в придонном слое (рис. 7) (Шевченко,

2004). Очевидно, разработав специализированный трал, способный облавливать придонные слои, где концентрируется более крупный минтай, можно вести рациональную эксплуатацию его запасов.

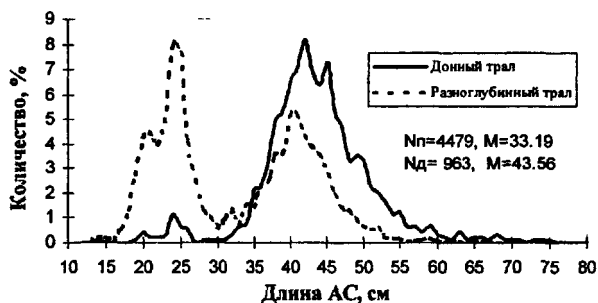


Рис. 7. Размерный состав минтая при тралениях 154/700-метровым разноглубинным и 99,2/54-метровым донным тралами в Охотском море

В четвертой главе «Обоснование конструкции тралового мешка для рационального промысла минтая» исследуются возможности повышения селективного уровня промысла минтая путем конструктивных изменений траловых мешков (Шевченко и др., 2004).

Анализируя параметры селективности и размерного состава уловов траловых мешков, изготовленных из мононитей (рис. 8) и капрона (рис. 9), можно отметить, что они зависят от размерного состава облавливаемых скоплений и размера ячеи.

В то же время использование на промысле минтая классического способа повышения селективных свойств траловых мешков путем увеличения размера ячеи не решает эту проблему, так как с возрастанием размера ячеи наряду со снижением прилова маломерных рыб происходит увеличение потерь рыб промысловых размеров (Шевченко, 2004; Шевченко и др., 2004).

Наши исследования влияния процентного содержания молоди в облавливаемом скоплении на параметры селективности промыслового тралового мешка с внутренним размером ячеи 100 мм показали, что при работе на скоп-

лениях минтая с содержанием молоди от 40 % и более прилов молоди минтая в уловах промыслового мешка значительно превышает ограничительную меру (20 %). Как можно видеть на рис. 10, на уровень селективности ($I_{50\%}$) оказывает большое влияние величина содержания молоди в облавливаемом скоплении. Так, в условиях нашего эксперимента с увеличением содержания молоди от 7,2 до 90,8 % уровень селективности промысла минтая снизился на 8,0 см, в то время как увеличение ячеи с 95 до 110 мм увеличило уровень селективности промысла всего на 2,3 см. Это позволяет говорить о превалирующем влиянии на селективные свойства траловых мешков величины процентного содержания непромысловых рыб в облавливаемых скоплениях минтая.

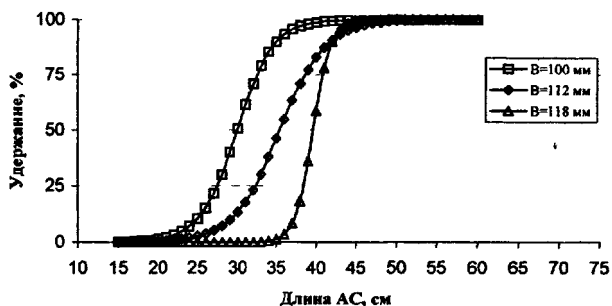


Рис. 8. Селективность траловых мешков из мононитей с различным внутренним размером ячеи (В) на промысле минтая

Выявления возможностей повышения селективного уровня промысла минтая за счет использования селективных устройств, состоящих из селективной вставки и тралового мешка, показали, что применение селективной вставки ведет как к повышению селективного уровня, так и к значительной потере рыб промысловых размеров (рис. 11) В нашем случае эти потери при облове скоплений с 50 %-ным содержанием молоди составляют 1,1 т на час траления.

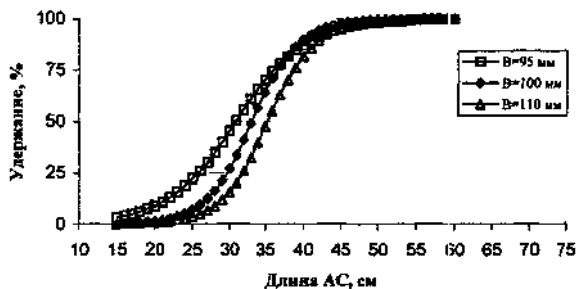


Рис. 9. Селективность траловых мешков из капрона с различным внутренним размером ячейки (В) на промысле минтая

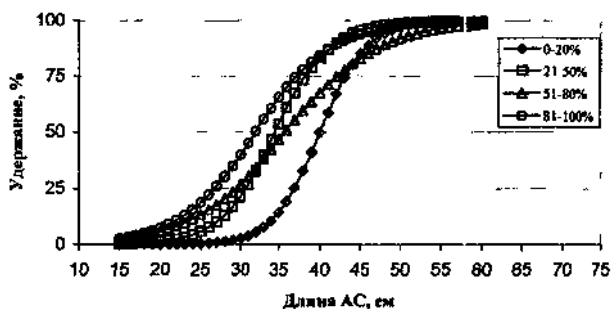


Рис. 10. Селективность тралового мешка из капрона с внутренним размером ячейки 100 мм при работе на скоплениях минтая с различным содержанием молоди (%)

