

Камчатский государственный технический университет

Кафедра рыболовства и аквакультуры

**Е.Г. Норинов**

**РАЦИОНАЛЬНОЕ  
РЫБОЛОВСТВО**

Издательство



КамчатГТУ

Петропавловск-Камчатский  
2006

УДК 639.2/.2  
ББК 47.2  
Н82

Рецензенты:

*А.С. Латкин,*  
доктор технических наук, профессор,  
заместитель директора по НИР НИГТЦ ДВО РАН

*О.И. Рудомиров,*  
кандидат биологических наук,  
доцент кафедры рыболовства и аквакультуры КамчатГТУ

**Норинов Е.Г.**

Н82           Рациональное рыболовство: Монография. – Петропавловск-Камчатский: КамчатГТУ, 2006. – 184 с.

ISBN 5–328–00089–7

Книга посвящена одной из самых актуальных проблем современного мирового рыболовства – сокращению промыслов в традиционных районах, и в связи с этим – сохранению морских биоресурсов.

Монография содержит сведения об историческом развитии теории рационального рыболовства, современном состоянии некоторых ее разделов, включая теорию селективного рыболовства. Особое внимание уделяется методам определения селективных свойств орудий лова, в частности сетных оболочек с квадратной структурой. Приводятся данные по селективности минтая, трески и других донных рыб, полученные автором в результате экспедиционных исследований в северо-западной части Тихого океана (СЗТО). Значительный объем занимают вопросы рациональной эксплуатации биоресурсов Антарктики. Так, приводится анализ промысла криля и даются рекомендации по его совершенствованию.

В заключительной главе автор отмечает, что одним из путей рациональной эксплуатации биоресурсов Мирового океана, и особенно традиционных районов промысла, может стать сертификация морского рыболовства, основанная на принципах Морского попечительского совета (MSC) – независимой некоммерческой международной организации, рассматривает ее деятельность и возможность создания подобной организации в России.

Материал, изложенный в монографии, представляет интерес как для специалистов рыбной отрасли, так и для студентов, обучающихся в рыбохозяйственных вузах.

УДК 639.2/.2  
ББК 47.2

ISBN 5–328–00089–7

© КамчатГТУ, 2006  
© Норинов Е.Г., 2006

## Оглавление

Предисловие .....	5
Исторический очерк .....	6
Глава 1. Управление рыбохозяйственной деятельностью .....	18
1.1. Понятия и функции управления рыболовством .....	19
1.2. Международные организации .....	21
1.3. Международные документы, законодательные акты и правила .....	28
1.4. Обмен информацией .....	30
1.5. Контроль за соблюдением правил рыболовства в открытом море .....	32
1.6. Возможные подходы к управлению рыбным хозяйством .....	35
Глава 2. Биологические системы .....	44
2.1. Динамика численности рыб .....	44
2.2. Специфика биологических систем .....	46
2.3. Понятие экосистемы .....	47
2.4. Структура биосистемы .....	48
2.5. Темпы и уровни .....	48
2.6. Цели в биосистемах .....	49
2.7. Гомеостаз экологических систем .....	50
2.8. Управление в биосистемах .....	52
2.9. Метод пространства состояний .....	57
2.10. Комpartmentальные модели биосистем .....	60
Глава 3. Методы оценки состояния водных экосистем .....	64
3.1. Сбор океанографических данных .....	64
3.2. Получение гидробиологического и ихтиологического материала .....	66
3.3. Гидроакустические методы и технические средства .....	67
3.4. Визуальные подводные наблюдения .....	72
3.5. Космические методы и авиаразведка .....	74
Глава 4. Состояние промысловых районов и эксплуатируемых популяций .....	78
4.1. Продуцирование биологических ресурсов .....	79
4.2. Роль рельефа в формировании биологической продуктивности .....	81
4.3. Тепловой баланс и циркуляция водных масс .....	81
4.4. Химический, биогенный и газовый состав воды .....	82
4.5. Биосфера .....	83
4.6. Недостаточно используемые ресурсы .....	87
4.7. Экологи бьют тревогу .....	87
4.8. Состояние промысла минтая .....	89
4.9. Гибель промысловых объектов от травм и выбросов .....	90
Глава 5. Селективное рыболовство .....	94
5.1. Интенсивность эксплуатации биологических ресурсов .....	94
5.2. Методы определения селективных свойств орудий лова .....	97
5.3. Анализ данных селективности .....	100
5.4. Коэффициент селективности .....	111
5.5. Методы оценки эффективности орудий лова .....	113
5.6. Некоторые данные по селективности пассивных орудий лова .....	115
Глава 6. Селективные свойства сетных оболочек с квадратной структурой .....	116
6.1. Особенности промысла минтая .....	116
6.2. Особенности облова донных рыб .....	123
6.3. Промысел криля .....	126
6.3.1. Общая характеристика промысла криля .....	126

6.3.2. Технические средства и тактические приемы тралового промысла криля .....	128
6.3.3. Влияние структуры траловых оболочек на процесс лова криля .....	130
6.3.4. Взаимодействие криля с сетным полотном .....	135
6.3.5. Особенности производства пищевой продукции из криля .....	138
Глава 7. Свойства сетных оболочек с квадратной структурой .....	141
7.1. Особенности оболочечных систем .....	141
7.2. Геометрия сетных оболочек .....	148
7.3. Особенности геометрии сетных оболочек с квадратной и трапецидальной структурами .....	150
7.4. Рекомендации по технологии изготовления сетных оболочек и пластин с квадратной структурой .....	155
Глава 8. Рациональное использование уловов .....	156
Глава 9. Сертификация морского рыболовства .....	161
Заключение .....	168
Литература .....	171

***Посвящается памяти моего друга и наставника,  
прекрасного человека, ученого и педагога  
Льва Федосеевича Бондаря***

***Предисловие***

Мотивом обобщения имеющейся на сегодняшний день информации, относящейся к теме рационального рыболовства, прежде всего можно назвать остроту проблемы, связанной с обеспечением учебного процесса необходимой литературой. Введение в учебные стандарты новых дисциплин «Рациональная эксплуатация биоресурсов Мирового океана» и «Селективность рыболовства» совпало с возникновением известных трудностей, связанных с изданием учебников рыбохозяйственной тематики. Фундаментальные труды Ф.И. Баранова, А.И. Трещева, А.В. Засосова, П.А. Моисеева и других отечественных и зарубежных классиков становятся все менее доступными для студентов, и несмотря на свою теоретическую значимость, не отражают современной проблематики российского и мирового рыболовства.

Используя классические труды и публикации наших современников, автор постарался осветить, пусть не в полной мере, наиболее актуальные на сегодняшний день направления рыбохозяйственной деятельности, вызывающие озабоченность мирового сообщества. Большое количество материалов было извлечено из фондов японского национального НИИ рыболовной инженерии благодаря предоставленной возможности тесного сотрудничества, личного общения с его сотрудниками и коллегами – д-ром У. Иноуэ и д-ром Е. Матсусита.

Основу книги составляет информация, связанная с собственной сферой деятельности автора: работой на судах перспективной разведки в районах СЗТО и Антарктики; исследованиями эффективности применения квадратной ячеи в научно-исследовательских, рыболовных и крилевых тралах; исследованиями селективных свойств сетных оболочек с квадратной структурой; подводными исследованиями поведения гидробионтов; преподавательской работой по обобщению знаний в области управления рыболовством, а также сотрудничеством в качестве эксперта с некоторыми международными природоохранными организациями, в частности с Фондом дикой природы и Центром дикого лосося.

Оставаясь на позиции осторожного подхода к управлению природными биологическими системами, в том числе и водными биоресурсами, автор считал необходимым обратить внимание специалистов на исключительную сложность естественных систем, используя при этом материалы ставшей уже библиографической редкостью монографии В.Н. Новосельцева «Теория управления и биосистемы. Анализ сохранительных свойств», т. е. не отвергая в принципе целесообразность исследований, а призывая к повышению уровня наших знаний в этой области.

К сожалению, данная книга еще не учебник. Потребуется некоторая ее апробация и адаптация в учебном процессе в качестве пособия или источника информации, отсутствующей в классической и учебной литературе по промышленному рыболовству. Возможно, она попадет в руки не студентам, а уже зрелым специалистам. В любом случае автор будет признателен читателям за присланные ему замечания и пожелания, а может быть, и советы по поводу того, как лучше сделать учебник.

Выражаю признательность тем авторам, которые так или иначе, прямо или косвенно, в солидных трудах или коротких статьях обращались к теме рационального рыболовства и своей информацией обогатили книгу. Их имена приведены в списке литературы. Особая благодарность коллективу ТИНРО, сотрудникам Тихоокеанского управления перспективной разведки и кафедры промышленного рыболовства Дальрыбвтуза, японским коллегам и друзьям из NRIFE, Токийского университета рыболовства, фирмы Ничимо, компании Хонма Ге Ге. Большое спасибо Камчатскому государственному техническому университету (КамчатГТУ) за предоставленную возможность заниматься творческой деятельностью.

## *Исторический очерк*

История знает немало примеров, когда кризис рыболовства приводил к экономическим потрясениям. Масштабы проблем, связанных с нестабильностью добычи важных в пищевом отношении морских (водных) биологических объектов, как правило, выходили за рамки одной страны. Причина общая – истощение запасов традиционного промыслового вида или его исчезновение, но тяжесть кризиса ощущалась не одинаково. При этом случалось, что более развитые страны страдали сильнее, чем их слабые «товарищи по несчастью».

Россия долгое время довольствовалась обилием рыбы во внутренних водоемах. Морские промыслы на севере первыми освоили новгородцы, а затем Азов и Каспий стали основными поставщиками осетровых видов рыбы.

Уязвимость промысловых популяций внутренних вод, в том числе прибрежных районов закрытых морей, стала сказываться уже к середине XIX столетия. Несмотря на примитивность рыболовства и ограниченное потребление рыбы по сравнению с бескрайними просторами и глубинами вод, казавшимися в то время несоизмеримыми, наши предки всерьез были озабочены тогдашними проблемами на промыслах. Примером, достойным уважения, было принятие Академией наук России решения о снаряжении научной экспедиции для изучения ресурсов рыболовства, выяснения причин падения уловов и выработки рекомендаций по решению возникших проблем. Руководили экспедицией, которая продолжалась с 1851 по 1870 гг., академик К.М. Бэр и Н.Я. Данилевский. Результаты обследований традиционных российских рыбных промыслов легли в основу многотомного труда, который, по существу, стал первой серьезной научной работой, охватившей широкую область рыбохозяйственной деятельности в европейской части России.

Анализ и систематизация накопленного за многие годы материала 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. Причем для обеспечения последнего принципа рекомендовалось воздерживаться от изъятия неполовозрелых особей.

К.М. Бэр и Н.Я. Данилевский стали авторами первого проекта Правил рыболовства, в которых на основе высказанных ими принципов учитывались особенности каждого водоема: «... Только обязательные для всех административные предписания, регулирующие деятельность рыбопромышленников и имеющие силу законодательного акта, способны предотвратить неминуемое в более или менее близком будущем оскудение рыбных запасов в наших внутренних морях и озерах со впадающими в них реками» [47].

Несмотря на уже имевшиеся сведения (факты) о снижении запасов некоторых промысловых рыб в Северном и Балтийском морях, а также китов в Северной Атлантике, европейские исследователи вместе со своими российскими коллегами во второй половине XIX столетия еще не усматривали реальной угрозы со стороны цивилизации для морских и океанических популяций.

По признаниям известного русского исследователя Н.М. Книповича, ихтиологи, увлеченные обилием и многообразием материала, содержавшегося в уловах рыбаков, другими количественными критериями интересовались исключительно в «принудительном» порядке, объясняя изменения запасов чисто умозрительно, как состоявшийся факт. В то время наука еще не обладала системной методологией, рассматривая предмет исследований как элемент или структуру (состав) без отношений между этими элементами или внутри структур. В лучшем случае промысловый вид рассматривался на популяционном уровне, но не выше. Социоприродным отношениям не придавалось адекватного значения, в то время как от социальных слоев (рыбаков, предпринимателей) тревога за состояние сырьевых ресурсов рыболовства передавалась обществу. Масштабность проблемы вышла на международный уровень. Вслед за принятием ряда межправительственных соглашений и проведением международных кворумов по вопросам рыболовства в Северном море был организован постоянно действующий Международный совет по изучению морей, в работе которого кроме заинтересованных стран Западной Европы принимала участие и Россия.

Для разработки эффективных мер управления промыслами требовалась соответствующая теоретическая база, глубокий анализ состояния биологических ресурсов и причин, вызывающих падение уловов. С развитием капиталистических отношений к концу XIX столетия рыболовство

от кустарного промысла перешло ко все более мощному, технически вооруженному промышленному производству. Развивались рынки. В этой обстановке было явно недостаточно только академических исследований в области ихтиологии. Организация прикладных исследований, обусловленная необходимостью обеспечивать развитие рыболовства, в форме экспедиций, лабораторий и даже целых научных учреждений уже в то время была под силу некоторым странам. Появились жесткие законодательные акты, регламентирующие промысел, правила учета и отчетности, обеспечивающие получение от рыбаков исчерпывающей и достоверной информации о результатах промысла.

В ответ на общественное внимание и заботу научный мир откликнулся несколькими предложениями и гипотезами в теоретических формах. Одной из первых теорий, возникших на основе изучения динамики численности камбалы, была теория размножения. По сути, эта теория близка одному из трех принципов сохранения запасов, предложенных К.М. Бэрром и Н.Я. Данилевским. Она 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. На практике главное требование этой теории было трудно соблюсти, поскольку рыба одного и того же вида в зависимости от условий обитания развивается неодинаково, т. е. далеко не каждая особь, достигнув промысловой длины, достигает и половой зрелости, а тем более успевает отнереститься.

Зависимость созревания и темпов развития рыб от условий их обитания, главным образом от питания (наличия корма), отразил в своей теории роста датский исследователь Петерсен. Поскольку численность скопления в данном районе нагула зависела от интенсивности промысла, т. е. от изъятия части популяции, то эта теория носила название теории разрежения. Петерсен признавал возможность эффективного равновесия между промысловым изъятием и естественным развитием популяции, но в определенных пределах. Главным практическим выводом этой теории являлось предупреждение о том, что понижение концентрации скопления за пределы допустимого уровня приведет к падению экономической эффективности промысла.

Несколько другая теоретическая интерпретация связи эксплуатируемых рыбных запасов с кормовой базой водоема прозвучала в работе русского исследователя В.А. Кевдина. Его рассуждения сводились к тому, что если будет поддерживаться равенство уловов и производительной мощности освобожденного корма, то деятельность человека не нанесет ущерба запасам промысловых рыб. И опять же оставался открытым вопрос: «До каких пределов можно увеличивать вылов, чтобы не нарушить это равновесие?» Устойчивая тенденция к падению уловов в традиционно эксплуатируемом районе должна была послужить тревожным сигналом о перелове. Поэтому В.А. Кевдин предлагал вести постоянный контроль (учет) вылова и проследить его динамику. Подобная статистика была введена в Норвегии в 1866 г., благодаря чему на основании многолетних данных норвежский ихтиолог Йорт смог впервые применить биостатистический анализ уловов. Его вывод заключался в том, что колебание уловов объясняется флуктуациями численности поколений. Влияние урожайного поколения на результаты промысла проявляется тем дольше, «чем многочисленнее годовой класс и больше продолжительность жизни особей стада». При этом Йорт считал, что «численность годового класса зависит только от количества пищи и абиотических факторов».

Развитие статистических методов оценки состояния промысловых популяций нашло свое отражение как в косвенных способах характеристики запасов на основе относительных показателей, так и в способах прямого количественного подсчета величины стада.

Были известны способы прямого подсчета величин запасов по количеству выметанной икры или по количеству молоди (Гензен, Апштейн, Чугунов), а позднее – по средней величине улова за час траления или замет невода (Месяцев, Майский). При этом количество рыбы  $P_w$  подсчитывалось по следующей формуле (в общем виде):

$$P_w = \frac{AC_n}{aq},$$

где  $A$  – площадь промыслового квадрата (с равными условиями за замет);

$a$  – площадь, обловленная за единицу времени (за один замет);

$C_n$  – средний улов за час траления (за один замет);

$Q$  – коэффициент уловистости (или вертикального облова).

В основе многочисленных способов прямого подсчета численности стада использовался целый ряд условностей, например: равномерное распределение рыбы по исследуемой площади, постоянство доли ежегодной смертности или ее зависимость только от промысловой деятельности человека, другие факторы, которые существенно влияли на степень достоверности выводов.

Не менее разнообразными, но и не более достоверными способами являлись методы подсчета численности рыб по косвенным признакам, например по среднему варианту, средней навеске или среднему размеру рыбы в улове.

Существовало авторитетное мнение о том, что главным и достаточным мерилем состояния рыбных запасов служат биостатистические показатели и колебания уловов. Считалось, что если известен характер изменения запаса и улова, то нет необходимости добиваться количественной оценки возможных уловов.

Однако отсутствие методов достоверной оценки численности биологических ресурсов рыболовства ощутимо сказывалось и продолжает сказываться на организации, управлении и регулировании промыслов.

Изучение динамики численности и состояния запаса любых живых организмов основано на анализе количественных данных, полученных с помощью организованных определенным образом наблюдений. При этом широко применяются методы теории вероятностей и математической статистики, в том числе методы дисперсионного и корреляционного анализа. При изучении влияния определенных факторов окружающей среды на численность популяций прибегают к попытке построения математических моделей того или иного явления, протекающего на экосистемном уровне. Адекватность модели, ее соразмерность с натурой зависят от того, насколько полно в математическом выражении представлено действительное положение вещей. Поскольку многие явления, происходящие в природе, находятся под влиянием целого ряда случайных факторов, даже сам факт присутствия которых бывает неизвестен, то к применению формальных методов оценки состояния популяций нужно подходить весьма осторожно.