Используя наши экспериментальные данные (Шевченко и др., 2004), выявили связь между соотношением максимального обхвата тела рыбы и внутренним размером ячейки (x) и избирательными свойствами (y) экспериментальных траловых мешков из капрона и мононити с рабочей формой ячейки 0,50/0,87 (рис. 12). Эта взаимосвязь аппроксимируется логистической функцией:

$$y = 100 / (1 + \exp(9,32 - 14,02 \times x)). \quad (18)$$

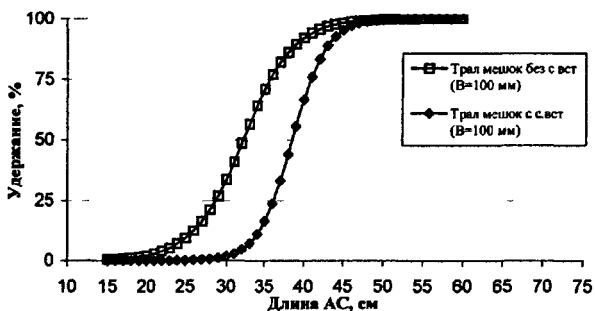


Рис. 11. Селективность тралового мешка из капрона с внутренним размером ячеи 100 мм при работе с селективной вставкой и без нее

Нами установлено, что для всех размеров использованной ячеи и материала, из которого изготовлен траловый мешок, величина удержания минтая в зависимости от отношения максимального обхвата тела к внутреннему периметру ячеи имеет близкие значения. По представленной зависимости можно, на основании обоснованного селективного уровня промысла (по длине рыб 50 %-ного удержания, которая должна являться минимальным промысловым размером), рассчитать требуемый внутренний размер ячеи и разрешенную долю прилова маломерных рыб для ведения рационального промысла минтая, а также проанализировать потери в траловом мешке.

В настоящее время на промысле минтая в связи с особенностями промысла и ограничительными мерами применяются траловые мешки с трехслойной структурой сетной оболочки. Первый, основной, слой сетного полотна тралового мешка является его рабочей частью, обеспечивающей селективный отбор объекта промысла. Второй и третий слои служат для сохранения рабочей формы и увеличения прочности полотна, в них используется дель с повышенной прочностью и шагом ячеи, в два раза превышающим шаг ячеи в каждом слое начиная с основного сетного полотна. Используемая в на-

стоящее время трехслойная структура оболочки оправдана своими повышенными прочностными характеристиками при выборке на палубу и выпивке больших промысловых уловов. Однако она не оптимальна, так как в процессе траления в ней происходит блокирование ячей осно зного сетного слоя канатами силового покрытия и сокращается число свободных ячеей, через которые возможен выход рыб непромыслового размера (Шевченко, Болотов, 2002).

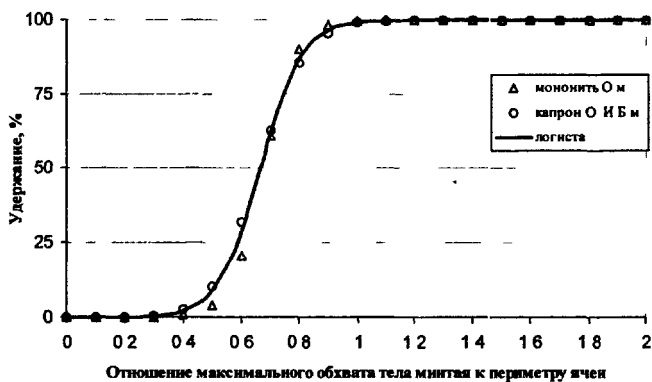


Рис. 12. Удержание минтая различными траловыми мешками в зависимости от соотношения максимального обхвата тела рыб и периметра ячей

На рис. 13 представлены два варианта расположения трех слоев сетной оболочки промыслового тралового мешка и двух слоев двухслойного мешка относительно друг друга. В первом случае показан вариант идеального расположения, когда работают на отбор рыб все ячей, а во втором случае представлено наиболее неудовлетворительное расположение трех слоев сетной оболочки тралового мешка со смещением канатов силового покрытия и каркаса относительно сторон ячеей основного сетного по потна.

Сравнивая варианты отбирающей способности тралового мешка при трехслойной и двухслойной структурах со смещением сетных оболочек относительно друг друга, можно видеть, что в двухслойной структуре площадь,

через которую происходит отбор младших возрастных групп, возрастает от 3 до 12 раз по сравнению с трёхслойной структурой.

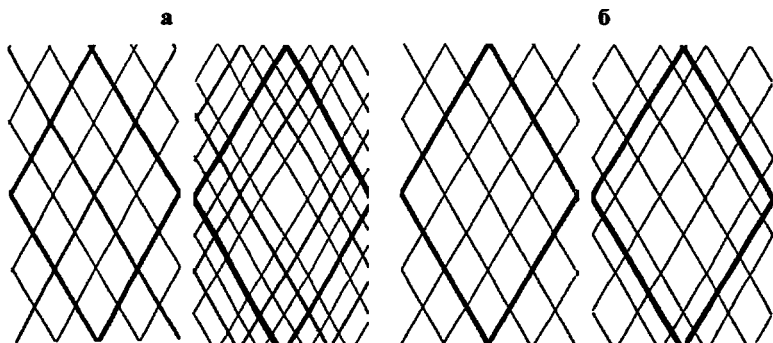


Рис. 13. Изменение селективных качеств тралового мешка с трёхслойной (а) и двухслойной (б) структурами оболочки

Для оценки влияния фильтрующих свойств траловых мешков на их селективные качества был разработан и изготовлен экспериментальный двухслойный траловый мешок, оболочка которого состояла из слоя основного сетного полотна и одного слоя силового покрытия с размером ячеек, превышающим размер ячеек основного сетного полотна в 4 раза, соответственно внутренний размер ячеек 100 и 400 мм.