Первые попытки объяснить существование стада «формальной теорией жизни рыб» (Ф.И. Баранов) были основаны на идеальных условиях, что выразилось в соответствующем выводе: «Кривая смертности совпадает с кривой населения».

Допуская, что рыбы промысловых размеров распределены по водоему достаточно равномерно, полагали, что кривая распределения рыб в улове будет характеризовать распределение рыб промыслового размера в водоеме. Если рыбы различных возрастных групп распределены по водоему неравномерно, то необходимо, чтобы интенсивность лова была одинаковой по всей площади водоема.

Поскольку орудия лова должны обладать определенной избирательностью, то левая часть кривой улова будет соответствовать селективным свойствам этих орудий, а правая – кривой населения, позволяющей исследовать смертность рыб промысловых размеров.

На основании этих допущений и сопоставлений считалось, что уменьшение численности любой группы рыб одного возраста ( $dn$ ) за малый промежуток времени ( $dt$ ) пропорционально численности этой группы ( $n$ ), т. е.

$$\frac{dn}{dt} = -Zn, \quad \ln n = -Zt + \ln C, \quad n = Ce^{-Zt}.$$

На основании наблюдений была установлена зависимость длины рыб от возраста (для камбалы – по Гейнке):

$$t = rl.$$

Введя коэффициент смертности (по Баранову – коэффициент убыли  $k$ )

$$Z_1 = rZ,$$

получили измененное выражение численности рыб одного возраста (длины):

$$n = Ce^{-Z_1 l}.$$

Таким образом, если по оси абсцисс откладывать возраст или соответствующую ему длину рыб, а по оси ординат – логарифм численности, то кривая улова изобразится прямой линией.

Разработка проблемы рационального рыболовства шла по двум основным направлениям: теории запаса и теории промысла. В отличие от Ф.И. Баранова, подходившего к оценке численности рыб на основе пропорциональности интенсивности промысла величине мгновенной

смертности, другие ученые разрабатывали метод абсолютных изменений промыслового стада. Существовали два принципиально различных подхода к оценке численности рыб: биологический, основанный на изучении взаимосвязи между объектами промысла и средой, и математический, основанный на установлении пропорциональностей между запасом и промыслом.

Большинство существующих методов, основанных на математическом или статистическом анализе (методы Петерсена, Йорта, Державина, Лесли), лишены всякого учета изменений популяций под влиянием иных факторов, кроме тех, на пропорциональности которых они базируются. Для исследования сложнейших природных систем эти методы неприемлемы в силу их предельной упрощенности. Биологические же методы, напротив, представляются труднореализуемыми на практике в силу своей сложности.

Метод Ф.И. Баранова получил широкое развитие и до сих пор используется в трудах многих специалистов в силу своей «компромиссности». Несмотря на то что он опирается в основном только на результаты промысла, его теоретическая основа позволяет учитывать все биологические изменения стада через понятие мгновенной смертности.

Развитие теории рыболовства происходило по мере накопления новых научных данных. Вопрос о факторах, влияющих на оценку величин запаса и возможного вылова, был всесторонне проанализирован английскими учеными Р. Бивертоном и С. Холтом (1957, 1969). Теоретически и на конкретных примерах они рассмотрели влияние основных (известных) факторов на численность рыб: приплода, роста, смертности, селективности лова и др. Р. Бивертон и С. Холт внесли в теорию рыболовства новые современные идеи, придали ей более строгое математическое выражение и полнее (хотя все еще недостаточно) подкрепили ее биологическим материалом.

Вопрос о необходимом и достаточном числе факторов, учитываемых при оценке численности, и о способах их определения до сих пор полностью не решен. Комментируя этот тезис, А.И. Трещев, в частности, писал, что «методы относительной оценки численности позволяют анализировать промысел и даже устанавливать его влияние на запасы. Однако с удовлетворительной достоверностью это возможно только по отношению к прошлому. Всякая экстраполяция полученных результатов на будущее без знания действительного состояния стада, масштабов размножения и естественной смертности становится неправомерной, если учитывать, что степень флюктуаций запасов под влиянием естественных факторов вполне соизмерима с влиянием промысла. Изменчивость условий размножения и жизни рыб влияет на численность чрезвычайно сложным, часто совершенно неожиданным образом и учесть их в теоретической модели весьма трудно» [144].

Для практического осуществления рационального рыболовства необходимо не только всесторонне обосновать допустимое соотношение между запасом и промыслом, но и разработать реальные пути поддержания этого соотношения на экологическом уровне. Для этого в первую очередь должны быть решены вопросы теории и техники регулирования промысла на основе изучения его селективности и интенсивности.

При разработке общей теории рационального промысла в систему были заложены следующие принципы:

- структура промыслового стада есть результат взаимодействия пополнения, роста и убыли трансформируемых через среду обитания гидробионтов;
- биологический предел вылова определяется возможностями воспроизводства вида;
- необходимое соответствие между запасом и выловом можно получить только путем селективного промысла, специфического для каждого вида и условий его существования.

Развитие теории рыболовства было посвящено главным образом разработке различных моделей промысловых популяций и доказательствам степени их адекватности. Все многообразие созданных моделей, отличавшихся по форме и содержанию, по существу объединялось одной целью – найти аналогию, пользуясь которой можно было бы количественно представить соотношение между запасом и оптимальным выловом.

Основные результаты исследований в области моделирования динамики численности промысловых гидробионтов и режимов их эксплуатации обобщены в работах В.В. Меншуткина (1964), Г.В. Никольского (1965), А.В. Засосова (1970), А.И. Трещева (1974) и др. Один из выводов сформулирован А.И. Трещевым следующим образом: «Для получения максимального вылова необходимо прежде всего правильное обоснование размерно-возрастного и полового состава уловов, а также соответствующее наиболее выгодному использованию эксплуатируемого запаса размещение промысла в пространстве и времени» [144].

В работах Ф.И. Баранова (1918), Риккера (1940, 1958), Яманака (1961) и других авторов так или иначе подразумевалась зависимость вылова от селективности промысла (ограничивался промысловый размер рыб). Наиболее полно этот вопрос рассмотрен Р. Бевертоном и С. Холтом (1957), Ю.Е. Лапиным (1961) и В.В. Меншуткиным (1965). Важность изучения влияния селективности промысла на изменение структуры облавливаемых популяций рыб неоднократно подчеркивал в своих работах Г.В. Никольский (1948, 1958, 1959). Свои идеи в области селективности рыболовства Г.В. Никольский представил на страницах опубликованной им в 1965 г. книги «Теория динамики стада рыб как биологическая основа рациональной эксплуатации и воспроизводства рыбных ресурсов».

В.В. Меншуткин (1964), исследуя модель, предложенную Г.В. Никольским, показал возможность расчета оптимального режима эксплуатации рыбных популяций с различными жизненными циклами на основе селективного промысла соответствующей интенсивности.

Используя свои модели динамики популяций, Г.В. Никольский, В.В. Меншуткин, Р. Бевертон и С. Холт весьма успешно исследовали зависимость вылова и остатка от селективного рыболовства. Они вплотную подошли к установлению рационального соотношения между запасом и промыслом для тех видов рыб, по биологии которых у них имелось достаточное количество информации.

Обобщая все имеющиеся на данный момент разработки по теории рационального рыболовства, А.И. Трещев [144] приводит схему селективного промысла для общего случая, когда численность вновь вступающих в промысел поколений и интенсивность вылова могут колебаться в любых реально допустимых пределах.

Теоретическая схема динамики численности возрастных групп рыб в запасе и улове (табл. 1) представлена при следующих условиях: промысловое стадо, состоящее из пяти годовых классов (поколений), подвергается регулярному селективному промыслу; численность облавливаемых поколений различна; численность вновь вступающего в промысел пополнения подвержена обычным естественным флюктуациям.

Таблица 1

Годы	Состав промыслового стада	Состав возможного улова
I	$N_1 + N_2 + N_3 + N_4 + N_5$	$N_1\gamma_1 + N_2\gamma_2 + N_3\gamma_3 + N_4\gamma_4 + N_5\gamma_5$
II	$N_1(1 - \gamma_1) + N_2(1 - \gamma_2) + N_3(1 - \gamma_3) + N_4(1 - \gamma_4) + N_1^{(1)}$	$N_1(1 + \gamma_1)\gamma_2 + N_2(1 - \gamma_2)\gamma_3 + N_3(1 - \gamma_3)\gamma_4 + N_4(1 - \gamma_4)\gamma_5 + N_1^{(1)}\gamma_1$
III	$N_1(1 - \gamma_1)(1 - \gamma_2) + N_2(1 - \gamma_2)(1 - \gamma_3) + N_3(1 - \gamma_3)(1 - \gamma_4) + N_1^{(1)}(1 - \gamma_1^{(1)}) + N_1^2$	$N_1(1 - \gamma_1)(1 - \gamma_2)\gamma_3 + N_2(1 - \gamma_2)(1 - \gamma_3)\gamma_4 + N_3(1 - \gamma_3)(1 - \gamma_4)\gamma_5 + N_1^{(1)}(1 - \gamma_1^{(1)})\gamma_2^{(1)} + N_1^2\gamma_1^2$
IV	$N_1(1 - \gamma_1)(1 - \gamma_2)(1 - \gamma_3) + N_2(1 - \gamma_2)(1 - \gamma_3)(1 - \gamma_4) + N_1^{(1)}(1 - \gamma_1^{(1)})(1 - \gamma_2^{(1)}) + N_1^{(2)}(1 - \gamma_1^{(2)}) + N_1^{(3)}$	$N_1(1 - \gamma_1)(1 - \gamma_2)(1 - \gamma_3)\gamma_4 + N_2(1 - \gamma_2)(1 - \gamma_3)(1 - \gamma_4)\gamma_5 + N_1^{(1)}(1 - \gamma_1^{(1)})(1 - \gamma_2^{(1)})\gamma_3^{(1)} + N_1^{(2)}(1 - \gamma_1^{(2)})\gamma_2^{(2)} + N_1^{(3)}\gamma_1^{(3)}$
V	$N_1(1 - \gamma_1)(1 - \gamma_2)(1 - \gamma_3)(1 - \gamma_4) + N_1^{(1)}(1 - \gamma_1^{(1)})(1 - \gamma_2^{(1)})(1 - \gamma_3^{(1)}) + N_1^{(2)}(1 - \gamma_1^{(2)})(1 - \gamma_2^{(2)}) + N_1^{(3)}(1 - \gamma_1^{(3)}) + N_1^4$	$N_1(1 - \gamma_1)(1 - \gamma_2)(1 - \gamma_3)(1 - \gamma_4)\gamma_5 + N_1^{(1)}(1 - \gamma_1^{(1)})(1 - \gamma_2^{(1)})(1 - \gamma_3^{(1)})\gamma_4^{(1)} + N_1^{(2)}(1 - \gamma_1^{(2)})(1 - \gamma_2^{(2)})\gamma_3^{(2)} + N_1^{(3)}(1 - \gamma_1^{(3)})\gamma_2^{(3)} + N_1^{(4)}\gamma_1^{(4)}$

В приведенной табл. 1  $N$  – численность соответствующего поколения (верхние индексы означают номера новых поколений, вступивших в промысел за цикл эксплуатации стада);  $\gamma$  – интенсивность вылова соответствующих поколений.

Численность вновь вступающих в промысел поколений определяется методами оценки урожайности, а численность поколений в первичном промысловом стаде – по формулам

$$N_t = N'_a e^{-(F+M)(t-t_c)},$$

$$N'_a = N_a e^{-M(t_c - t_a)},$$

$$N_a = \frac{N_0}{e^{-M(t_0 - t_a)}}.$$

Интенсивность вылова по годам для каждого промыслового вида можно установить исходя из темпа роста, выживаемости и по его воспроизводительной способности. При этом должны учитываться накопленный опыт эксплуатации промысловых популяций, их доступность промыслу, технические, экономические и другие соображения.

При рациональном рыболовстве поколения, впервые вступившие в промысел, должны облавливаться с минимальной интенсивностью. Интенсивность лова должна повышаться с ростом рыб, что согласуется с сигмоидным графиком селективности промысла. Правильно подобранный селективный промысел может автоматически обеспечить необходимую интенсивность вылова. При больших колебаниях урожайности поколений или нерегулярности предыдущего промысла селективность и интенсивность лова можно изменить для достижения оптимального использования продуктивности стада.

Рассмотренные положения теории рыболовства, относящиеся к установлению рационального соотношения между запасом и промыслом, касались лишь качественной стороны предмета (явления или процесса). В будущем, при накоплении необходимой информации биологического характера, влияние селективного промысла на количественные изменения в популяциях можно будет учесть в уравнениях биомассы вылова и при разработке режимов рациональной эксплуатации запаса.

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

Своеобразным завещанием воспринимается сегодня статья Ф.И. Баранова «О рациональном рыбном хозяйстве», опубликованная в 1962 г., в которой он писал: «Разумеется, мы не считаем рациональным промысел, основанный на вылове маломерной рыбы. В основу организации рационального рыбного хозяйства должны быть положены иные принципы... Прежде всего необходимо выяснить, каков должен быть качественный и количественный состав стада, обеспечивающий наибольший годичный прирост (и улов). Далее необходимо установить, каков должен быть качественный и количественный состав улова, допускающий стабилизацию желательного состава стада. На этой основе должен быть разработан план эксплуатации водоема, устанавливающий, где, когда, какая рыба и в каком количестве должна вылавливаться» [16].

До сих пор мы упоминали о первичной задаче управления промыслом – сохранении промысловых популяций на естественном (природном) уровне, – пользуясь понятием «рациональный вылов». При этом интенсивность вылова  $\gamma$  мы представляли в виде отношения полученного за определенный промежуток времени улова  $N_t$  ко всему наличному запасу данного промыслового вида  $N$  в эксплуатируемом водоеме. Однако в теории рыболовства существует и другое понятие, в большей степени относящееся к экономической стороне рационального промысла – это интенсивность лова. По определению А.И. Трещева, «интенсивность лова  $I$ , отнесенная к определенному объему воды, в общем виде можно определить как произведение промыслового усилия  $U$  на коэффициент уловистости рыболовных орудий  $\epsilon$ » (1983).

До определенного времени интенсивность лова рассматривалась лишь в связи с ее влиянием на интенсивность вылова. Зависимость между этими параметрами промысла установил Ф.И. Баранов в 1918 г.:

$$\gamma = 1 - e^{-I}.$$

В дальнейшем все более пристальное внимание стало уделяться качественным и количественным взаимосвязям между промысловой деятельностью рыбаков и эффектом этой деятельности. Знание закономерностей изменения интенсивности лова в зависимости от различных условий и ограничений потребовалось для обоснования организации наиболее выгодного в экономическом и техническом отношении промысла. Более того, без этих знаний невозможно обойтись при управлении рыболовством вообще и при его регулировании в частности.

Предел увеличения интенсивности лова для каждого объекта связан с допустимой величиной интенсивности вылова. Оптимальный режим промысла наступает при  $I = 1$ , что соответствует  $\gamma \approx 0,68$ . Если при условии рациональной эксплуатации запаса допустимая интенсивность вылова может быть доведена до 0,86, то интенсивность лова должна будет увеличиться в два раза по сравнению с оптимальной. Поскольку увеличение интенсивности лова может быть обеспечено главным образом за счет роста промыслового усилия, то выбор его предела должен определяться экономической целесообразностью (рис. 1).

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

сегодня. В период неуклонного роста добычи было достаточно времени для дискуссий. Теперь его нет. Необходимо принимать решения.

Предметом селективности рыболовства занимались и продолжают заниматься многие специалисты. Особенно активизировались зарубежные исследователи. Однако приоритет принадлежит отечественным ученым, и в первую очередь – А.И. Трещеву, посвятившему свою научную деятельность именно этой проблеме. Выше уже цитировались некоторые строки из его известной книги «Научные основы селективного рыболовства» [144]. Материалы этого обобщающего труда будут использоваться нами и в дальнейшем.

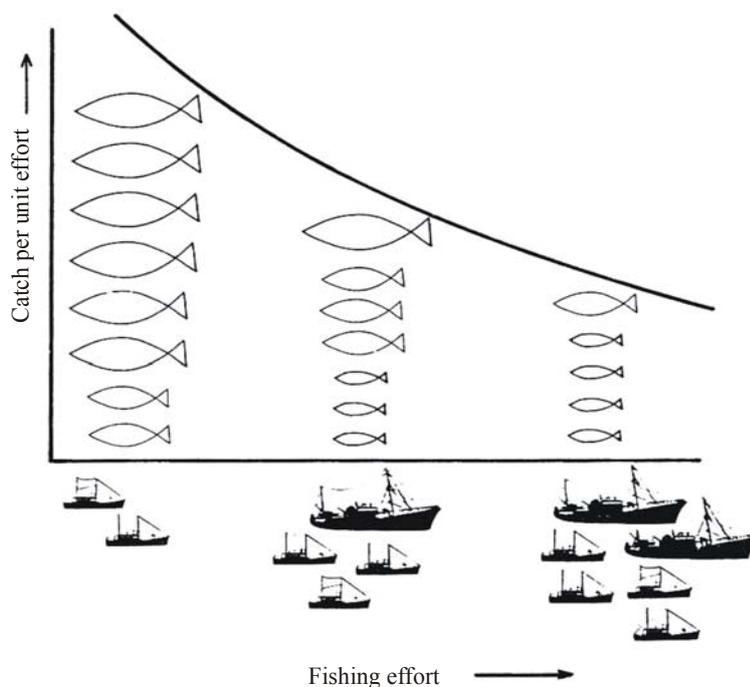


Рис. 1. Соотношение между уловом на усилие и промысловым усилием (no Holden) [234]

Селективность рыболовства зависит от многих факторов – как природных, так и социальных. Особое место в общем понятии 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.