Сравнительные траления с селективными устройствами, состоящими из экспериментального (двухслойного) и промышленного (трехслойного) траловых мешков, дополнительно оснащенных селективными вставками, а также без их использования проводились на скоплениях минтая с малым, средним и повышенным содержанием маломерных рыб. Полученные характеристики уловов показывают, что независимо от содержания в облавливаемом скоплении маломерных рыб доля содержания рыб промысловых размеров в улове в экспериментальной системе по сравнению с промышленной всегда выше, а масса рыб промысловых размеров в уловах при доверительной вероятности $P = 0,90$ значимых различий не имеет. Все это свидетельствует о том, что при работе с

экспериментальной системой потерь рыб промысловых размеров в уловах практически не наблюдается (Шевченко, Болотов, 2002).

Для выявления оптимальной конструкции селективного устройства для промысла минтая была проведена серия сравнительных тралений с системой, состоящей из экспериментального тралового мешка и селективной вставки, и экспериментального тралового мешка без селективной вставки при идентичных условиях. В экспериментальном траловом мешке масса рыб промысловых размеров в сравнении с селективным устройством не снижается. При вероятности $P = 0,90$ (принятой в промышленном рыболовстве для оценки промысловых качеств тралов) в уловах испытываемых устройств значимых различий по массе рыб промысловых размеров не наблюдается. В этой связи нами рекомендуется на промысле минтая не использовать селективную вставку при работе траловой системой, оснащенной двухслойным траловым мешком.

Для определения эффективности использования экспериментальной конструкции двухслойного тралового мешка была проверена серия чередующихся промысловых тралений в сравнении с существующим отбирающим устройством, состоящим из трехслойного тралового мешка и селективной вставки, содержание маломерных рыб в облавливаемых скоплениях составляло от 55 до 65 %. Полученные данные представлены на рис. 14 и в табл. 2.

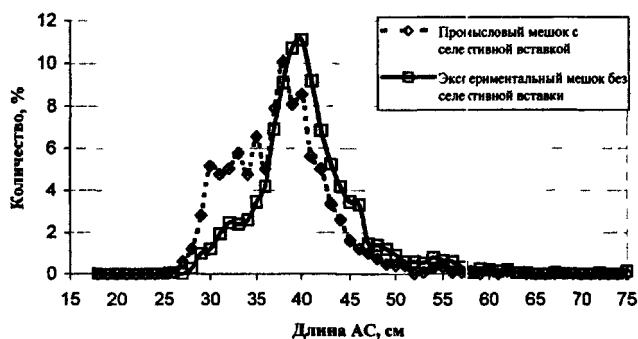


Рис. 14. Размерный состав минтая в уловах экспериментального и промышленного селективных устройств

Осредненные параметры уловов минтая при чередующихся тралениях с использованием промыслового устройства и экспериментального тралового мешка

| Орудие лова | Средний размер, см | Прилов маломерных рыб, % | Общий улов, т/ч | Улов промысловых рыб, доверительный интервал при $P = 0,90$, т/ч | Улов промысловых рыб, % |
|---|--------------------|--------------------------|-----------------|---|-------------------------|
| Экспериментальный двухслойный траловый мешок ($B = 100$ мм) | $39,90 \pm 0,39$ | 22,5 | 14,1 | $12,5 \pm 2,1$ | 88,6 |
| Промысловый трехслойный траловый мешок плюс селективная вставка ($B = 100$ мм) | $36,90 \pm 0,44$ | 46,1 | 18,2 | $12,6 \pm 2,4$ | 69,2 |

Как можно видеть из представленных данных, уловы в промысловом селективном устройстве увеличены за счет облова младших возрастных групп минтая. Снижение прилова молоди в экспериментальном устройстве позволило увеличить средний размер рыб в улове на 3,0 см. В то же время селективные свойства двухслойного тралового мешка не приводят к потерям рыб промысловых размеров. При вероятности $P = 0,90$ в уловах испытываемых устройств значимых различий по массе рыб промысловых размеров не наблюдается, что можно видеть из данных табл. 2.

Таким образом, применение двухслойного тралового мешка без селективной вставки дает возможность в сравнении с конструкцией трехслойного тралового мешка совместно с селективной вставкой снижать долю прилова маломерных рыб и работать на промысловых скоплениях минтая с содержанием молоди до 60 %, не нарушая ограничительных мер и также сохраняя в улове величину рыб промысловых размеров.