Вот что писал по поводу этого, на первый взгляд, условного разделения понятий А.И. Трещев: «Промыслово-биологические особенности объектов лова и особенности промысла лежат в основе «внешней» селекции, определяющей отбор отдельных особей, видов, групп и скоплений для облова. Этот отбор называется селективностью рыболовства, или селективностью лова. Строго говоря, селективность орудий лова также может входить в общее понятие селективности рыболовства. Однако по существу это разные процессы. Если селективность рыболовства выражает собой закономерности отбора объектов для облова, то под селективностью орудий лова понимается дифференцированный отбор особей из их общего числа, захваченных орудием лова. Поэтому в отличие от селективности рыболовства селективность орудий лова иногда называется «внутренней» селективностью. Эти два вида селективности принципиально различны как по способам определения, так и по теоретическим базисам, на которых они основываются» [144].

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. «По существу, все применяю-

*щиеся в настоящее время и применявшиеся когда-либо ранее правила рыболовства сводятся к решению задачи осуществления селективного лова» [144].*

Минуло 150 лет с начала экспедиции К.М. Бэра и Н.Я. Данилевского, в результате которой нашими соотечественниками были сформулированы основные принципы рационального ведения промысла во внутренних водоемах России. Еще 100 лет назад известный русский ученый Н.М. Книпович, возглавлявший первую морскую экспедицию по изучению морских биологических ресурсов рыболовства в Баренцевом море, не имел оснований беспокоиться за перспективу рыбных промыслов на просторах окраинных морей. И вот российские академики вновь решают высказаться на тему о перспективах рыболовства, но уже в масштабе морских экологических систем.

«Состояние и тенденция развития экосистем европейских морей России» – такова тема научного сообщения академиков Российской академии наук Г.Г. Матишова, М.Е. Виноградова, Д.С. Павлова на заседании президиума РАН, которое состоялось 9 февраля 1999 г.

Главная цель доклада – дать представление о происходящих процессах в экосистемах европейских морей России (Баренцево, Балтийское, Азовское, Черное, Каспийское), выявить их динамику и предложить пути сохранения биоразнообразия и рационального использования морских биоресурсов. Инициатива Мурманского морского биологического института КНЦ РАН – обсудить эту проблему на высшем академическом уровне – вызвана обеспокоенностью состоянием биоресурсов в морях России, отсутствием в настоящее время достаточных знаний об экосистемах.

В докладе подчеркивается, что ход развития морских экосистем, безусловно, предопределяется климатом, его изменениями и другими природными факторами. Этого нельзя не учитывать. Однако очень велико влияние человека на экосистемы, их структуру, динамику и функционирование. С возникновением и развитием мореплавания происходит непреднамеренное переселение видов. Имеется много примеров того, как с балластными водами, на днищах судов сотни видов морских организмов заносятся в европейские моря, что нередко приводит к «биологическому загрязнению».

Мощным фактором воздействия на морские экосистемы является добыча животных человеком. Яркий пример этого – киты, венец экосистемы Мирового океана. Большая численность и особенности поведения обеспечивали их доступность для технически вооруженного человека. Многие виды китов оказались на грани уничтожения. Сейчас они занесены в Красную книгу, их добыча строго запрещена.

Ключевым элементом экосистемы и важнейшим биоресурсом, как известно, являются рыбы. Промысловые рыбы – индикатор динамики морских экосистем. Это хорошо видно из анализа промысловой статистики.

Общей тенденцией для всех европейских морей стало изменение структуры вылова. На фоне снижения объемов промысла его основу составляют мелкие рыбы, ранее относимые к малоценным. Так, в Баренцевом море к началу 70-х гг. в связи с полным подрывом запасов сельди в оборот были введены сайка и мойва. Через несколько лет сайку постигла судьба сельди, а к 1986 г. не стало и мойвы. В этот период уловы упали до самой низкой отметки. Основной вид экосистемы Баренцева моря – треска. В последние годы ее добывалось относительно много из-за повышенной коммерческой ценности. Это происходило в условиях недостатка кормовой базы (отсутствие сельди и мойвы) и интенсивного вылова в объемах, которые выше допустимых. Вместо одной пятой в последние годы вылавливается почти половина запаса, а это может стать причиной деградации баренцевоморской трески.

На Каспии в последние 40 лет в структуре вылова доминирует килька, а незначительный улов осетровых поддерживается в основном за счет заводского воспроизводства. Азовское море полностью утратило свое промысловое значение. Судьба Азова, как и Арала, трагична.

Таким образом, для всех морей очевиден факт переэксплуатации биоресурсов. Его последствия носят не только экономический, но и экосистемный характер. В докладе четко показано, что перелов массовых малоценных рыб подорвал кормовую базу ценных видов.

В развитии экосистем нельзя не учитывать также роли морских птиц, многомиллионные колонии которых используют в пищу мелкую рыбу, ракообразных и в свою очередь обогащают прибрежные воды биогенами.

Драматические последствия для южных морей имело строительство каскадов плотин на Волге, Дону, Днепре и Кубани. Зарегулирование этих рек обернулось утратой нерестилищ осетровых и других проходных рыб.

Если обратиться к химическому загрязнению морских экосистем, то современные исследования показали, что северные моря на порядок чище южных. Концентрация поллютантов в

среде и биоте на юге часто во много раз превышает ПДК. В связи с Чернобыльскими событиями Таганрогский залив сегодня более загрязнен цезием-137, чем Кольский залив. Хроническое загрязнение промысловых районов влияет на воспроизводство, приводит к болезням рыб.

Реакцией на подорванные запасы ценных рыб можно считать тот факт, что в 60-е гг. планомерно приступили к интродукции фауны из водоемов Дальнего Востока и Северной Америки в европейские моря. Однако и тут не все просто. Многие поселенцы относительно быстро дают вспышки численности, нарушают сложившиеся пищевые цепи и условия воспроизводства местной фауны. Примерами могут служить камчатский краб – в Баренцевом море и дальневосточный пиленгас – в Азовском. Результаты их акклиматизации остаются предметом острых дискуссий.

Таким образом, развитие цивилизации на фоне глобальных природных изменений привело к тому, что к началу XXI в. морские экосистемы приобрели новые черты: снизилась численность ключевых видов, изменилось их соотношение и, как следствие, произошло изменение общей структуры и функционирования экосистем. По своему конечному результату эти изменения однотипны, хотя факторы воздействия различны. Вряд ли обнаруженные изменения вызываются действием какого-либо одного фактора, например загрязнения. Так, северные моря, как отмечалось выше, по уровню загрязнения являются наиболее благополучными по сравнению с южными, однако структурные перестройки экосистем и снижение рыбопродуктивности очень похожи.

Антропогенное воздействие независимо от причин ведет к снижению продукции конечного трофического уровня, включая ценные виды рыб, птиц и млекопитающих. Ответом любой экосистемы на антропогенный пресс является установление более низкого уровня энергобаланса, чем предшествующий, в результате изменения энергопотоков по трофическим цепям и ликвидации вершины пищевой пирамиды. К сожалению, попытки вернуть экосистему в первоначальное состояние и восстановить численность традиционных объектов промысла пока не дают желаемых результатов.

Как нам представляется, наиболее важными задачами, которые предстоит решать для сохранения биоресурсов, являются следующие:

1. Необходимо усилить внимание к фундаментальным проблемам биологии – оно отстает от требований времени.

2. Следует восстановить систему государственного экологического мониторинга морской среды и биоты с включением в него спутниковых наблюдений и автономных буйковых станций. Это особенно важно в связи с перспективой нефтегазодобычи на шельфе. Мониторинг позволит уменьшить существующую степень неопределенности при разработке экосистемных прогнозов и принятии решений.

3. Постоянное использование биоресурсов требует перехода к экосистемным принципам управления. При этом важно ограничивать промысел короткоживущих видов рыб, применять гибкую систему временных ограничений на рыболовство во время нереста, внедрять экологически безопасные орудия лова и т. д.

4. Начиная с конца XX в. в мире наблюдается быстрый рост аквакультуры. К примеру, в Норвегии ежегодно выращивают до 0,4–0,5 млн т семги. Для России наиболее перспективно осетровое хозяйство, включая морское рыбоводство в полном цикле – от икры до товарной продукции. Только в Азовском море за счет заводского воспроизводства улов осетровых можно довести до 15 тыс. т в год. При этом акцент необходимо сделать на восстановление местных видов.

Непродуманные и, как следствие, непросчитанные меры по разгосударствлению рыболовной сферы России вызвали новую волну нажима на биоресурсы российских морских вод.

По некоторым сведениям, в 1996 г. при монопромысле трески в Баренцевом море было выброшено за борт 15 тыс. т «нерыночной» трески и 13 тыс. т пикши. Новым крайне опасным явлением стало набирающее силу хорошо организованное браконьерство, к которому следует также относить переловы выделенных квот.

Известно, что рыбопродуктивность вод определяется двумя главными факторами – природным и антропогенным, включая промысел. Из этого вытекает одна из главных задач управления – свести к минимуму негативные последствия человеческой деятельности.

В итоге мы должны прийти к выводу о том, что основной заботой рыбохозяйственной фундаментальной и прикладной науки должна стать организация исследований, направленных на разработку научных основ в меру сбалансированного промысла с четко обозначенными элементами рационального хозяйства. Реализация на практике такого подхода к использованию рыбных ресурсов российской экономической зоны должна гарантировать обеспечение продо-

вольственной безопасности страны, в частности ее рыбной компоненты. Поэтому на первый план сегодня выходят неотложные задачи наведения элементарного порядка в использовании биоресурсов этих акваторий.

Немалая часть промысловых рыбных ресурсов российских морей представлена трансграничными и далеко мигрирующими рыбами, что неизбежно предполагает развитие международного сотрудничества, кооперирования исследований. При этом следовало бы уделить приоритетное внимание двум направлениям. Первое – это изучение причин и прогнозирование долгопериодных изменений численности основных промысловых видов, их кормовой базы на фоне изменчивости крупномасштабных гелиогеофизических, атмосферных и океанических процессов. Второе – это исследование функционирования экосистем промысловых водоемов, и в первую очередь трофических связей.

Достаточно актуальной темой для исследователей должна стать выработка теоретических и практических подходов к минимизации отрицательного влияния промысла на экосистемы водоемов и к оценке реального спроса российского потребителя на продукцию рыболовства. К числу актуальных сегодня относятся исследования по разработке методов составления балансов между объемом допустимого улова и количеством промысловых усилий.

Если наука не будет иметь реального представления о ситуации в море, то все разговоры о рациональном сбалансированном рыболовстве могут быть отнесены к разряду благих пожеланий. Задачи, которые необходимо решать в сфере управления рыболовством России, являются неотъемлемыми частями глобальной проблемы, которая в общепринятом русском переводе звучит как «устойчивое развитие» (sustainable development). Она была сформулирована на Всемирной конференции в Рио-де-Жанейро, а ее значимость для рыболовства подтверждена в Японии на Международной конференции по устойчивому вкладу рыболовства в продовольственную безопасность страны.

Определенное представление об истории развития международных отношений в рамках небольшого периода, отмеченного существенным расширением географии рыбных промыслов, освоением открытых вод Мирового океана, включая Антарктику, дается в статье С.Г. Федорова и А.А. Малышева «Договор об Антарктике и проблемы международного регулирования использования морских живых ресурсов Южного океана», опубликованной в 1980 г. в сборнике ВНИРО «Биологические ресурсы антарктического криля».

Интерес рыбохозяйственных, экономических, научных и политических кругов ряда стран к более глубокому изучению возможностей эксплуатации морских живых ресурсов Антарктики обосновывается не только тем положением, которое сложилось в использовании биоресурсов Мирового океана, потребностями увеличивающегося населения Земли в продуктах рыбного промысла, но и осознанием необходимости предупредить возможное развитие событий, направить их по рациональному пути.

Несмотря на труднодоступность антарктических морей, ученым удалось с разной степенью точности оценить кормовой потенциал южных океанических экосистем. Даже при очень осторожных прогнозах человечество может рассчитывать здесь на солидный резерв биологической продукции, по известной причине недоиспользуемой.

За последние 40 лет для изучения популяций антарктического криля направлялись экспедиции различных стран: Чили, ФРГ, Японии, СССР, Тайваня, ПНР, Норвегии, ЮАР и др. Япония в сезон 1977–1978 гг. наряду с научно-исследовательской деятельностью начала вести экспериментальный промысловый лов криля, доведя его годовую добычу до 24 тыс. т. США ассигновали 44 млн долл. на 4-летнюю программу изучения антарктического криля. Определенную работу по исследованию криля вели и такие «нерыболовные» государства, как Австралия, Новая Зеландия и др. Интерес к изучению Антарктики проявляла и Италия, направившая в 1977 г. экспедицию на о. Короля Георга.

Вполне естественно, что вопросы рационального использования антарктического криля и международного сотрудничества в области сохранения морских ресурсов южных океанических вод, создания такого режима эксплуатации антарктических вод, который отвечал бы этим целям, служат предметом обсуждения на различных уровнях в рамках международных и национальных организаций.

Особую озабоченность усиливающимися тенденциями по промышленной эксплуатации ресурсов самых южных морей проявили страны-участницы Договора об Антарктике 1959 г., положения которого распространяются на районы южнее 60° ю. ш.

При этом следует отметить, что хотя сам Договор первоначально определил лишь общие нормы взаимоотношений государств в Антарктике, косвенно затрагивая вопросы охраны и сохранения живых ресурсов, тем не менее вся последующая деятельность внутри Договора отразила объективно развивающиеся процессы по международной регламентации использования мировых природных ресурсов.

В свете осуществления всех текущих мероприятий Договора об Антарктике через механизм консультативных совещаний рекомендации последних приобретают особое значение, ставшая после утверждения правительствами стран, принявших участие в консультативных совещаниях, обязательными для выполнения, развивая и конкретизируя положения самого Договора.

Уже на I Межправительственном консультативном совещании по Договору об Антарктике (Канберра, 1961 г.) представители стран-участниц совещания, признав настоятельную необходимость принятия мер по сохранению живых ресурсов в районе действия Договора, приняли «Общие правила поведения для охраны и сохранения живых ресурсов в Антарктике», оговаривающие некоторые аспекты деятельности человека у берегов южного континента.

В ходе работы II консультативного совещания (Буэнос-Айрес, 1962 г.) были приняты исходя из предложений Научного комитета по изучению Антарктики (СКАР) рекомендации I консультативного совещания, включая «Общие правила», а также рекомендовано на основе этих правил приступить к подготовке проекта документа о мерах по защите живых ресурсов в Антарктике.

Такой документ в виде «Согласованных мер по охране фауны и флоры в Антарктике» был принят на III консультативном совещании (Брюссель, 1964 г.). «Согласованные меры» еще раз подтвердили принятые ранее рекомендации по охране живых ресурсов, признали район действия Договора, включая шельфовые ледники, специальной зоной охраны и определили виды местных млекопитающих и птиц как особо охраняемые виды, которые должны находиться под особой защитой правительств-участников Договора. При этом были специально выделены рекомендации по промыслу тюленей на паковых льдах, предусматривающие добровольное регулирование промысла.

Эти рекомендации, в свою очередь, легли в основу работы IV консультативного совещания (Сантьяго, 1966 г.), которое разработало «Временное руководство по добровольному регулированию промысла антарктических тюленей».

Документом, символизирующим завершение первого этапа деятельности по охране живых ресурсов Антарктики, стала Конвенция по сохранению тюленей Антарктики, принятая после V и VI консультативных совещаний в Лондоне в 1972 г. Конвенция предусматривает ряд мер, направленных на сохранение тюленей в Антарктике, а также оптимальные размеры промысла в районе действия Договора. Были определены нормы допустимой добычи тюленей, установлены сезоны промысла, промысловые зоны и заповедники.

Следующий этап по регулированию деятельности человека в отношении живых ресурсов Антарктики начался на IX консультативном совещании (Лондон, 1977 г.), когда его участники согласились с необходимостью принятия практических мер для создания режима сохранения и рационального использования морских живых ресурсов Антарктики.

В рекомендациях IX консультативного совещания по антарктическим живым ресурсам, составленных по предложениям СКАР, содержались «Временные руководства по сохранению морских живых ресурсов Антарктики», а также были выражены принципы создания определенного режима сохранения таких ресурсов. В рекомендациях указывалось, что специальное консультативное совещание должно определить форму окончательного режима, который, распространяясь на морские районы не только к югу, но и к северу от 60° ю. ш., должен обеспечить эффективную сохранность морских живых ресурсов антарктической экосистемы в целом.

Признав особую ответственность, возложенную на консультативные группы, страны-участницы Договора об Антарктике подошли к наиболее важному моменту – созданию механизма организации международных консультаций и сотрудничества для надлежащего развития Антарктики.

В результате II специального консультативного совещания (Буэнос-Айрес, 1978 г.) и ряда многосторонних консультаций был согласован проект текста Конвенции о сохранении морских живых ресурсов.