Работы в промысловом режиме экспериментальным двухслойным траловым мешком в Охотском море в период 2001-2002 гг. на судне типа БАТМ показали, что снижения его прочностных характеристик, по сравнению с промысловым траловым мешком, не наблюдается. Траловый мешок был изготовлен из современного материала — латексированного капрона, а при его оснастке применялась усиленная схема поперечных поясов с дифференцированным расстоянием между ними от 0,75 до 1,5 м по длине мешка, что позволяло сохранять заданную форму и при больших уловах. В то же время при эксплуатации экспериментального тралового мешка без селективной вставки снижаются на 3 % непроизводительные затраты времени при обработке трала и на 9 % расходы материалов на его изготовление.

Для расчёта значений выгод и потерь при переходе на новый селективный уровень промысла использованы наши экспериментальные данные и существующие методики влияния селективности лова на сохранение промысловых запасов (Гулланд, 1961; Трещев. 1974). При облове пелагических скоплений минтая существующим промысловым тралом с экспериментальным траловым мешком первоначально будет наблюдаться снижение массы уловов до 11 % за счет выхода из мешка рыб непромысловых размеров. Через год за счет массового прироста вышедших маломерных рыб биомасса запаса увеличится до 7 %.

В пятой главе «Обоснование техники и тактики рационального тралового промысла минтая» исследуются процессы облова крупноразмерных рыб и обосновываются конструктивные особенности и параметры специализированного трала, учитывающие промыслово-биологические особенности поведения минтая.

Экспериментальными работами установлено, что средняя длина минтая в уловах зависит от вертикального раскрытия входного устья трала (рис. 15). Разработав специализированный трал, способный облавливать придонные слои, где концентрируется более крупный минтай, можно значительно повы-



силь селективный уровень промысла и снизить прилов молодежи (Шевченко и др., 2004).



Рис. 15. Зависимость средней длины минтая в уловах от вертикального раскрытия входного устья трала

С уменьшением вертикального раскрытия трала средняя длина рыб в улове увеличивается. Причем при вертикальном раскрытии от 30 м и менее этот параметр остается неизменным. Анализируя данные вертикального распределения размерного состава минтая, можно заметить, что в уловах трала с вертикальным раскрытием до 30 м размерный состав соответствует требованиям ограничительных мер по прилову рыб непромысловой длины (рис. 16).



Рис. 16. Зависимость содержания рыб непромысловой длины в улове от вертикального раскрытия устья трала

Уменьшение вертикального раскрытия, несомненно, повлияет на сокращение зоны облова тралом. Для определения этого влияния с помощью эхолота проведены измерения высоты скоплений минтая и выполнен расчет относительного облова скоплений рыб тралами с различным вертикальным раскрытием устья. Величина относительного облова состояла из суммы накопленных частот облова скоплений по высоте, облавливаемых полностью, и накопленных частот скоплений с вертикальным развитием больше вертикального раскрытия трала, которые облавливаются частично:

$$\sum_{i=0}^{i=n} P_0 = \sum_{i=0}^{i=p} P_i + \sum_{i=p}^{i=n} P_i \cdot \frac{H_{mp}}{H_i}, \quad (19)$$

где P_0 - накопленная частота всех скоплений; P_i - частота встречаемости дискретной высоты; H_{mp} - вертикальное раскрытие трала, м; H_i - дискретная высота скопления, м.

По полученному выражению вычисляем, какая доля скоплений преднерестового минтая по вертикали будет облавливаться тралом, параметры которого выбраны с учетом облова крупноразмерного минтая.

При сравнительных тралениях экспериментальным и промысловым тралами определяем величину облова всех скоплений и процентное содержание рыб непромысловой длины. После чего делаем заключение о размерном составе уловов сравниваемых тралов и целесообразности применения на промысле преднерестового минтая трала с рекомендованным вертикальным раскрытием.

При использовании указанной методики было установлено, что тралом с вертикальным раскрытием 30 м облавливаются на 38 % скопления рыб меньше, чем промысловым тралом с вертикальным раскрытием 60 м. При этом в улове экспериментального трала доля рыб непромысловой длины не превышает 20 %, что соответствует ограничительным мерам при промысле минтая. Снижение уловов при работе экспериментальным тралом происходит преимущественно за счет исключения из облова младших возрастных групп. От-

сюда можно сделать заключение, что применение на промысле преднерестового минтая тралов с вертикальным раскрытием, равным 30 м, целесообразно.

При промысле минтая одним из основных факторов, который влияет на параметры отдельных элементов трала и результативность лова в целом, является тактика облова. Нами было исследовано влияние положения нижней подборы трала относительно грунта на размерный состав уловов.

Данные по размерному составу уловов разноглубинным 154/700-метровым промысловым тралом с различным положением нижней подборы относительно грунта представлены на рис. 17.

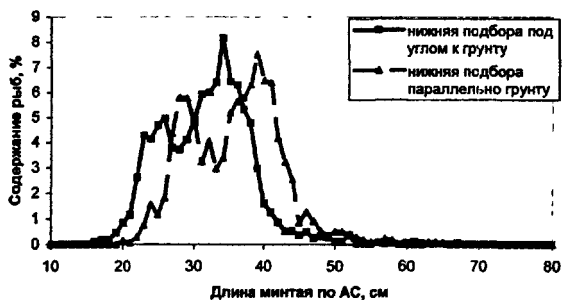


Рис. 17. Размерные составы уловов разноглубинным тралом 154/700 м с различным положением нижней подборы относительно грунта

Анализ данных по размерному составу уловов показывает, что доля рыб промысловой длины (более 37 см по АС) в уловах разноглубинным тралом, когда нижняя подбора трала в процессе траления располагается параллельно грунту, по массе больше на 27,3 %, по количеству - на 22,6 %. С увеличением средней длины рыб в улове на 4 см доля рыб промысловых размеров на час траления возрастает в 1,6 раза при незначительном уменьшении общего улова по сравнению со способом, когда нижняя подбора располагается под углом к грунту. При принятой достоверности 0,95 для обоих способов траления минтая различия между средними выборочными признаны существенными.