Советский Союз, чей приоритет в области всестороннего изучения биологических ресурсов Антарктики неоспорим, выразил готовность поддержать режим, способствующий сохранению и рациональному использованию живых ресурсов Южного океана, и принял деятельное участие в

его подготовке. Этим СССР еще раз подтвердил свои намерения содействовать стабилизации международного положения, защите и разумному использованию ресурсов нашей планеты.

Проект Конвенции о сохранении морских живых ресурсов Антарктики предусматривает, как и большинство многосторонних рыболовных соглашений, образование комиссии и ее консультативного органа – Научного комитета по сохранению морских живых ресурсов Антарктики. Решения, принимаемые комиссией на основании предложений Научного комитета, должны заключаться в мерах, направленных на сохранение живых ресурсов Антарктики, включая количество определенного вида ресурсов, вылавливаемых в районе действия конвенции, определение охраняемых видов, сезоны промысла, открытие и закрытие для промысла районов, регулирование промысловых усилий и методов лова и т. п. При этом следует отметить, что под «сохранением» конвенция подразумевает рациональное использование ресурсов южных морей.

По сравнению с Договором об Антарктике географические границы действия конвенции раздвинулись не только к югу от 60° ю. ш., но и к северу от него, вплоть до условно принятой линии антарктической конвергенции, охватывая таким образом почти всю область обитания антарктического криля и ассоциируемых с ним видов.

В целом предусмотренный проектом конвенции режим по сохранению морских живых ресурсов Антарктики отвечает интересам мирового сообщества, так как позволяет не только предотвратить чрезмерную эксплуатацию биоресурсов, но и наиболее эффективно использовать их при наличии соответствующих условий на благо всего человечества.

При осуществлении этих целей, учитывая необходимость поддержания живых ресурсов Антарктики на должном уровне и перспективы развития океанического промысла в антарктических водах, особая ответственность ложится на Научный комитет по изучению Антарктики (СКАР) и ученых отдельных стран.

Одной из первоочередных задач конвенции при реализации ее целей является создание через механизм «Научный комитет – комиссия» такого охранительного режима, который на основе самой полной и объективной научной информации сможет обеспечить равновесие между наиболее эффективными охранительными мерами и наиболее эффективным использованием морских живых ресурсов Антарктики.

Международно-правовые отношения в мировом рыболовстве приобрели в последние годы первостепенное значение. Эти отношения должны строиться таким образом, чтобы они не ограничивали, а способствовали развитию рыболовства, являясь фактором научно-технического прогресса в изучении и освоении Мирового океана и его биологических ресурсов.

Говоря о выполнении указанных выше задач применительно к освоению биоресурсов, следует подчеркнуть, что универсальный процесс международного регулирования по использованию природного потенциала, несомненно, продолжится в рамках Договора об Антарктике, а принципы, положенные в основу проекта Конвенции о сохранении морских живых ресурсов Антарктики, будут развиты в других международно-правовых актах, касающихся этого региона.

Таким образом, в обстановке нарастающей заинтересованности к исследованиям и эксплуатации природных ресурсов Антарктики от специалистов разных отраслей знаний требуется тщательное изучение возможностей и перспектив международного сотрудничества, рассмотрение и планирование путей их конкретной реализации.

Что касается истории развития технических средств, обеспечивающих рациональную добычу гидробионтов, то в общем контексте предлагаемого материала ограничимся периодом научной деятельности автора, поскольку с самого начала она так или иначе была связана с экспериментами по использованию квадратной ячеи на траловом промысле.

Первая на Дальнем Востоке разработка конструкции разноглубинного трала с ячеей квадратной формы (Э.М. Рыкунов, 1972) была связана со стремлением уменьшить сопротивление сетной оболочки трала. Главная цель поисков в этом направлении заключалась в обеспечении промысла быстрых пелагических рыб, в частности скумбрии.

На взаимодействие квадратной ячеи с биологическими объектами, попадавшими в зону действия трала, впервые обратили внимание во время экспериментального лова светящегося анчоуса. В то время как при использовании стандартных тралов с ромбической ячеей сетное полотно представляло собой сплошную «шубу» из объеженных анчоусов и мелких кальмаров, на участках сетной оболочки с квадратной ячеей объежки не было. Впоследствии результаты этих наблюдений подтвердились на промысле антарктического криля. Именно при облове криля впервые были сделаны выводы о селективных свойствах сетных оболочек с квадратной структурой.

## Глава 1. УПРАВЛЕНИЕ РЫБОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬЮ

Основные проблемы современного мирового рыболовства связаны с обострением борьбы за ресурсы, вызванной ухудшением состояния этих ресурсов и чрезмерной интенсивностью их эксплуатации [52, 152]. В связи с этим заметно повысилась политическая активность ЕС, США, Канады, Японии, Кореи, Китая, Норвегии, Польши и других государств, представители которых на крупных международных форумах, проходящих под эгидой ООН, стремятся существенно влиять на выработку общей концепции использования биоресурсов, формирование политики в области рыболовства. Основная борьба разворачивается за сырьевые ресурсы открытых районов Мирового океана и традиционные районы промысла. И здесь идея общей концепции использования ресурсов наиболее близка к ее реализации. Специфика биологических (экологических) систем Мирового океана потребует в конце концов своего признания на соответствующем уровне управления, и политические препятствия (амбиции отдельных государств) будут устранены. Иными словами, эксплуатация ресурсов, находящихся в пределах всех акваторий, за исключением внутренних водоемов отдельных государств, в перспективе развития межгосударственных отношений будет осуществляться по глобальным законам, по международным правилам, на основе целей и критериев, исходящих из гуманистических систем ценностей.

В ближайшее время может весьма обостриться вопрос о том, что и как делить. Как использовать природную биопродуктивность Мирового океана? Будет ли «кормилец» превращен в «морехозяйственные угодья» или охотнику еще останется чем удовлетворить свою естественную страсть? Известный океанолог и страстный защитник океана Ж.И. Кусто считал, что промышленная охота (рыболовство) изживет себя, переродясь в фермерские хозяйства. Однако есть и оптимисты, уверенно предрекающие рыболовным промыслам их дальнейшее развитие. По поводу будущего марикультуры ни у кого нет сомнений: она должна и будет развиваться.

*Согласно прогнозам ФАО, к 2010 г. объем продукции мировой аквакультуры (без водорослей) достигнет 31 млн т (вместо 15,8 млн т в 1993 г.), а объем выловленных и направленных на пищевое использование рыб и других животных стабилизируется на уровне 60 млн т (вместо 56,5 млн т в 1993 г.). Таким образом, суммарная пищевая продукция рыбного хозяйства возрастет на 18,7 млн т.*

По мнению П.А. Моисеева, такой прогноз в отношении биопродукционного потенциала Мирового океана явно занижен [84]. Помимо насущной необходимости резкого сокращения объемов «погибающего» прилова (около 30 млн т), следует исходить из реальной возможности существенного (15–20 млн т) увеличения объемов вылова традиционных объектов промысла в результате возрастания биомассы некоторых из них (например, перуанского анчоуса, сардины, иваси) ввиду долгопериодных изменений их численности, а также из возможности наращивания вылова в ряде регионов (например, в Охотском и Беринговом морях, у берегов Австралии и Новой Зеландии) за счет ведения многовидового промысла и интенсификации добычи достаточно массовых объектов (желтоперого тунца, летучих рыб, макрелешуковых и др.).

Однако наибольшие потенциальные возможности биоресурсов Мирового океана, позволяющие получить более 50 млн т дополнительной продукции, могут быть реализованы при организации крупномасштабного промысла наиболее массовых и пока совершенно не используемых объектов низкого трофического уровня – мезопелагических рыб, мелких кальмаров, антарктического криля и многих других, биомасса которых оценивается по меньшей мере в 2,5–3,0 млрд т. Таким образом, будущее мирового рыбного хозяйства должно быть сопряжено с совершенствованием существующего морского рыболовства, использующего ресурсы традиционных промысловых объектов, с дальнейшим развитием пресноводной и особенно морской аквакультуры, с интенсивным и достаточно объемным промысловым освоением неиспользуемых ресурсов массовых объектов низкого трофического уровня.

Все это позволяет весьма оптимистично оценивать потенциальные биопродукционные возможности Мирового океана, способные при существенной перестройке отношения к их использованию по меньшей мере удвоить объем получаемой полезной продукции. Однако в конечном счете объем вылова и тенденции в развитии рыболовства в какой-то степени могут рассматриваться как отражение конкретной реализации потенциальных промысловых возможностей Мирового океана [83, 84].

Таким образом, по мнению экспертов, основанному на данных, полученных главным образом во второй половине прошедшего столетия, человечество может рассчитывать на удовлетво-

рение своих растущих потребностей за счет развития промысла пелагических объектов, обитающих в неритических областях наиболее продуктивных зон океана.

Таблица 2

**Оценки биопродуктивности (промысловые рыбы и крупные беспозвоночные) Мирового океана (по Моисееву, 1989), млн т**

Автор, страна	Год	Биомасса	Продукция	Возможный вылов
Зенкевич, СССР	1956	500*	–	–
Финн, ФАО	1961	–	–	70–80
Грехем и Эдвардс, США	1961	–	230	55*
Месек, ФРГ	1961	–	–	60
Грехем и Эдвардс, США	1962	–	343	60
Пайк и Спилхаус, США	1962	–	180–1 400	–
Каск, Канада	1963	–	–	100
Мартинсен, СССР	1964	–	–	70
Моисеев, СССР	1964	–	–	80–100
Чепман, США	1964	–	–	200
Шеффер, США	1965	–	1 080–2 420	200
Ларкин, Канада	1965	–	–	100
Кушинг, Великобритания	1966	–	–	100
Богоров, СССР	1967	1 000	200	100
Моисеев, СССР	1986	800	320	100–120
Моисеев, СССР	1986	6 000	4 000	800**

\* Только рыба.

\*\* Включая мезопелагических рыб и криль.

Возможно дальнейшее развитие промысла мелких сельдевых и анчоусов в периоды их высокой численности. Однако свойственные им большие долгопериодные колебания численности порой таят в себе катастрофические изменения уловов, как это случилось на промыслах перуанского и южноафриканского анчоусов, японской, калифорнийской и южноафриканской сардин. Большую перспективу при развитии промысла в пелагиали будут иметь кальмары, запасы которых позволяют многократно увеличить их добычу.

Существенно меньшие возможности наращивания вылова свойственны демерсальным обитателям. В большинстве районов интенсивного рыболовства запасы морских окуней, камбал, палтусов и многих других объектов не только не могут обеспечить значительного роста суммарных уловов, но и требуют эффективных мер управления для их изъятия.

*Согласно предварительным данным ФАО, наблюдавшийся в последнее десятилетие рост добычи рыбы в 1997 г. прекратился. Уловы промышленного рыболовства уменьшились с 94,6 млн т (1996 г.) до 93,7 млн т (1997 г.)*

*Увеличение объемов мировой продукции гидробионтов в целом со 121 до 122 млн т продолжалось за счет аквакультуры (с 26,4 до 28,3 млн т). Спад добычи в Мировом океане во многом обусловлен влиянием течения Эль-Ниньо, особенно в восточной части Тихого океана.*

*Вместе с тем резкое увеличение потребления населением рыбы и морепродуктов за 3 года на 14 млн т свидетельствует о высоком спросе на эти продукты питания.*

### 1.1. Понятия и функции управления рыболовством

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.

В связи с этим в международных документах о сотрудничестве в области регулирования рыбохозяйственной деятельностью все чаще фигурирует термин «управление» в различных его интерпретациях: управление рыболовством (промыслом), управление живыми морскими ресурсами, управление экосистемой и др. Эти понятия порождены разными подходами к данной проблеме и неоднозначной оценкой роли и возможностей человека в отношениях с природой. Тем

не менее, по мнению экспертов, несмотря на разночтения в понятиях большинство документов преследуют общую цель – сохранение и рациональное использование живых морских ресурсов [1, 2, 18, 35, 38, 116, 155, 158].

Если смысл управления действительно сводится к сохранению и рациональному использованию биологических ресурсов, то в первую очередь должны быть обеспечены условия, при которых воспроизводство эксплуатируемых популяций будет оставаться на максимально высоком уровне. И уже вторая задача управления должна сводиться к получению максимальной продукции высокого качества с минимально возможной затратой сил и средств при сохранении сбалансированной эксплуатации запаса.

В практической деятельности международных организаций критерии, формы и методы управления, как и толкования этого понятия, значительно отличаются друг от друга. Ни один международно-правовой документ (в том числе и Конвенция ООН по морскому праву 1982 г.) не содержит четкой трактовки понятия «управление рыболовством», а тем более «управление морскими живыми ресурсами». Эти понятия включают в себя охрану ресурсов, распределение промыслового усилия, распределение ресурсов между государствами и ряд других экономических мероприятий.

Простое регулирование рыболовства применяется на начальном этапе процесса управления, является его неотъемлемой частью и направлено на упорядочение промысла и предотвращение произвола при эксплуатации ресурсов. Переход от простого регулирования к более сложным формам управления возникает в тех случаях, когда международной организации необходимо принять более эффективные меры, направленные на сохранение и рациональное использование запасов.

Однако как бы хорошо ни была сформулирована и осуществлена система мер по «управлению рыбными запасами» (если речь идет о биопродуктивности Мирового океана), она будет неэффективна, нецелесообразна и вредна, как это происходит всегда, когда человек вмешивается в управление природными системами.

*Система управления рыболовством должна сводиться к упорядочению деятельности человека при хозяйственной эксплуатации водных биоресурсов планеты с целью сбалансированности отношений между человеком и единственным гарантом его существования – природой.*

В последние годы проблеме управления рыболовством уделяется серьезное внимание на межправительственном уровне. Важными органами многостороннего сотрудничества государств с различными политическими и экономическими системами являются международные рыбохозяйственные организации.

В 50-х гг. XX в. технический прогресс привел к тому, что появилась необходимость управления промыслами в северной Атлантике и северной части Тихого океана, а спустя некоторое время большинство живых морских ресурсов других районов Мирового океана также стали объектами чрезмерной эксплуатации. Развитие экспедиционного промысла породило новые проблемы, поскольку большинство промысловых концентраций в Мировом океане уже подвергались интенсивной эксплуатации и находились под контролем.

Пока существовали резервы в виде недоиспользуемых объектов промысла, страны, вновь вступающие в рыболовство, воздерживались от ведения промысла в интенсивно эксплуатируемых районах. По мере того как количество запасов сокращалось, а число рыбодобывающих стран увеличивалось, при разработке современных схем управления потребовалось учитывать не только деятельность традиционных участников промысла, но и стремление развивающихся государств к созданию собственного промышленного рыболовства.

К началу 70-х гг. эксплуатация большинства морских рыбных ресурсов достигла максимального уровня, а запасы целого ряда видов были уже истощены или полностью уничтожены. Помимо споров, связанных с промысловой конкуренцией, многие конфликты были вызваны порочной практикой использования ресурсов. 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. Этот новый подход должен не только выходить за рамки простого регулирования промыслов с целью обеспечения полноценного воспроизводства ресурсов, но и включать изучение причин избыточных капиталовложений, избыточной мощности флота, экономических потерь и нерационального использования ресурсов. Последнее должно касаться целесообразности переработки живого сырья, производства данного вида продукции и ее качества.

Управление рыболовством связано с необходимостью принятия решений относительно количества и типов судов (промысловое усилие), вида используемого промыслового вооружения (ограничения типов орудий лова, размеров и формы ячеи), величины разрешаемого улова (квоты), времени и места промысла (ограничения по районам и срокам), назначения и использования уловов.

При переходе к смешанному промыслу на фоне интенсификации рыболовства подход к оценке состояния запасов и управлению оставался исключительно одновидовым из-за сложности установления межвидовых связей. Помимо этого, все концепции и методы управления концентрировались главным образом на экспедиционном промысле, охватывающем виды и географические районы со сравнительно низким уровнем эксплуатации.

Традиционные методы управления базировались в основном на теоретической посылке о долгосрочной стабильности ресурсов. В этих условиях систему эксплуатации можно было бы уравновесить расходами, связанными с промыслом, и стоимостью уловов. Проблемы управления, таким образом, могли быть сведены к определению уровня промыслового усилия там, где это возможно, для достижения поставленных целей и сохранению этого уровня, несмотря на постоянный рост эффективности промысла.

## **1.2. Международные организации**

На современном этапе деятельность международных организаций осуществляется по следующим основным направлениям, типичным почти для всех рыбохозяйственных организаций [18].

1. Прежде всего организации устанавливают правила промысла определенных видов гидробионтов в конкретных частях конвенционного района. Установленные комиссиями правила ведения промысла распространяются на весь конвенционный район или его часть, ограниченную определенными географическими координатами. В последние годы для большинства международных организаций характерно дробление конвенционных районов на подрайоны, зоны, секторы и единицы управления. Наряду с этим в организациях усиливается тенденция к уточнению географического распределения запасов для обеспечения научно обоснованного управления промыслом.

2. Страны, суда которых ведут или планируют вести промысел в конвенционных районах, имеют возможность участвовать в системе международного регулирования рыболовства, учрежденной соответствующей международной организацией.

3. Разрабатываемые международными организациями конкретные правила регулирования промысла, направленные на сохранение и рациональное использование морских живых ресурсов, основаны на итогах научных исследований, проводимых самой организацией, другой организацией по ее поручению или учеными стран-участниц данной организации. Именно такие исследования и позволяют определить результаты воздействия промысла на состояние запасов и выработать действенные меры, направленные на их рациональную эксплуатацию.

4. При создании каждой международной организации в ее учредительном документе строго регламентируются права и обязанности всех ее членов, характер мероприятий, проводимых этой организацией для сохранения запасов, и порядок осуществления на практике совместно принятых правил ведения промысла.