Снижение вылова рыб промысловой длины при тралении наблюдается, когда нижняя подбора трала располагается под углом к грунту. Это происходит потому, что крупноразмерный минтай имеет возможность выхода в зазор между нижней подборой и грунтом.

Наши экспериментальные данные сравнительных тралений дают возможность заключить, что размерный состав уловов при тралении у грунта или по грунту, наряду с величиной вертикального раскрытия устья трала, определяется положением нижней подбора трала относительно грунта. При промысле придонных крупноразмерных скоплений минтая нижняя кромка крыльев должна идти параллельно грунту, что исключает выход минтая из зоны облова в процессе траления под нижнюю подбору трала (Шевченко и др., 2004).

Необходимо отметить, что при тралениях в непосредственной близости от грунта, разноглубинными тралами с передней частью, выполненной из тросовых связей, в уловах присутствие сопутствующих объектов (крабов, губок и т.п.) не отмечалось.

Анализ ранее полученных данных (Мельников, 1973; Габрюк и др., 1982), а также результаты наших исследований (Шевченко, 1979, 1983; Шевченко и др., 2004) показывают, что основными исходными положениями при разработке специализированного трала для облова старших возрастных групп минтая, находящихся в непосредственной близости от грунта, будут являться следующие:

- вертикальный параметр входного устья должен составлять величину, соответствующую вертикальному распределению крупноразмерных рыб, — 30 м;
- отношение вертикального раскрытия к горизонтальному должно быть равно 1: 3;
- угол атаки сетных пластей трала не должен превышать величину 11-13 град;

- передняя крупноячейная (канатная) часть нижней пласта трала должна быть изготовлена из продольных связей и идти в процессе траления параллельно грунту;
- скорость траления при промысле минтая должна составлять 2,2 м/с;
- длина кабелей при промысле должна быть равна 100 м.

По исходным данным, представленным выше, было составлено техническое задание и разработана документация на 174/468-метровый трал для специализированного промысла минтая. Конструктивные особенности передней канатной части трала представлены на рис. 18.

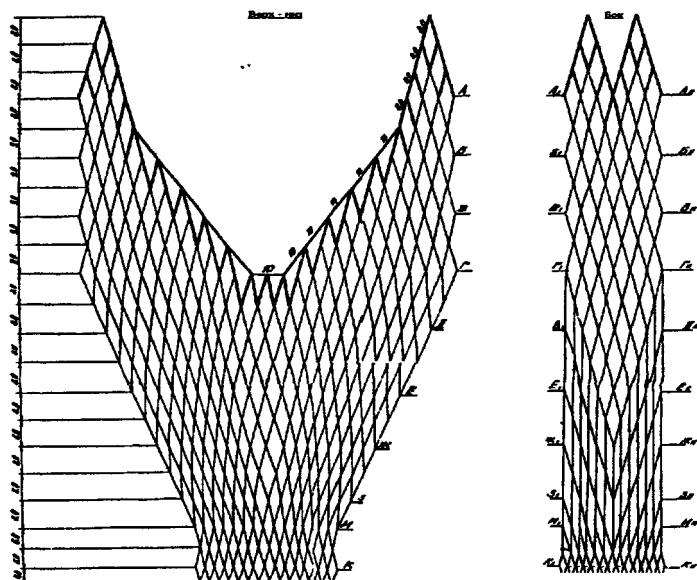


Рис. 18. Передняя часть специализированного 174/468-метрового трала

Основной особенностью конструкции указанного трала является уменьшенное вертикальное и увеличенное горизонтальное раскрытие входного устья по сравнению со стандартным промысловым тралом для судов типа БАТМ. Боковые канатные пласта располагаются до самых концов крыльев и

имеют прямые циклы кройки. Таким образом, тралу конструктивно задается рабочая форма, при которой его нижние подборы крыльев и пласть во время буксировки движутся практически параллельно плоскости грунта.

Необходимые величины силовых значений оснастки входного устья указанного трала для обеспечения заданных параметров траловой системы были определены по методике, представленной ранее.

С целью практического использования на основе расчетных значений элементов оснастки входного устья трала составлены номограммы параметров оснастки входного устья 174/468-метрового специализированного трала.

Для придонного варианта работ и рекомендованной скорости траления определенная по номограммам оснастка составила: подъемная сила ГДУ по верхней подборе (R_2^m) - 1608 Н, загрузка по нижней подборе (Q^{2m}) - 7873 Н, вес грузов-углубителей (Q^{2z}) - 3634 Н.

Селективные свойства промыслового 154/700-метрового и специализированного 174/468-метрового тралов сравнивались по селективному уровню промысла ($I_{50\%}$), средней длине и доле прилова рыб непромысловой длины в улове.

При проведении работ параметры входного устья промыслового разноглубинного трала составляли 60x80 м, у специализированного трала — 30x85 м.

Размерный состав и параметры уловов, полученных при облове скопленных указанными тралами, представлены на рис. 19 и Е табл. 3.

При принятой достоверности 0,95 различия между выборками и средними выборочными признаны существенными.

Для наглядности селективные свойства промыслового и специализированного тралов приведены в табл. 4. Из приведенных данных видно, что уровень селективности промысла специализированным тралом превосходит уровень промыслового трала на 3,8 см. При промысле специализированным тралом предпочтительнее и диапазон селективности.

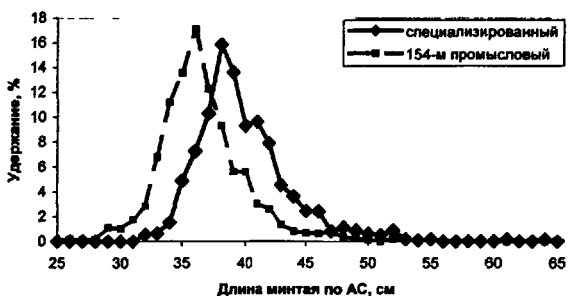


Рис. 19. Размерный состав уловов 174/468-метровым специализированным и 154/700-метровом промысловым тралами

Таблица 3

Параметры уловов специализированным и разноглубинным тралами

| Параметр улова | Специализированный трал | Разноглубинный трал |
|--|-------------------------|---------------------|
| Средний улов на 1 час траления, кг | 6040 | 8630 |
| Доля рыб длиной до 37 см по численности в улове, % | 25,1 | 58,8 |
| Доля рыб более 37 см по массе в улове, % | 90,9 | 46,5 |
| Средний улов на 1 час траления рыб промысловой длины, кг | 5490 | 4013 |
| Средний размер рыб в улове, см | 39,9±0,44 | 36,6±0,41 |

Таблица 4

Параметры селективности промыслового и специализированного тралов

| Тип трала | Длина удержания, см | | | Диапазон селективности, см |
|----------------------------|---------------------|--------------------|--------------------|----------------------------|
| | 25 %-ное удержание | 50 %-ное удержание | 75 %-ное удержание | |
| Промысловый разноглубинный | 26,50 | 31,03 | 35,40 | 8,90 |
| Специализированный | 32,95 | 34,84 | 37,56 | 4,61 |

Экспериментальными работами подтверждено, что разработанная нами технология промысла придонных скоплений минтая позволяет вести промысел, не нарушая установленных ограничительных мер. Расчеты показывают, что потери в уловах, за счет исключения из облова непромысловых рыб, в начальный период могут достигать 11 % по массе улова. В дальнейшем за счет приращения биомассы вышедших или необловленных маломерных рыб увеличение улова может составить до 9 %.

Основные выводы по работе:

Результатом многолетних исследований по теме диссертации является решение крупной научно-технической проблемы в области науки и практики промышленного рыболовства, которая, обобщая совокупность сложных функционально связанных задач, позволяет на базе конструктивных изменений орудия лова и промыслово-биологических особенностей поведения объекта промысла обосновать и разработать рациональную технологию лова минтая.

1. Проведенный анализ исследований показал, что современный селективный уровень промысла минтая не удовлетворяет ограничительным мерам регулирования промысла. Содержание маломерных рыб в уловах соответствует существующим Правилам рыболовства только в 16 % тралений от их общего количества. Основные исследования должны быть направлены на разработку технологии лова, повышающей отбирающую способность промысла для рыб промысловых размеров путем использования внутренней и внешней селективности рыболовства.
2. Учитывая основную роль раскрытия входного устья трала для рационального облова скоплений, нами разработана и внедрена на промысле методика, позволяющая определять силовые и геометрические значения оснастки для обеспечения его обоснованных параметров.
3. Процесс истечения жидкости и интенсивность выхода рыб сквозь ячей сетной оболочки характеризуются введенным нами коэффици-

ентом фильтрации $K = 1 - \frac{D \cdot \sin \alpha}{a \cdot \sin \varepsilon \cdot \cos \varepsilon \cdot \sin \beta}$, который зависит от параметров внутренней и внешней геометрии орудия лова.

4. Установлено, что величина удержания минтая в зависимости от отношения максимального обхвата тела к внутреннему периметру ячеи имеет близкие значения для всех исследуемых траловых мешков. Эта зависимость позволяет рассчитать требуемый внутренний размер ячеи тралового мешка для ведения селективного промысла минтая или проанализировать потери в уловах при использовании в селективных устройствах различных размеров ячеи.
5. Использование экспериментального двухслойного тралового мешка при промысле пелагических скоплений минтая в сравнении с трехслойным позволяет снизить непроизводительные затраты времени при обработке трала на 3 %, а расходы материалов при его изготовлении на 9 %. Конструктивные изменения экспериментального тралового мешка дают возможность увеличить его фильтрующую способность и облавливать промысловые скопления минтая с содержанием молоди до 60 %, не нарушая ограничительных мер и не теряя в уловах массу рыб промысловых размеров. При облове пелагических скоплений минтая тралом с экспериментальным траловым мешком первоначально наблюдается снижение массы уловов до 11 % за счет выхода из мешка рыб непромысловых размеров. Через год за счет массового прироста вышедших маломерных рыб биомасса запаса увеличится на 7 %.
6. Нашими исследованиями установлено, что крупноразмерный минтай концентрируется в непосредственной близости от грунта на высоту до 30 м. При облове этих концентраций специализированным тралом с параметрами, соответствующими вертикальному распределению крупноразмерных рыб, по сравнению с промысловым в уловах увеличивается средняя длина рыб в среднем на 6-7 см, снижается коли-

чество рыб промысловой длины до ограничительной меры. При этом улов рыб промысловых размеров (более 37 см по АС) на единицу усилия увеличивается на 37 %. В дальнейшем за счет приращения биомассы необловленных маломерных рыб увеличение биомассы запаса может составить до 9 %.