5. Все члены международных рыбохозяйственных организаций должны выполнять рекомендации по управлению, разрабатываемые этой организацией (за исключением случаев, специально предусмотренных в ее уставе). При необходимости в рамках организации могут быть установлены и формы международного контроля.

6. С учетом ухудшения в ряде конвенционных районов состояния основных промысловых запасов, связанного с повышением интенсивности промысла, большинство международных организаций устанавливают меры регулирования промысла с целью обеспечения нормального воспроизводства запасов. При распределении общего допустимого улова (ОДУ) между членами данной организации на практике происходит пропорциональное снижение квот для всех стран-участниц с целью соблюдения ОДУ, рекомендованного на научной основе. Этим достигается соразмерность снижения уловов каждой страны в целях обеспечения восстановления запасов.

Наиболее важными элементами управления должны быть следующие [18]:

– выработка государствами в рамках международной организации эффективных мер по регулированию рыболовства, в частности определение общих квот вылова и их распределение между заинтересованными государствами, ограничение интенсивности рыболовства, учреждение взаимного контроля за надлежащим выполнением правил морского промысла;

- заключение международных конвенций по сотрудничеству государств в морском рыболовстве, которые предусматривали бы осуществление государствами и международными организациями необходимых мер по рациональному использованию живых морских ресурсов, охране промысловых районов от загрязнения;
- расширение полномочий международных организаций как по совершенствованию действующих, так и по выработке новых правил промысла;
- учреждение международного контроля за надлежащим выполнением правил рыболовства;
- принятие совместных мер по воспроизводству морских биологических ресурсов.

Применение конкретных методов управления определяется состоянием запасов, способами ведения промысла, возможностью осуществления контроля и ролью того или иного промысла для стран-членов организации. В практике деятельности международных организаций можно выделить ряд наиболее часто используемых методов управления, а именно:

1. Охрана маломерных и неполовозрелых рыб. Для этого международные организации определяют минимальный разрешенный для промысла размер рыб и других промысловых объектов (промысловую меру), устанавливают минимальный размер ячеи для тралирующих и других сетных орудий лова или минимальный размер крючков при лове ярусами, вводят запрет на промысел в определенных районах или на определенные сезоны, где имеются скопления маломерной и неполовозрелой рыбы.

2. Ограничение промыслового усилия, которое производится либо прямым ограничением максимального размера улова за счет квотирования, либо косвенным путем – установлением закрытых сезонов, закрытых районов или ограничением видов и размеров промыслового вооружения, вспомогательного оборудования и всего промыслового флота.

3. Проведение мероприятий по обеспечению воспроизводства рыбных ресурсов, таких как наложение запрета на промысел в зонах размножения, в период нереста, а также на путях миграций рыб к местам нереста, охрана и улучшение состояния естественных нерестилищ, дифференцированный промысел особей разных полов для установления желаемого соотношения самцов и самок в популяциях с целью обеспечить в дальнейшем нормальное воспроизводство запасов.

4. Проведение мероприятий по улучшению видового состава рыб и увеличению запасов живых морских ресурсов, включая интродукцию новых видов и искусственное разведение ряда ценных рыб.

Следует отметить, что в ряде организаций действующая практика управления зачастую подвергается критике. Много проблем возникает из-за неточности научных рекомендаций, трудностей в планировании, неопределенности целей всего процесса. Предполагается, что проблемы можно решить путем простых улучшений современных методов управления и проведением ряда организационных мероприятий в научных учреждениях.

В качестве примера современного подхода международной организации к управлению и связанным с ним трудностям представляет интерес деятельность органов Комиссии по сохранению морских живых ресурсов Антарктики (АНТКОМ) [18].

Существует концепция о том, что антарктическая экосистема относительно проста или хотя бы проще, чем другие. Пищевая цепь в ней короткая: фитопланктон – криль – потребители криля. Основное пищевое звено – криль, который является основной пищей для усатых китов, ластоногих, морских птиц, рыб и кальмаров. Существует, однако, ряд проблем, связанных с оценкой последствий взаимодействия элементов экосистем, несмотря на кажущуюся их простоту. В настоящее время АНТКОМ признает, что антарктическая морская система является гораздо более комплексной, чем считалось ранее. Происходят изменения в понимании специалистами взаимосвязей между морскими организмами, в особенности на низших уровнях экосистемы.

В научных исследованиях используется понятие «антарктическая экосистема», однако ссылки на другие понятия, такие как «районы управления», «полузамкнутые системы», «закрытые подсистемы», «географические компоненты», «пелагическая экосистема моря Росса», подразумевают согласие с тем, что вся антарктическая экосистема подразделяется на замкнутые или полузамкнутые системы. Например, анализ распределения антарктических морских живых ресурсов в связи с условиями окружающей среды указывает на возможность установления двух отдельных биологических сообществ: сообщества открытого моря и сообщества района паковых льдов.

Общеизвестно, что основной ограничивающий фактор в пределах экосистемы – это наличие пищи. Криль является постоянным источником пищи основных промысловых ресурсов антарктической экосистемы (рис. 2). Поэтому колебания численности криля оказывают прямое воздействие на промысловую деятельность в регионе.

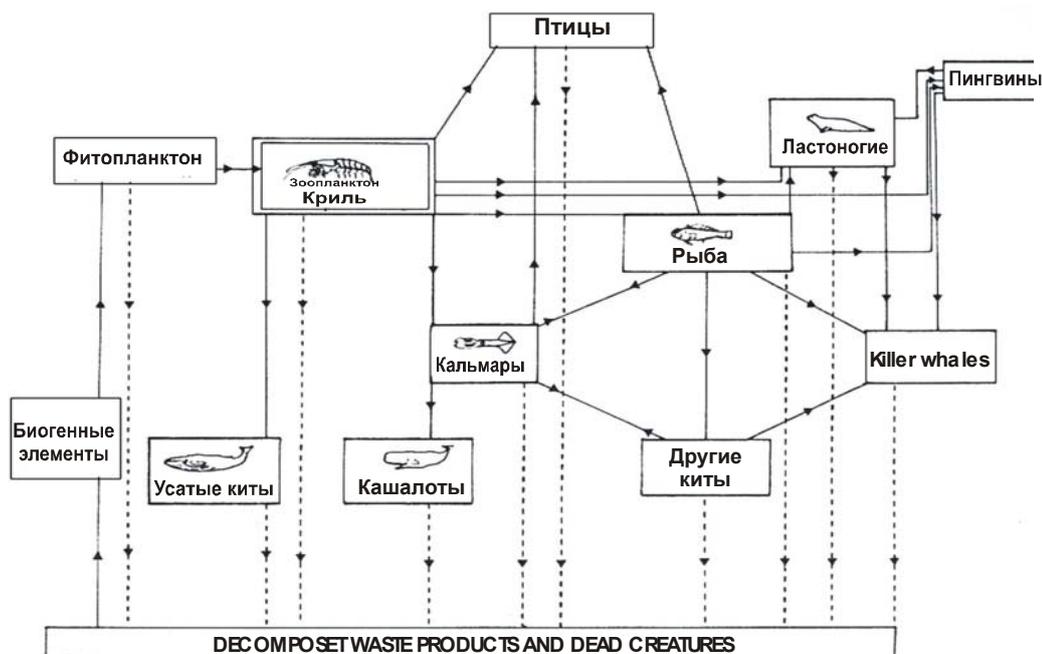


Рис. 2. Пищевая цепь Антарктики с ключевой позицией в ней антарктического криля (по O'Sullivan)

Имеются три основных предположения относительно современного состояния морской экосистемы Антарктики:

- в результате сокращения запасов усатых китов запасы криля увеличились;
- в связи с ростом запасов криля возросли численность и активность питающихся крилем видов, не являющихся объектом промысла;
- в результате этого изменился состав сообществ, населяющих экосистему.

Таким образом, сложилась ситуация, когда подлежащая управлению антарктическая экосистема подверглась существенным изменениям, а имеющаяся у ученых информация о последствиях подобных изменений недостаточна для того, чтобы дать количественную оценку последствий возможных действий по управлению.

Для достижения целей управления, предусмотренных Конвенцией о сохранении морских живых ресурсов Антарктики, АНТКОМ предлагает два возможных подхода: пассивный и активный.

Пассивный подход заключается в полном прекращении всякого промысла. Существует гипотеза, что такой пассивный подход мог бы привести антарктическую экосистему к состоянию, в котором она находилась до начала промысла, или же к консервации экосистемы на настоящем уровне, или же к сохранению ее с теми изменениями, которые могли бы произойти под влиянием естественных факторов. Однако известно, что *вполне возможно существование более одного стабильного состояния экосистемы. Однажды нарушенная экосистема необязательно должна возвратиться к своему первоначальному состоянию даже в случае прекращения любой эксплуатации.*

Активный подход допускает промысел определенных видов. В АНТКОМ рассматриваются следующие варианты активной стратегии управления:

- только ограниченный промысел криля;
- только активный промысел криля;
- ограниченный (или нулевой) промысел криля + допустимая добыча тюленя-крабоеда;
- активный промысел криля + допустимая добыча тюленя-крабоеда;
- ограниченный (или нулевой) промысел криля + допустимая добыча тюленя-крабоеда + допустимая добыча китов (малых полосатиков).

Комиссией были рассмотрены возможные результаты воздействия на экосистему каждого из вышеизложенных вариантов управления, в результате чего был сделан вывод о том, что последствия для видов, питающихся крилем (в случае его промысла), будут зависеть от самих видов и их биологии. Основная сложность подобного подхода заключается в том, что сейчас нет достаточных данных для количественной оценки взаимосвязи между различными компонентами пищевой цепи, в которой доминирует криль. Не имея дополнительной информации, Комиссия пока не смогла разработать конкретную стратегию управления промыслом криля и видов, питающихся крилем, и в этой связи предложила в качестве первоочередной задачи управления провести мониторинг.

В последнее время возникла срочная необходимость расширения функций экологического мониторинга вплоть до его превращения в экологическую службу, включающую в себя систему наблюдений, анализа и прогноза не только состояния окружающей среды, но и состояния эксплуатируемых природных ресурсов, а также их утилизации.

Для деятельности АНТКОМ представляется чрезвычайно важной организация системы контроля природной среды, ее непрерывных изменений и определение тенденций к изменениям. Это необходимо как для незамедлительных практических действий (уменьшения или даже прекращения антропогенного воздействия), так и для планирования на длительную перспективу. Задачей Комиссии в этой связи является учет как естественных процессов, так и тех, которые вызваны человеческой деятельностью и, накладываясь на естественные процессы, способны даже усиливать их. Управление на научной основе природопользованием и контроль качества среды являются важной прерогативой АНТКОМ. С помощью мониторинга Комиссия надеется выявить наиболее подверженные отрицательному воздействию элементы экосистемы.

По мнению Научного комитета АНТКОМ, мониторинг криля даст полезную информацию о состоянии зависимых от него видов и таким образом будет способствовать расширению знаний о всей экосистеме Антарктики. При этом Комиссия указывает на ряд следующих проблем, связанных с исследованием изменения численности криля:

- этот объект распространен на очень обширной территории антарктических вод (конвенционного района АНТКОМ);
- его очаговое распространение создает проблемы для взятия проб;
- характерные для криля циркуляционные миграции усложняют оценку его численности;
- нет достаточных знаний физических и биологических факторов, влияющих на динамику популяций криля.

С учетом этих и иных трудностей в качестве метода мониторинга экологических взаимодействий специалистами АНТКОМ было предложено использование видов-индикаторов. Идеальные виды-индикаторы должны соответствовать следующим требованиям:

- быть хищниками, жертвами или конкурентами антарктического криля;
- обитать в районах, где обнаружен криль и где ведется его промысел;
- быть чувствительными к изменениям численности криля, но относительно безразличными к естественным изменениям физических условий окружающей среды;
- иметь относительно короткий период реакции на изменения;
- иметь численность, которая может относительно просто измеряться в доступных для исследования районах обитания.

Некоторые специалисты (члены Научного комитета АНТКОМ) полагают, что для практического использования подобные виды-индикаторы должны часть времени обитать на суше, чтобы облегчить мониторинг, и реагировать на снижение объема источников пищи аналогично морским хищникам. В качестве возможных видов-индикаторов были предложены тюлень-крабоед, южный морской котик, пингвин Одели и др.

Комиссия пришла к предварительному соглашению относительно ряда мероприятий, которые в совокупности могли бы составить план действий по управлению на ближайшие годы:

- сбор промысловых и научных данных;
- разработка и практическая проверка моделей;
- планирование и осуществление экспериментального промысла;
- разработка программы мониторинга и начало ее реализации в отношении зависимых и родственных видов.

В дальнейшем, в процессе реализации этого плана, Комиссией достигнут определенный прогресс в сборе промысловых данных и их научной обработке. Однако, по мнению ряда специалистов, возникла острая потребность в разработке многовидовых моделей, для чего особенно важными являются три направления исследований:

- выбор важнейших компонентов системы;
- оценка размеров популяций и уровней роста для этих компонентов;
- проведение тщательно разработанных экспериментов, связанных с так называемым «нарушением стабильности».

Одно из условий эксперимента предусматривает наличие в районе исследований специальных контрольных зон, в которых не должна осуществляться никакая антропогенная деятельность. До начала проведения эксперимента в качестве промежуточной меры предлагается определить на основе одновидовых моделей так называемые «целевые уровни» для важнейших компонентов экосистемы. В этой связи предусматриваются следующие жесткие меры:

- сохранение промысла криля на достигнутом уровне, принятом за максимум;
- принятие соответствующей программы контролируемой добычи тюленей-крабоедов;
- проведение мониторинга популяций других потребителей криля параллельно с искусственным сокращением численности тюленя-крабоеда;
- сведение к минимуму промысла рыбы.

В связи с использованием видов-индикаторов было предложено разработать широкую программу, на которой должны основываться решения, связанные с управлением. Для этого необходимо принять ряд мер по созданию сети мониторинга и базы данных, а именно:

- провести консультации ученых по осуществлению мер, связанных с планированием и координацией мониторинга;
- провести оценку имеющихся базисных данных и разработать проекты деятельности по сбору данных в районах проведения мониторинга;
- начать мониторинг выбранных в качестве индикаторов видов.

Несмотря на спорность научных концепций по решению ряда вопросов, связанных с мониторингом экосистемы, результаты работы АНТКОМ, которые все же были достигнуты, свидетельствуют о желании всех стран-членов этой международной организации развивать широкие комплексные научные исследования в Антарктике.

Примером реальной деятельности АНТКОМ по управлению рыболовством в Антарктике может служить введение системы документации уловов клыкача [30]. Большой интерес к промыслу клыкачей (патагонского и антарктического), вызванный их необычайно высокими потребительскими качествами и ценами на международном рынке, потребовал определенных мер по их сохранению. Введение этой меры связано с начавшимся нерегулируемым и нелегальным промыслом в зоне действия Конвенции «О сохранении морских живых ресурсов Антарктики». Чрезмерная интенсивность изъятия привела к существенному истощению запасов клыкача и сокращению популяций морских птиц (буревестников и альбатросов).

В течение последних трех лет АНТКОМ ввела в действие ряд мер по сохранению запасов клыкача, в том числе требование к государствам флага лицензирования всех судов, ведущих промысел клыкача; конкретные меры по сохранению водных биоресурсов, устанавливающие лимиты вылова для промысла всех видов рыб в зоне действия Конвенции; обязательную систему мониторинга судов (СМС); портовую инспекцию выгрузок и перегрузок рыбопродукции; маркировку судов и орудий лова.

Однако по прошествии некоторого времени выяснилось, что эти меры оказались недостаточно эффективными. На 18-й сессии АНТКОМ ввела в качестве дополнительного средства предотвращения угрозы сохранения запасов клыкача систему документации его уловов.

Целью введения этой системы являются: мониторинг международной торговли клыкачом; определение происхождения клыкача, импортируемого или экспортируемого государствами – членами АНТКОМ; определение того, был ли клыкач выловлен в соответствии с действующими мерами по его сохранению; сбор данных об уловах с целью научной оценки запасов.

Все выгрузки, перегрузки и экспорт-импорт государствами – членами АНТКОМ должны сопровождаться заполненной специальной формой регистрации уловов. В ней указываются информация, относящаяся к объему и месту вылова, название судна и государство флага. Система документации вводится с 4 мая 2000 г. и к ней может присоединиться любое государство.

В соответствии с системой документации уловов клыкача контролирующие импорт власти государства – члена АНТКОМ должны требовать, чтобы все импортируемые партии клыкача сопровождалась документами о добыче. Этот документ регистрации уловов будет выдаваться государством флага своим судам, которым разрешено вести промысел в зоне действия Конвенции АНТКОМ. Государство флага по получению запроса от промыслового судна определяет, соответствуют ли предназначенные к выгрузке или перегрузке рыбопродукты разрешению на осуществление промысла, и при положительном результате выдает соответствующее подтверждение. По завершении выгрузки (перегрузки) документ подписывается официальным должностным лицом порта выгрузки. Получатель рыбопродукции также обязан подписать этот документ, указав в нем количество полученной рыбы.

В случае перегрузки капитан судна-получателя груза подписывает форму регистрации улова, представленную капитаном промыслового судна. При выгрузке продукции с судна, на которое была перегружена партия клыкача, официальное лицо порта своей подписью подтверждает количество предназначенного к выгрузке клыкача на каждой форме регистрации улова, представленной капитаном промыслового судна капитану судна-получателя груза.

Подлинники этого документа должны возвращаться государству флага промыслового судна, а затем копия формы направляется в секретариат АНТКОМ. Выданные каждому получателю копии этого документа остаются у них для последующих сделок, включая экспорт и импорт.

Несмотря на то что управление рыболовством в открытых районах Мирового океана в широком плане можно характеризовать как динамичный процесс, связанный с охраной, воспроизводством и использованием морских биологических ресурсов, направленный на получение максимальных выгод для мирового сообщества, анализ результатов работы ряда международных организаций в конвенционных районах свидетельствует о том, что эта деятельность пока еще не отвечает требованиям, предъявляемым к управлению в классическом его понимании, и далека от совершенства.

По мнению специалистов, некоторые причины неэффективной работы международных организаций в деле управления лежат на поверхности, как-то:

- неадекватная политика в области управления, проводимая МПРО, и нечетко определенные цели управления;
- противоречия в деятельности государств – членов МПРО – в конвенционных районах;
- несоответствующая квалификация некоторых специалистов, участвующих в работе организаций, и отсутствие необходимого опыта;
- низкая эффективность промысла в ряде конвенционных районов;
- слабый контроль за исполнением решений, принятых МПРО;
- неполная статистика;
- высокая стоимость управления и т. д.

Многие неудачи в области управления рыболовством возникают из-за отсутствия своевременной, полноценной и достоверной информации о состоянии запасов. Всеобъемлющий анализ методов, которыми осуществляется управление в настоящее время, мог бы дать заключение относительно следующих факторов:

- трудностей, с которыми чаще всего сталкиваются МПРО при достижении приемлемого компромисса между часто противоречивыми целями в процессе разработки или осуществления мер управления;
- средств улучшения административных и статистических структур, а также технических, научных и административных знаний, требуемых для более эффективного управления рыболовством;
- преимуществ и проблем, связанных с большим вовлечением всех стран – членов МПРО – в разработку и осуществление мер управления;
- основных направлений и принципов улучшения управления, которые могли бы способствовать в будущем разработке МПРО четкой стратегии управления в конвенционных районах.

Конвенция ООН по морскому праву заложила юридическую основу пользования живыми ресурсами океанов. Однако еще существует круг важных проблем, требующих своего решения. В частности, к ним относятся: превышение квот, недостаточный контроль за сохранностью водных ресурсов, чрезмерная мощность рыболовного флота, нелегальный и неучтенный вылов.

Направления деятельности департамента рыболовства ФАО на 2000–2001 гг. определяются недавно принятой Стратегической методикой ФАО. Однако руководящим документом при осуществлении программы будут Правила ресурсосберегающего рыболовства (Code of Conduct for Responsible Fisheries). Эти правила, в той или иной степени затрагивающие все стороны деятельности в рыболовстве, фиксируют следующие важнейшие основополагающие принципы и подходы для сохранения и пользования ресурсами, а также развития рыболовного сектора\*:

1. Повышение вклада ресурсосберегающего рыболовства и аквакультуры в мировые запасы продовольствия (Тезисы Программы деятельности Департамента рыболовства ФАО на 2000–2001 гг.)

*Рыболовство на внутренних водоемах и аквакультура.* Важнейшие направления работы в этих сферах следующие: предотвращение разрушения и возрождение естественной среды обитания пресноводных видов; интенсификация производства этих видов предприятиями аквакультуры; совершенствование технологии разведения креветок, внедрение экологических методов; производство посадочного материала, переселение видов из одних стран в другие; совершенствование генетического материала; оценка экономических потерь, разработка показателей надежности аквакультурного производства и создание информационных систем.

*Морское рыболовство и окружающая среда.* К первоочередным задачам относятся: разработка информационных систем по отдельным видам; содействие и координация научных иссле-

---

\* По материалам журналов «Eurofish», № 6, 1999 г. и «Рыбное хозяйство», 2000, № 2.

дований; сохранение биологического разнообразия ресурсов; развитие методов прогнозирования; мониторинг мировых ресурсов; альтернативные подходы к пользованию ресурсами; оценка влияния окружающей среды (включая природные факторы) на рыболовную деятельность.

*Выбраковка, прилов и отходы.* В Программу включены такие аспекты, как получение более полной информации о процентном соотношении и видовом составе отходов и прилова; поиск путей снижения их количества; изучение проблем гибели морских птиц и выработка национальных мер по предотвращению гибели морских птиц в результате промысла; изучение рыночных возможностей утилизации прилова.

*Недостаточно используемые и малоценные запасы.* В качестве наиболее актуальных вопросов рассматриваются: изучение экономически выгодных технологий; приспособление конструкции судов к переработке уловов на борту; разработка методов перегрузки, хранения и обработки недостаточно используемых и малоценных видов; анализ перспективности продуктов на рынке из отдельных недостаточно используемых видов и малоценных уловов.

*Потребление, безопасность и качество рыбных продуктов.* Деятельность департамента рыболовства ФАО будет направлена на определение факторов риска, связанных с рыбными продуктами; обеспечение безопасности рыбной продукции и выявление зон контроля качества; установление новых параметров безопасности пищевых продуктов в соответствии с требованиями Всемирной торговой организации, касающимися оценки факторов риска для продуктов питания.

*Международная торговля рыбой и рыбопродуктами.* В этой области главными направлениями являются: создание сети, расширение банка данных GLOBEFISH и оказание помощи выполняющему функцию международных органов ФАО для Единого фонда товарных групп.

2. Содействие эффективному и ответственному управлению в рыболовном секторе, направленному на поддержание ресурсов на мировом, региональном и национальном уровнях.

*Содействие соблюдению Правил ресурсосберегающего рыболовства.* Деятельность ФАО предусматривает: отчеты международных и региональных организаций о претворении в жизнь Правил; обслуживание веб-сайта в Интернете; управление рыболовством на региональном уровне, развитие рыболовства в малых развивающихся островных государствах и региональных отделений по претворению в жизнь положений Правил.

*Прибрежное рыболовство и рыболовство с использованием малых судов.* Деятельность будет направлена на изыскание простых, используемых на местах систем для сбора и анализа информации; привлечение заинтересованных лиц к инвестированию; определение промысловых возможностей и осуществление наблюдения; организацию заочных учебных курсов по управлению; создание базы данных по демографическому составу населения прибрежных районов; осуществление программ безопасности морских работ, микрокредитования и взаимного страхования; инспектирование и сертификацию малых рыболовных судов; обеспечение безопасности перед угрозой катастроф и смягчение их последствий, контроль над работой на пристанях.

*Анализ экономической и социальной политики.* Программа деятельности предусматривает: всестороннее изучение промысловых возможностей, субсидий, вариантов пользования запасами проходных рыб; биоэкономический анализ и создание систем информации о сохранности ресурсов для промышленного рыболовства и аквакультуры.

3. Мониторинг и стратегический анализ рыболовства и аквакультуры с целью обеспечения надежной основы для планирования производственных возможностей, тенденций изменения ресурсов и результатов рыболовной деятельности.

*Информация о ресурсосберегающем рыболовстве, аквакультуре и торговле.* Главные задачи здесь – развитие мировой информационной системы по рыболовству и статистике, включая сбор данных и распределение ресурсов; создание библиографической базы данных в виде реферативного журнала по рыболовству и наукам, изучающим водные организмы; содержание библиотеки с целью содействия научно-исследовательской деятельности и анализу политики в области рыболовства и аквакультуры, а также выпуск Атласа мирового рыболовства на CD-ROM.

*Глобальный анализ экономических и социальных тенденций.* Департаменту рыболовства ФАО предстоит подготовить обзоры мирового состояния морских и внутренних рыбных ресурсов, разработать систему показателей сохранности ресурсов и принять участие в организации конференции «Состояние мирового рыболовства и аквакультуры».

Основная проблема мирового рыболовства и аквакультуры заключается в существующем дисбалансе между спросом на рыбу и рыбопродукты и их предложением. Необходимо в сравнительно недолгие сроки ликвидировать такое несоответствие. В планы департамента рыболовства

входит разработка двухгодичных программ в соответствии с концепциями стратегической методики ФАО и Правилами ресурсосберегающего рыболовства.

Дальнейшая деятельность департамента рыболовства ФАО будет по-прежнему подчинена в первую очередь обеспечению сохранности ресурсов рыболовства и аквакультуры при их длительном использовании и реализации главной цели – безопасности продуктов питания. Это потребует усовершенствования политики и управления в области рыболовства и аквакультуры, особенно на национальном и региональном уровнях, а также упрочения связей между регулирующими органами, рыболовецкими объединениями, частным сектором, неправительственными организациями, центрами профессионального усовершенствования и другими международными организациями. Развитие интегрированных и взаимодействующих систем будет содействовать достижению систематизации, осуществлению наблюдения и наращиванию производственных мощностей.

### **1.3. Международные документы, законодательные акты и правила**

Во всем мире рыболовство подчинено принципу предосторожного подхода. Он гласит: прежде чем заниматься рыболовством, нужно принять комплекс организационных, биологических, финансовых и юридических мер, с тем чтобы не заниматься переловом. «Мы должны знать, сколько вылавливается краба буквально поштучно, с тем чтобы сохранить популяцию» [21].

Предосторожный подход был впервые зафиксирован в Рио-де-Жанейро в 1992 г. на конференции ООН по окружающей среде и ее развитию. В итоговых документах этой конференции записано, что вся природоресурсная деятельность человека должна быть подчинена предосторожному подходу. Сегодня он стал принципом всего международного права. Предосторожный подход нашел применение в Соглашении 1995 г. о трансграничных рыбных запасах и далеко мигрирующих видах. Каждый промысловый объект должен быть защищен своим законом, системой охраны. Должны быть разработаны и приняты отдельные законы о морских млекопитающих, лососях, осетровых; законы, которые специально регламентируют промысел белой рыбы (трески, палтуса, окуня и др.).

Исключительная экономическая зона (200-мильная ИЭЗ) в СССР установлена УП ВС СССР от 28.02.1984 г. Конвенция ООН по морскому праву 1982 г. ратифицирована Россией в 1995 г.

Федеральный закон «Об исключительной экономической зоне Российской Федерации» вступил в силу 21.12.1998 г. Он состоит из 44 статей и регламентирует порядок использования живых и неживых ресурсов, проведения ресурсных и морских научных исследований, защиты и сохранения морской среды, а также деятельность органов охраны ИЭЗ РФ. Законом закреплено право на выдачу разрешений на промысел живых ресурсов ИЭЗ за Правительством РФ – полномочным собственником живых ресурсов ИЭЗ РФ. Закон об ИЭЗ подробно определяет компетенцию федеральных органов государственной власти (Президент, Федеральное собрание и Правительство России). Эти органы разрабатывают и совершенствуют законодательство об ИЭЗ; определяют стратегию изучения и промысла живых ресурсов, их поиска, разведки и разработки; устанавливают формы сохранения и защиты морской среды; определяют общий допустимый улов по районам вылова и видам живых ресурсов с указанием районов их добычи на основе современных научных данных и действующих международных соглашений. Полномочия Центра распространяются на порядок использования живых ресурсов, выдачу лицензий, разработку и установление правил и норм рационального использования, сохранения и воспроизводства биоресурсов, внесение запретов и ограничений на использование живых ресурсов. Федеральные органы исполнительной власти (ФОИВ) устанавливают системы платежей, определяют размеры, условия и порядок взимания платы за использование биоресурсов ИЭЗ. Эти органы разрабатывают и внедряют системы наблюдения и контроля за рыбопромысловой деятельностью в ИЭЗ; заключают и исполняют международные договоры в отношении ИЭЗ и деятельности в ней (на основании Федерального закона «О международных договорах РФ» 1995 г.). В законе дается полный перечень видов использования живых ресурсов и методы их правового регулирования (ст. 8): вылов (добыча) живых ресурсов в научно-исследовательских и контрольных целях для оценки состояния их запасов и для определения ОДУ; вылов живых ресурсов для их воспроизводства и акклиматизации; вылов в учебных и культурно-просветительских целях; разведка и промысел живых ресурсов; искусственное воспроизводство, а также любительский и спортивный лов. В Законе подробно определена процедура предоставления права на использование живых ресурсов. Преимущественное право на эту деятельность закреплено за представителями коренных малочисленных народов и этнических

общностей Севера и ДВ, за российскими заявителями, осуществляющими морские научные исследования и мероприятия по искусственному воспроизводству живых ресурсов, а также за теми, кто ведет промысел в целях поставки продукции для федеральных и региональных нужд. Иностранцы могут использовать живые ресурсы в научных, промысловых и других целях только в соответствии с международными договорами РФ и лишь после удовлетворения всех заявок российских рыбаков при условии, что те не имеют возможности освоить ОДУ заявленных видов в конкретных промысловых районах. Закон устанавливает основания для отказа в выдаче лицензии на промысел. Правительством могут вводиться ограничения на выдачу лицензии на промысел живых ресурсов (в частности, если речь идет о дефицитных видах или видах, запасы которых значительно подорваны, а также трансзональных видах). Отчетные материалы должны включать сведения об объемах вылова, сроках, видах и районах промысла; о количестве, качестве и видах живых ресурсов и продукции из них, выгруженных или погруженных как на другие суда, так и в иностранных портах. Эти сведения должны направляться в Госкомрыболовства (ныне – Федеральное агентство по рыболовству РФ), ФПС, ГТК, МНС и федеральный орган исполнительной власти по валютному и экспортному контролю. Закон предусматривает основания для принудительного прекращения промысла (ст. 13). Решение о прекращении промысла (аннулировании лицензии) может принять только Федеральное агентство по рыболовству РФ, о приостановлении промысла – ФПС. Закон регламентирует порядок проведения ресурсных и морских научных исследований.

Закон об ИЭЗ устанавливает лишь принципиальные (базовые) основы рационального использования живых морских ресурсов. Многие его положения не содержат процессуальных норм или носят отсылочный характер. Для того чтобы данный закон эффективно работал, правительству, Федеральному агентству по рыболовству РФ и ФПС необходимо утвердить более 20 нормативных правовых актов. В противном случае применение закона лишь усложнит общественные отношения по поводу эксплуатации водных биоресурсов в 200-мильной исключительной экономической зоне Российской Федерации [20, 21].

Подробнее ознакомиться с упомянутыми здесь и другими правовыми документами, касающимися рыболовства, вам поможет «Сборник нормативно-правовых актов, регламентирующих рыбохозяйственную деятельность в Российской Федерации» [137].

Дополнения к соответствующим правовым документам в виде приказов и постановлений Правительства РФ публикуются в отраслевом журнале «Рыбное хозяйство». В качестве примера приведем один из приказов Госкомрыболовства за 2000 г., имеющий важное значение для рыбопромысловой деятельности.

## **ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ ПО РЫБОЛОВСТВУ**



### **ПРИКАЗ**

**13 января 2000 года**

**Москва**

**№ 6**

### **О внесении изменений и дополнений в Правила рыболовства в водоемах Дальнего Востока для ведения промысла в 2000 году**

В целях рационального использования рыбных запасов в соответствии с обоснованиями научно-исследовательских институтов Дальневосточного бассейна и ВНИРО, по согласованию с Госкомэкологии России приказываю:

1. Внести следующие изменения и дополнения в статьи 6.3, 7.6, 10.5, 12.5, 13.2, 14.1, 14.2, 14.3 «Правил ведения промысла в экономической зоне, территориальных водах и на континентальном шельфе СССР в Тихом и Северном Ледовитом океанах для советских промысловых судов, организаций и граждан»:

ст. 12.5. – после слов «донные тралы» поставить запятую и внести «а с 1 июля 2000 года разноглубинные тралы без селективной вставки с квадратным расположением ячей, устанавливаемой между мотенной частью и траловым мешком».

Председатель Комитета

Ю.П. Синельник

#### 1.4. Обмен информацией

Большие надежды в повышении эффективности управления рыболовством в открытых районах Мирового океана возлагаются на внедрение спутниковых систем мониторинга рыболовных судов (ССМС). В ряде стран уже проведены опытные испытания таких систем и получены обнадеживающие результаты.

Комиссия по сохранению живых ресурсов Антарктики также сделала первые шаги в данном направлении. Австралия, Новая Зеландия, США и Южная Африка согласились отслеживать суда, работающие под их флагами в Антарктике, с помощью ССМС. На очередной сессии АНТКОМ было принято обращение ко всем другим государствам – членам АНТКОМ – последовать за инициативой этих стран.

По мнению специалистов, ССМС лучше других методов и средств мониторинга обеспечивают выполнение требований Конвенции ООН по морскому праву от государств флага осуществлять постоянный контроль за своими судами во всех районах Мирового океана (рис. 3). Внедрение ССМС также увеличивает возможность государств контролировать выполнение положений собственных правил рыболовства, таких как лицензирование рыболовной деятельности, квотирование, ограничение доступа или закрытие промысловых районов и т. д. [128].