7. Результаты исследований позволили:
- определить параметры и оснастку входного устья трала;
 - обосновать ограничительные меры для рационального промысла минтая;
 - разработать и внедрить специализированную конструкцию трала и тралового мешка для рационального промысла минтая.

Разработанная нами технология лова, использующая внешние и внутренние факторы селекции рыболовства, позволяет не только наиболее полно и эффективно использовать промысловые запасы минтая, но и в процессе эксплуатации обеспечивать их воспроизводство.

Основное содержание диссертации опубликовано в следующих работах.

В монографии:

1. **Шевченко А.И.** Пути повышения селективности промысла минтая. — Владивосток: ТИНРО-Центр, 2004. — 99 с.
- В реферируемых изданиях и приравненным к ним:
2. **Шевченко А.И., Астафьев С.Э., Болотов В.М.** Обоснование техники и тактики рационального лова минтая // Известия ТИНРО. — 2004. — Т. 136. — С. 358-373.
 3. **Шевченко А.И., Татарников В.А.** Обоснование оптимальной конструкции гидродинамического устройства для оснастки верхней подборы трала // Известия ТИНРО. — 2003. — Т. 135. — С. 336-361.
 4. **Шевченко А.И., Болотов В.М.** Селективный промысел минтая // Известия ТИНРО. — 2002. — Т. 130. — С. 524-529.
 5. **Шевченко А.И., Татарников В.А.** Охотоморский минтай // Рыболовство России.— 2002. — № 5. — С. 58-59.

6. **Шевченко А.И.**, Татарников В.А., Болотов В.М. О рациональном промысле минтая // Труды 2-й Международной научной конференции «Рыбохозяйственные исследования Мирового океана». — Владивосток: Дальрыбвтуз, 2002. — Т. 1. — С. 31-32.
7. Астафьев С.Э., Татарников В.А., **Шевченко А.И.** Методика проведения работ по селективности // Труды Международной научной конференции «Рыбохозяйственные исследования Мирового океана». — Владивосток: Дальрыбвтуз, 1999. — Т. 2. — С. 5.
8. **Шевченко А.И.** Рациональный промысел минтая // Труды Международной научной конференции «Рыбохозяйственные исследования Мирового океана». — Владивосток: Дальрыбвтуз, 1999. — Т. 2. — С. 23.
9. **Шевченко А.И.** Перспективы развития методов и техники рыболовства: Доклад на Всероссийском совещании «Современное состояние и перспективы развития рыболовства России». — Санкт-Петербург, 1997.-14с.
10. **Шевченко А.И.**, Ефанов С.И., Истомин И.Г., Абразумов В.А. Эффективность промысла минтая при изменении селективного уровня // Всесоюзное совещание «Исследование и рациональное использование биоресурсов дальневосточных и северного морей и перспективы создания технических орудий для освоения неиспользуемых ресурсов открытого океана». — Владивосток, 1985.
11. **Шевченко А.И.** Влияние конструкции тралов на характеристики изменения гидродинамического поля // Всесоюзное совещание «Исследование и рациональное использование биоресурсов дальневосточных и северного морей и перспективы создания технических орудий для освоения неиспользуемых ресурсов открытого океана». — Владивосток, 1985.
12. **Шевченко А.И.**, Костюков В.М. Исследование гидродинамического поля сетных оболочек трала // Рыбное хозяйство. — 1983. — № 9. — С. 63-65.

13. **Шевченко А.И.**, Гурский В.И. К вопросу унификации пелагических тралов // Известия ТИНРО. - 1973. - Т. 85.
14. **Шевченко А.И.**, Гурский В.И. О конструкциях тралов с несколькими подборами // Известия ТИНРО. - 1973. - Т. 85.
15. **Шевченко А.И.** Некоторые особенности тралового лова пелагических скоплений скумбрии // Рыбное хозяйство. — 1972. — № 5. — С. 44-46.
16. **Шевченко А.И.**, Гурский В.И. Техника тралового лова японской скумбрии // Известия ТИНРО. - 1972. - Т. 84.
17. **Шевченко А.И.**, Мыцул В.Ф. Прибор для определения угла хода распорной траловой доски. // Рыбное хозяйство. — № 10. — 1965. — С. 42-43.
18. Matsushita Y., Inoue Y., **Shevchenko A.I.** The mesh Selectivity Experiments of Single and Double Codends in Pacific Coast of Kuril Islands // Nippon Suisan Gakkaishi. — 1996. — Vol. 62 (1). — P. 78-82 (на японском языке).
19. Matsushita Y., Inoue Y., **Shevchenko A.J.** Bilateral Japan-Russia Cooperation: Subject of Study: Discussion materials for CRAFT workshop. — Beijing, China, 1995.
20. Matsushita Y., Inoue Y., **Shevchenko A.J.** Japan-Russia Cooperative Research in Trawl Fishing // Nippon Suisan Gakkaishi.— 1994. — Vol. 60 (5). — P. 689-690 (на японском языке).
21. Matsushita Y., Inoue Y., **Shevchenko A.J.**, Norinov Y.G. Selectivity in the codend and in the main body of the trawl // ICES mar. Sci. Symp. — 1993. — Vol. 196. — P. 170-177.
22. **Шевченко А.И.**, Татарников В.А., Абалтусов С.М. Гидродинамическое устройство для вертикального раскрытия трала: А.с. (11) SU 1611306, А 01 К 73/05, 1990, № 45.
23. **Шевченко А.И.**, Гурский В.И. Оснастка трала: А.с. № 535063. Опубликовано 15.11.76. Бюллетень изобретений № 42.