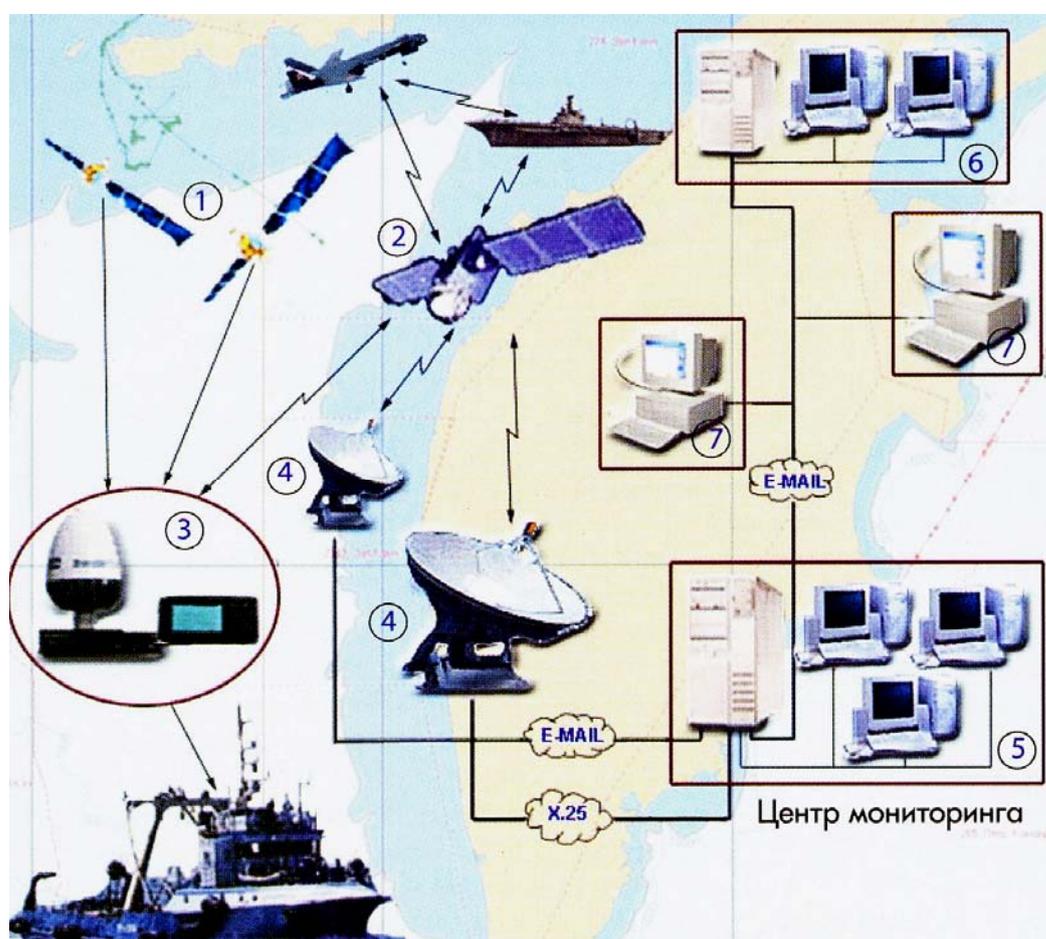


Рис. 3. Система мониторинга рыболовства [128]:

- 1 – навигационный спутник NAVSTAR; 2 – спутник связи Inmarsat-C; 3 – станция спутниковой связи Inmarsat-C/GRS;
- 4 – береговая земная станция (БЗС) спутниковой системы Inmarsat;
- 5 – локальная сеть центра мониторинга рыболовства; 6 – локальная сеть пользовательского информационного узла;
- 7 – рабочая станция пользователя

Одно из направлений получения океанографических данных – обмен уже полученной информацией между океанографическими центрами. Важным органом, занимающимся развитием координации международных программ в области изучения океана и содействующим национальным океанографическим службам, является Международная океанографическая комиссия (МОК), учрежденная ЮНЕСКО в 1960 г. [63].

Особое значение МОК уделяет международному обмену океанографическими данными (МООД). В задачи системы МООД входят: обеспечение высокого качества океанографических данных; стандартизация форм и технологий сбора, архивации, контроля, обработки и распространения информации; подготовка каталогов данных национальных центров; обеспечение удобного доступа к океанографическим данным и результатам исследований по международным программам. Предметом обмена МООД являются проверенные «исторические» данные океанографических исследований. Параллельно под эгидой различных международных организаций действуют другие интернациональные системы и программы, в свою очередь развивающие систему центров сбора и обмена данными об океане. В ряде случаев функции таких центров выполняют одни и те же выделенные национальные или международные организации. Под эгидой МОК и Всемирной метеорологической организации (ВМО) развивается Объединенная глобальная система океанических служб (станций) – ОГСОС. По существу ОГСОС представляет собой международную программу обмена океаническими данными наблюдений в реальном масштабе времени, чем и отличается от МООД. Обе эти системы взаимодействуют между собой.

В настоящее время функционируют пять мировых центров данных об окружающей среде: в США (МЦД-А), России (МЦД-Б), Европе (МЦД-С и МЦД-С1), Японии и Индии (МЦД-С2), КНР (МЦД-Д). Эти центры имеют 47 субцентров по отдельным дисциплинам. В мировых центрах данных США, России и Китая есть субцентры по океанографии.

Ответственные национальные центры океанографических данных (ОНЦОД) подразделяются на центры, ответственные за сбор океанографических данных по отдельным программам исследований, регионам или видам наблюдений. На сегодняшний день действуют десять ОНЦОД:

- RNODC-SOC (South Ocean) на базе НЦОД Аргентины, ответственный за программы изучения Южного океана;
- RNODC for Drifting Buoys Data на базе НЦОД Канады (Marine Environmental Data Service – MEDS), ответственный за сбор сведений о течениях;
- RNODC for IGOSS (Integrated Global Ocean Services System) на базе НЦОД Японии, России и США. Он осуществляет сбор данных по программе ОГСОС по зонам ответственности: Россия – северная часть Тихого океана, к западу от 180°, Северная Атлантика, Северное, Балтийское и Средиземное моря; США – северо-восточная и южная части Тихого океана, Южная Атлантика, Арктический бассейн; Япония – Тихий и Индийский океаны;
- RNODC for MARPOLMON на базе НЦОД Японии, России и США – сбор сведений о загрязнении океанов и морей по зонам ответственности;
- RNODC – WESTPAC на базе НЦОД Японии – сбор океанографических данных по западной части Тихого океана;
- RNODC – WAVES на базе Морской информационной и консультативной службы Великобритании – сбор сведений о волнении, в том числе спутниковых альтиметрических данных;
- RNODC – JASIN на базе Морской информационной и консультативной службы Великобритании – сбор сведений по проекту изучения процессов взаимодействия океана и атмосферы;
- RNODC – FORMATS на базе центра данных службы ICES (International Council for the Exploration of the Seas; Копенгаген, Дания) – ответственный за разработку международных стандартов по форматам данных и одновременно являющийся региональным центром сбора данных по Северной Атлантике, Северному и Балтийскому морям;
- RNODC – ADCP (Acoustic Doppler Current Profiler) на базе НЦОД Японии – сбор сведений о дрейфе судов и течениях;
- RNODC – INDO на базе НЦОД Индии для сбора данных по специальным программам, таким как WOCE (World Ocean Circulation Experiment), и от системы ОГСОС.

Кроме того, в системе МООД существуют региональные центры с диспетчерскими функциями. Например, центр в Момбасе (Кения), созданный на базе Кенийского института морских и рыбных исследований, выполняет функции связи между НЦОД региона (Коморы, Эритрея, Мадагаскар, Мавритания, Мозамбик, Реюньон, Сейшелы, Танзания) с программами МОК по МООД, а также с мировыми центрами данных.

Национальные центры осуществляют сбор, обработку, контроль качества, учет, хранение, распространение и использование данных в соответствии с национальными нормами и правилами, а также отвечают за международный обмен данными в соответствии с принятыми международными нормами и правилами. В ряде стран, где нет собственных НЦОД, но которые стремятся участвовать в МООД, организуются национальные учреждения на базе научных организаций соответствующего профиля.

Со времени организации системы МООД число национальных центров и учреждений океанографических данных возросло в 1998 г. с 18 до 62. Такая тенденция отражает увеличение необходимости информации об океане для международной общественности.

Считается, что наибольшими информационными ресурсами в области океанографии обладают НЦОД США и России, выполняющие функции мировых центров данных.

В последние годы информация, подготовленная международным океанографическим сообществом, выпускается в виде компакт-дисков, распространяется среди стран – участников системы МООД и становится общедоступной. Кроме того, с расширением глобальных сетей телекоммуникации, в том числе Интернета, обмен информацией упростился.

К важнейшим специализированным океанографическим центрам (СОЦ) относятся:

- ПМСЛ – Постоянная служба среднего уровня моря на базе Бидстонской обсерватории (Бидстон, Великобритания), которая осуществляет сбор уровневых наблюдений в оперативном режиме;

- СОЦ системы ОГСОС по Тихому океану на базе Гавайского университета (Гонолулу, США) и на базе СОЦ Японии осуществляет сбор сведений об уровне океана;

- СОЦ по Южной Атлантике – на базе НЦОД Аргентины (зона ответственности – южнее 20° ю. ш.);

- СОЦ по Индийскому океану – на базе НЦОД Австралии.

К специализированным центрам по сбору отдельных видов информации и их анализу, в частности, относятся:

- Служба данных о морской среде (MEDS, Канада) – оперативные сводки термобатиграфных измерений и дрейфтеров;

- Национальный центр океанографических данных США – термобатиграфные данные и архив по программе WOCE;

- Флоридский государственный университет (США) – поверхностная метеорология и потоки на границе вода – воздух;

- Британский центр океанографических данных – уровенные наблюдения;

- Вудсхольский океанографический институт – подповерхностные течения;

- Национальный центр геофизических данных США – батиметрия;

- Орегонский государственный университет (США) – инструментальные наблюдения за течениями;

- Скриппсовский океанографический институт (США) – данные обрывных термозондов по Тихому океану;

- Гавайский университет (США) – оперативные сведения об уровне поверхности;

- Государственный институт морских исследований Франции (IFREMER) – термобатиграфные данные и морская соленость.

В состав важнейших российских ведомственных центров сбора океанографической информации, непосредственно или опосредованно через ВНИИГМИ-МЦД участвующих в обмене океанографическими данными, относятся ВНИИГМИ-МЦД Росгидромета с ЦОД, имеющим статус НЦОД России (г. Обнинск) и НИЦ ГосНИНГИ МО – ведомственный океанографический центр МО РФ.

Обмен океанографическими данными в СССР осуществлялся между ведомственными центрами. В настоящее время в рамках ФЦП «Мировой океан» при создании Единой системы информации об обстановке в Мировом океане планируется разработать необходимую правовую базу сбора, обмена и распространения океанографических данных.

Существующая международная система обмена океанографическими данными – важная часть международного сотрудничества в изучении океана. Эффективность ее функционирования в полной мере зависит от каждой страны-участницы и особенно от государств, обладающих мировыми центрами данных, к которым относится и Россия.

## **1.5. Контроль за соблюдением правил рыболовства в открытом море**

Конвенции и соглашения о рыболовстве, действовавшие в далеком прошлом, сочетали в себе как правило, безопасность ведения промысловых операций, рекомендации по применению орудий лова и контроль за соблюдением мер по сохранению живых морских ресурсов. Основываясь на исторических фактах, можно считать, что начиная со второй половины XIX в. рыболовство но-

сило не только регулируемый, но и контролируемый характер [58]. Однако эффективность мер по контролю за ведением промысла стала ощущаться лишь по прошествии века. Крупнейшие рыболовные державы пошли на заключение специальных соглашений по ограничению промысла в открытом море и на установление системы контроля за соблюдением правил рыболовства. Большое значение для теории управления рыбохозяйственной деятельностью имеет практика контроля за соблюдением правил рыболовства в северо-западной части Атлантического океана.

Развитие контроля за рыбным промыслом в СЗА осуществлялось в основном в рамках деятельности Международной комиссии по рыболовству в северо-западной части Атлантического океана (ИКНАФ).

Комиссия рассматривала вопросы осуществления инспекции в связи с введением правил по регулированию тралового промысла путем установления Схемы совместных обязательных мер (ССОМ вступила в силу в 1971 г.) по контролю за промысловыми судами и соблюдения ими установленных правил ведения тралового промысла.

В результате ИКНАФ закрепила право на ведение контроля за промыслом в конвенционном районе путем установления национальных и международных мер по обеспечению применения конвенции и действующих на ее основе правил, касающихся регулирования размеров ячеи и порядка ее измерения.

Позднее государства – участники ИКНАФ на основании ССОМ вырабатывали свои инструкции о порядке осуществления международного контроля национальными инспекторами, проверяющими иностранные суда в конвенционном районе.

Примерно с 60-х гг. прошлого столетия в СССР была создана и начала действовать система национального контроля за соблюдением правил рыболовства в открытом море. Первые опыты применения системы осуществлялись в бассейне Тихого океана.

При обсуждении основных принципов, которые могли бы быть положены в основу соглашений, предусматривающих контроль за соблюдением правил рыболовства в рамках деятельности Комиссии по рыболовству в северо-восточной Атлантике (НЕАФК), советская делегация предложила соответствующие положения, содержащиеся в советско-норвежском соглашении 1962 г., и заявила, что было бы целесообразным распространить их на всю северную часть Атлантического океана.

В 1972 г. на заседании Временного комитета НЕАФК по Схеме международной инспекции (СМИ) уже присутствовали и наблюдатели (делегаты) от ИКНАФ. Обсуждались вопросы, касающиеся измерения размера ячеи орудий лова при осуществлении проверок, унификации методики измерения ячеи, применяемой в НЕАФК и ИКНАФ, а также расширения положений СМИ с тем, чтобы согласно им можно было контролировать соблюдение правил, относящихся к закрытым сезонам и районам.

Принятие рекомендаций по осуществлению международного контроля в Северной Атлантике было продиктовано общим желанием государств – участников Конвенции – укрепить взаимное доверие в вопросах, касающихся выполнения установленных правил промысла рыбаками договаривающихся стран, а также усилить контроль непосредственно на промысле в конвенционных районах.

Примером двухсторонних отношений между соседними странами по контролю за соблюдением правил рыболовства является Конвенция о рыболовстве в открытом море в СЗТО между СССР и Японией от 12 декабря 1956 г., которая в 1978 г. была заменена Соглашением между правительствами СССР и Японии о сотрудничестве в области рыбного хозяйства.

До конца XIX в. состояние промысловых запасов не вызывало необходимости установления международного контроля за рыболовством, и несмотря на наличие международных соглашений, можно было бы ограничиться национальным регулированием. В начале XX в. с уменьшением рыбных запасов возникла необходимость в дополнении международно-правового регулирования и государственного контроля рыболовства системой международного контроля за соблюдением конвенций. Начиная со второй половины XX в. рыболовство становится контролируемым на межгосударственном уровне, т. е. регулирование дополняется фактическими требованиями и действиями по контролю за промысловыми судами, принадлежащими всем странам – участникам соответствующих соглашений. Со временем многие положения о контроле за соблюдением мер по сохранению живых морских ресурсов утвердились в качестве общепризнанных принципов международного морского рыболовства и находят выражение в законодательстве о рыболовстве прибрежных государств и нормативных актах международных организаций по рыболовству.

Характер и содержание контроля за выполнением правил рыболовства на любом уровне отражают принципы организации контроля и претворения их на практике. Контроль за соблюдением правил рыболовства имеет свою систему, предмет и методическую базу, которая постоянно совершенствуется и пополняется все более эффективными средствами.

В процессе контроля устанавливаются факты, имеющие значение для дальнейшего рассмотрения материалов о нарушении. Это предъявляет особые требования к качеству осуществления контроля, так как от его эффективности зависит результативность всей системы обеспечения рационального ведения промысла.

Сотрудничество государств в сфере сохранения живых ресурсов моря предполагает в качестве необходимого составного элемента обеспечение соблюдения режима рациональной эксплуатации биоресурсов Мирового океана, т. е. сотрудничество в осуществлении контроля, без которого эффективность управления рыболовством в конвенционных районах может оказаться неадекватной поставленным целям, затраченным усилиям и ресурсам.

При разработке средств управления рыболовством необходимо принимать во внимание тесную взаимосвязь мер регулирования и контроля. Эффективность управления промыслом во многом зависит от соответствия организационных форм претворения в жизнь тех или иных схем регулирования конкретным условиям. Международный контроль существенно повышает эффективность функционирования таких схем.

Система международного контроля может предусматриваться международными организациями, устанавливаться соглашениями государств о рыболовстве, дополняться протоколами к соглашениям. Государства, исходя из взаимной заинтересованности регулирования отношений в области рыболовства, могут заключать специальные соглашения по контролю или наблюдению как непосредственно на промысле, так и на оптовых рынках, где рыбаки реализуют добытую рыбу и продукцию первичной переработки в море.

Международные и национальные мероприятия по контролю за соблюдением правил рыболовства выражаются в форме национального надзора, взаимного международного контроля государств и контроля со стороны международных организаций, направленных на соблюдение промысловыми судами государств – участников конвенций – рекомендаций и требований по правильному применению судами орудий лова, предписаний международных договоров и иных актов, регламентирующих вопросы ведения промысла морских живых ресурсов.

Система правового регулирования промысла складывается из трех стадий:

- установление режима рыболовства;
- контроль за его соблюдением;
- ответственность за нарушение режима рыболовства.

Режим рыболовства – это соответствующая интересам международного сообщества система межгосударственных отношений, складывающаяся в процессе эксплуатации живых ресурсов Мирового океана, устанавливаемая и обеспечиваемая государствами [58].

Таким образом, государства-участники при заключении конвенции задаются целью обеспечить правовое регулирование добычи, включая контроль за соблюдением правил рыболовства, юридически закрепив при этом определенные ограничения промысла для создания условий рациональной эксплуатации биологических ресурсов.

Действующие международные соглашения в области управления рыболовством заключались, как правило, тогда, когда возникала реальная угроза истощения или полного уничтожения какой-либо промысловой популяции гидробионтов (видовой принцип регулирования). На более высоком уровне – экосистемном (региональном, территориальном) – осуществляется регулирование промысла в Северном и Балтийском морях. В настоящее время заметна тенденция к делению конвенционных районов на подрайоны, зоны и подзоны, т. е. к уточнению географического распределения популяций и более детальной правовой регламентации морского промысла.