24. **Шевченко А.И.**, Конов Н.А. Гурский В.И. Оснастка трала: А.с. № 490447. Опубликовано 05.11.75. Бюллетень изобретений № 41.

В других изданиях:

25. **Шевченко А.И.**, Татарников В.А., Астафьев С.Э. Расчет необходимой подъемной силы для оснастки верхней подборы трала на различных горизонтах траления // Сб. науч. тр. Дальрыбвтуза. — Владивосток, 2003. — Вып. 15, ч. 1. — С. 109-113.
26. **Шевченко А.И.**, Болотов В.М., Борец Л.А., Астафьев С.Э. Результаты работ по селективному промыслу минтая в Охотском и Беринговом морях // Сб. науч. тр. Дальрыбвтуза. — 1999. — Вып. 12. — С. 96-100.
27. **Шевченко А.И.**, Татарников В.А., Абалтусов СМ. Селективные свойства траловых мешков на промысле минтая // Сб. науч. тр. ВНИРО: Поведение гидробионтов в зоне действия орудий лова. — М., 1998. — С. 127-130.
28. **Шевченко А.И.**, Татарников В.А., Шабельский Д.Л. Выбор оптимального профиля гидродинамического устройства по интегральным характеристикам подъемной силы моделей // Сб. науч. тр. ВНИРО: Поведение гидробионтов в зоне действия орудий лова. — М., 1998. — С. 142-145.
29. **Шевченко А.И.**, Абразумов В.А., Абалтусов СМ. Селективность при траловом промысле минтая в Охотском море // Совершенствование и создание новых способов и орудий лова. — Владивосток: ТИНРО, 1990. — С. 28-33.
30. Трещев А.И., **Шевченко А.И.**, Ефанов С.Ф. и др. Выживаемость минтая и селективные свойства траловых мешков // Обоснование орудий промысловства. — Владивосток: ТИНРО, 1985. — С. 18-29.
31. **Шевченко А.И.**, Бойцов А.Н.. Обоснование параметров устья разноглубинных тралов // Поведение рыб и орудия лова. — Владивосток: ТИНРО, 1983. — С. 12-16.

32. **Шевченко А.И.**, Бойцов А.Н. Обоснование основных параметров мощной части разноглубинных тралов // Поведение рыб и орудия лова. — Владивосток: ТИНРО, 1983, — С. 17-22.
33. **Шевченко А.И.**, Мизюркин М.А., Абразумов В.А. Обоснование скорости траления на промысле мелких мезопелагических рыб // Физические раздражители в технике рыболовства. — Владивосток: ТИНРО, 1982. — С. 75-81.
34. **Шевченко А.И.**, Бойцов А.Н. Определение оптимальных параметров оснастки разноглубинного трала // Физические раздражители в технике рыболовства. — Владивосток: ТИНРО, 1982. — С. 102-111.
35. **Шевченко А.И.**, Бойцов А.Н. Динамические характеристики сетного полотна // Промышленное рыболовство. — Владивосток: ТИНРО, 1976. — Вып. 6. — С. 8-13.
36. **Шевченко А.И.**, Бойцов А.Н. Обоснование конструкции разноглубинного трала // Промышленное рыболовство. — Владивосток: ТИНРО, 1976. — Вып. 6. — С. 22-27.
37. **Шевченко А.И.** О проектировании и постройке пелагических тралов // Промрыболовство и механизация. — Владивосток: ТИНРО, 1972. — Вып. 3. — С. 8-16.
38. **Шевченко А.И.** О поведении рыбы в трале // Промрыболовство и механизация. — Владивосток: ТИНРО, 1972. — Вып. 3.
39. **Шевченко А.И.** Об удерживающей способности сетного полотна трала // Промышленное рыболовство и механизация. — Владивосток: ТИНРО, 1970. — Вып. 3. — С. 29-46.
40. **Шевченко А.И.** Об оптимальных размерах ячеи в различных частях трала // Сб. науч.-техн. инф. ВНИРО. — 1968. — Вып. 4. — С. 44-65.
41. **Шевченко А.И.** О рабочей форме ячеи в трале // Сб. науч.-техн. инф. ВНИРО. — 1968. — Вып. 12. — С. 92-98.

№20720

Подписано в печать 14.10.2004 г. Формат 60x90/16.

Уч.-издл. 2. Тираж 100. Заказ № 18.

Типография ТИНРО-Центра

Владивосток, ул. Западная, 10