Другой тенденцией в изменении существующего режима морской рыбохозяйственной деятельности является сближение национальных норм с целью разработки единых правил пользования ресурсами океана, приемлемых для всех государств. В связи с этим контроль за соблюдением конвенций о рыболовстве можно рассматривать как формирующийся институт международного морского права – «институт контроля за соблюдением правил рыболовства» [58].

В международном праве общепризнанным является принцип, согласно которому участие в конвенции дает права и налагает обязательства лишь на участников конвенции. Нельзя навязывать выполнения каких-либо рекомендаций по контролю за соблюдением правил рыболовства государствам, не поддерживающим данные договорные отношения.

Контроль за соблюдением правил рыболовства промысловыми судами является средством выявления нарушений, но не средством принуждения. Не всякие нарушения, установленные путем контроля, могут повлечь за собой последующее наказание. Главная цель такого контроля заключается в установлении отклонений от выполнения рекомендаций международной конвенции, установлении причин их нарушений, предотвращении подобных нарушений. Меры по контролю за соблюдением правил рыболовства не должны быть ни по форме, ни по существу дискриминационными в отношении рыбаков любого государства.

Односторонняя разработка и принятие контролирующих действий со стороны прибрежного государства в отношении государств, заинтересованных в осуществлении промысла в его ИЭЗ, осуществляется через специально созданные комиссии, органы и учреждения, деятельность которых может иметь постоянный или временный характер.

Серьезным достижением России последних лет в области изучения, охраны и рационального использования водных биоресурсов стало создание системы спутникового мониторинга. Согласно постановлению Правительства Российской Федерации № 226 от 26 февраля 1999 г. «О создании отраслевой системы мониторинга водных биоресурсов, наблюдения и контроля за деятельностью промысловых судов» такие системы были созданы на базе двух региональных центров в Петропавловске-Камчатском и Мурманске.

В первые годы своего существования система мониторинга позволяла автоматически и ежечасно контролировать около 2 500 промысловых судов, в том числе более 700 иностранных.

Контроль за соблюдением рыбопромысловой деятельности и обеспечением безопасности мореплавания судов делают российскую систему мониторинга наиболее эффективным средством информационного обеспечения управления рыболовством в ИЭЗ РФ. По некоторым показателям Камчатский центр мониторинга по праву претендует на мировое первенство. Пользователями системы мониторинга могут быть любые рыбохозяйственные и контролирующие учреждения – органы рыбоохраны, пограничная, таможенная и налоговая службы, научно-исследовательские институты и т. д. В рамках действующей информационной системы мониторинга на основе поступающих данных формируются выходные, в том числе аналитические, материалы, позволяющие решать широкий комплекс задач по управлению рыболовством, осуществлять контроль за местонахождением и промысловой деятельностью судов, следить за полнотой и достоверностью судовой промысловой отчетности [128].

## **1.6. Возможные подходы к управлению рыбным хозяйством**

В разных странах в зависимости от географического положения, национальных традиций, состояния экономики и других факторов рыболовство развивалось и развивается по-разному. Имеются различия и в системах управления рыболовством в этих странах.

Приведем несколько примеров, которые иллюстрируют возможность применения разных подходов к обеспечению рационального рыболовства, представляют связанные с этим проблемы и пути их решения [49, 50, 119].

Широко известно, какое социальное и экономическое значение для Исландии имеет рыболовство. Поэтому управлению рыбной отраслью в системе государственного управления в целом здесь уделяется исключительное внимание.

Система управления национальным рыболовством Исландии, как это и следует, построена на основе использования объективных научных данных о состоянии собственных морских живых ресурсов и достоверной информации со всех видов промыслов. Система распределения ОДУ, основанная на индивидуально передаваемых квотах (ИПК), является одновременно и экономическим фактором, регулирующим промысловые усилия.

Экстренные меры по управлению морскими биоресурсами и контролю за промыслом были приняты в 1975 г. в ответ на угрожающий рыболовству страны прогноз ученых по некоторым основным промысловым популяциям. В одностороннем порядке рыболовная зона Исландии была увеличена с 50 до 200 морских миль. До принятия нового законодательства по рыболовству последовательно вводились различные меры по регулированию промыслов, позволившие в итоге сформировать эффективную систему управления отраслью.

Новое законодательство по рыболовству Исландии, где все запасы морских живых ресурсов в ИЭЗ этой страны объявляются общей собственностью нации, создает правовую основу для

окончательного внедрения ИПК в морском рыболовстве. Все суда водоизмещением более 6 рег. т включены в систему ИПК.

В дальнейшем в результате практической проверки ИПК было сделано несколько радикальных корректив, суть которых привела к изменению приоритетных целей рыболовства – от получения максимально устойчивого улова к максимальной экономической эффективности. По существу, это явилось поворотом к рациональному использованию инвестиций в рыбодобывающем комплексе и формализованному, бескомпромиссному распределению ОДУ на индивидуальные квоты [49].

ИПК как мера регулирования рыболовства дополнила и расширила существующую систему, направленную на защиту молодежи как источника пополнения в будущем промысловых запасов и предусматривающую внедрение селективных орудий лова, ограничение ряда районов, сроков промысла и минимальных размеров добываемых рыб.

В последние десятилетия большая часть вылова донных видов рыб была получена при сокращении промысловых усилий, и это – главный итог внедрения ИПК. Прирост капитала в рыболовном секторе составил более 3% ежегодно (до введения этой системы он не превышал 0,4%).

Система предоставила возможность для дальнейшего совершенствования при условиях достижения согласия между рыбаками, рыбообработчиками, менеджерами в вопросах управления запасами и минимальной конфликтности при распределении ОДУ на квоты среди пользователей.

Сущность ИПК заключается в следующем:

1. Квоты получают не судовладельцы, а суда, имеющие лицензии на осуществление коммерческого промысла. В соответствии с законами и правилами ИПК только суда под своим национальным флагом имеют право вести промысел в 200-мильной зоне Исландии.

2. Критерием на право получения квот является среднегодовой вылов судна за три года, предшествующие внедрению ИПК. Данный показатель выражается в процентах от общего объема вылова за эти годы того или иного запаса гидробионтов. Квота на судно выделяется сроком на промысловый год.

3. В течение промыслового года владельцы судов, на которые выделены квоты, имеют право произвести их частичную или полную передачу (продажу) через специальные биржи, контролируемые директором рыболовства Министерства рыболовства Исландии. Эту операцию рыбопромышленники могут осуществлять вместе с продажей или сдачей в аренду судна. Можно продать часть квоты.

В Исландии введено многовидовое управление запасами в ИЭЗ, и по Правилам рыболовства, если при освоении основной квоты быстрее выбран установленный прилов, судно обязано незамедлительно прекратить промысел. Возобновить добычу основного вида можно, только приобретая на бирже дополнительные квоты на прилов. Через биржи с ведома директората рыболовства можно осуществить взаимный обмен квотами.

4. Владельцы ИПК должны ежегодно осваивать не менее 50% выделенной квоты. Если это условие нарушается два года подряд, судовладелец рискует лишиться квоты.

Система ИПК привела к существенному сокращению промысловых усилий при изъятии важнейших запасов, к ведению промысла в самые продуктивные периоды и тогда, когда качество рыбы наивысшее, а также к ликвидации флота с устаревшей, малоэффективной техникой добычи и переработки.

Суда менее 6 рег. т, осуществляющие ярусный и удебный лов в 12-мильной прибрежной зоне, не подпадают под систему ИПК. Для этих судов выделяется либо квота, либо число дней активного лова (84 дня).

До начала очередного рыболовного года министр рыболовства Исландии утверждает ОДУ на основе рекомендаций Морского исследовательского института. Исходя из социальных или экономических соображений, министр вправе принять «политическое» решение об увеличении или уменьшении ОДУ конкретного промыслового объекта, но не более чем на 10%. Когда ОДУ по всем запасам опубликован, директорат рыболовства распределяет его в соответствии с долями, приходящимися на каждое промысловое судно.

Система контроля за использованием ИПК основана на учете величины и видового состава уловов, а также фиксации выхода судов на промысел. *Улов, полученный в пределах ИЭЗ Исландии, должен быть выгружен на берег, взвешен, зарегистрирован в соответствии с Законом о рыболовстве и действующими нормативными документами и только после этого может поступить для переработки или сбыта.*

Порты выгрузки подключены к единой системе компьютерной связи «Логс», и администрация портов отвечает за ежедневную передачу данных. Точная и быстрая передача информации – абсолютно необходимое условие эффективности использования системы ИПК, что в свою очередь способствует надлежащему управлению запасами.

Власти предъявляют жесткие требования к качеству продукции, применяемому оборудованию, санитарным условиям и возможностям контроля производства на борту судна. Для расчета уловов используются научно обоснованные коэффициенты.

К нарушителям законов и правил рыболовства применяются единые меры воздействия – штрафы, отзыв лицензии, возбуждение судебных исков. При перелове налагается штраф на сумму избыточного улова. Лицензия (разрешение) на осуществление коммерческого рыболовства может быть отозвана на срок от двух недель до года. За особо грубые, умышленные нарушения виновные подвергаются тюремному заключению сроком до 6 лет.

Свободный доступ к информации в сфере рыболовства позволяет исключить любую подозрительность, способствует более открытому, продуманному управлению морскими живыми ресурсами и их эффективному использованию.

Система управления рыбохозяйственной деятельностью Исландии базируется на национальном Институте морских исследований (ИМИ). Это самостоятельное правительственное учреждение, находящееся в подчинении Министерства рыболовства, выполняет все научные работы, касающиеся сбора и обработки информации о состоянии водных биоресурсов, формирует прогнозы и рекомендации, которые по соответствующим каналам передаются основным исполнителям – рыбакам.

Важнейшим результатом научной деятельности института являются ежегодные рекомендации промышленности по использованию сырьевых ресурсов эксплуатируемых запасов гидробионтов (эквивалент нашего годового прогноза). Рекомендации в соответствии с Законом о рыболовстве служат основой для практической деятельности Министерства рыболовства в отношении рыболовной политики и контроля за рыболовным флотом.

Большая часть расходов института покрывается из государственного бюджета – они ежегодно утверждаются альтингом (парламентом) и отражаются отдельной статьей в национальном бюджете. Остальные расходы обеспечиваются средствами, перечисляемыми по договорам на выполнение научных разработок для коммерческих фирм, компаний, объединений, конкурсного получения научных заказов (грантов) по конкретным темам от ЕС, Нордического совета, а также за счет реализации рыбы и морепродуктов, выловленных в ходе научных исследований судами института и выращенных на собственных опытных рыбоводных станциях. Обновление научно-исследовательского флота осуществляется за счет рыбопромысловых компаний, которые при получении годовых квот направляют соответствующие взносы целевым назначением на специальный банковский счет.

Анализ уловов Исландии за последнее столетие свидетельствует, что стабилизация добычи донных рыб и рост уловов пелагических видов в определенной степени обусловлены успешной деятельностью ИМИ [50].

Другой пример системы управления рыболовством, связанной с квотированием, относится к рыболовству Новой Зеландии. Эта страна, по мнению экспертов, по эффективности управления и результатам экономического развития собственного рыбного хозяйства за последнее десятилетие выдвинулась на передовые позиции среди государств с развитым рыболовством [119].

Новая Зеландия, как и многие другие островные и прибрежные государства, в середине прошлого века пережила бурное развитие рыболовства и последовавшее за этим критическое состояние многих традиционных видов промысла. Как и во многих других странах, в Новой Зеландии последовательно вводилось регулирование рыболовства с классическим набором методов и средств. В результате накопленного, преимущественно негативного, опыта в середине 80-х гг. прошлого века в Новой Зеландии была разработана и внедрена «Система управления квотами». В рамках этой системы осуществляется управление эксплуатацией более чем тридцати видов гидробионтов. Суть системы заключается в следующем:

- на базе научных исследований и оценок устанавливаются объекты с устойчивыми запасами;
- для каждого такого вида и района его обитания определяется величина ОДУ на год, которая распределяется между индивидуальными ресурсопользователями;
- исключительным правом получения квоты обладают рыбаки традиционного (кустарного) лова и рекреационные хозяйства;

- полученные квоты ресурсопользователи могут продавать, в том числе и государству, или сдавать в аренду;
- держатели квот имеют право реализовать их в течение всего года или промыслового сезона;
- правительство организует и обеспечивает мониторинг промыслов, сопоставляя уловы с квотами; при возникновении угрозы подрыва какого-либо запаса государство проводит выкуп уже распределенных квот.

При этом большинство прежних ограничений, которые касались, например, размера ячеи, районов или сроков промысла, отменены.

В результате введения «Системы управления квотами» отмечаются положительные тенденции, как-то:

- снижение затрат на единицу добываемой продукции;
- приток капитала в рыбохозяйственный сектор;
- увеличение самостоятельности рыбаков при выборе сферы рыбохозяйственной деятельности и уровня промысловой активности;
- формирование условий для внедрения более эффективных методов и орудий лова;
- расширение видового разнообразия добываемых гидробионтов;
- приостановка деградации целого ряда популяций, эксплуатируемых в прибрежных водах, которые в середине 80-х гг. были близки к уничтожению; быстрое восстановление важнейшего для страны промысла колючего лангуста.

В процессе развития новых средств и методов управления рыболовством в Новой Зеландии была практически заново создана система отслеживания поступления потоков продукции рыболовства в порты выгрузки, ее продажи или экспорта. Плата за право промысла вначале взималась в форме ресурсной ренты на всех ресурсопользователей, а позднее для рыбаков, получивших квоты за счет правительства, был введен сбор «на восстановление запасов».

Внедрение индивидуальных передаваемых квот потребовало усложнения системы информации и отчетности из районов промысла, более высокого уровня научного анализа рыболовства, совершенствования методов оценки запасов, переквалификации специалистов, занятых в системе управления.

В некоторых странах считается, что мероприятия по совершенствованию системы управления рыболовством и контролю за соблюдением правил ресурсопользования слишком накладны для государственного бюджета. Сталкиваясь с неуклонным ростом интенсивности промысла или совокупной добывающей мощности и, как следствие, ухудшением состояния природных ресурсов и экосистем, законодатели и правительства этих государств склоняются к тому, чтобы переложить свои функции, а главное – финансовое бремя на плечи частных лиц, компаний или групп. Где бы такая тенденция ни наблюдалась, – в Канаде, Нидерландах или любой другой стране, – сторонников приватизации общественных ресурсов, по известным причинам, не так много [119]. Как правило, рыбаки придерживаются консервативных позиций, считая, что исторически сложившийся общественный характер рыболовства позволяет любому гражданину приобрести лицензию на промысел и вместе с ней получить одинаковые со всеми права в этой области деятельности. Привлечение рыбаков к разработке новых законов, программ или проектов, т. е. к непосредственному их участию в управлении рыболовством часто приводит к взаимопониманию «всех заинтересованных субъектов» и существенно ослабляет остроту имеющихся противоречий, а вместе с тем и остроту самой проблемы.

Причины противоречий между пониманием рыбаками необходимости восстановления рыбных запасов и их (рыбаков) реальными действиями прокомментировал профессор Вашингтонского университета д-р Р. Хилборн (R. Hilborn):

*«Ученые-прогнозисты и чиновники, управляющие рыболовством, пребывают в полном недоумении: рыбаки, поддерживающие необходимость восстановления запасов на территории, явно противостоят конкретным усилиям и мероприятиям в этом направлении. Например, в США существует открытая оппозиция планам восстановления многих запасов донных рыб района Новой Англии, хотя здесь уже имеются неоспоримые признаки, что ограничения уловов приводят к заметному подъему биомассы запасов в долгосрочном плане.*

*Очевидно, что такое поведение рыбаков противоречит самим основам управления ресурсами рыболовства и его экономики. Ведь если дать возможность восстановить запасы сегодня, то это позволит брать более высокие уловы в будущем, а рыбаки, приняв на себя ограниче-*

ния по промыслу и расходы по восстановлению запасов в течение краткосрочного периода времени, получают долгосрочный выигрыш от более масштабного промысла в перспективе.

В действительности дела обстоят иначе. Рыболовство – это бизнес, и восстановление запасов должно быть организовано так, чтобы в нем четко учитывались и демонстрировались экономические интересы рыбаков. Последние противостоят необходимости восстановления запасов сегодня в целях будущих выигрышей: они ведут себя таким образом из-за неопределенности того, какие экономические дивиденды достанутся им, когда запасы восстановятся. Для таких опасений имеются по меньшей мере пять причин и возможных способов их преодоления.

**Причина первая.** Рыбаки, которым постоянно снижают уловы и квоты, не верят, что в будущем они смогут воспользоваться выгодами от восстановившихся запасов. Дело в том, что нередко в период восстановления запасов выдаются, в виде исключения, разрешения на «неактивный», «щадящий» промысел, который по существу является возобновлением рыболовства досрочно. Так что те, которые «платят краткосрочные издержки» на восстановление, никогда не дождутся своих долгосрочных выигрышей. В результате на практике рыбаки отдают предпочтение сегодняшним доходам от меньших уловов на переловленных запасах и отказываются от снижения вылова в интересах будущих прибылей, которых они могут никогда и не получить.

**Возможное решение.** Необходимо ввести какое-то право собственности (индивидуальной или групповой) на будущие уловы для тех, кто сегодня терпит убытки и несет затраты по восстановлению запасов. Это право гарантировало бы им доступ к ресурсам, когда запасы восстанавливаются.

**Причина вторая.** Сегодня, когда идет внедрение предосторожного подхода в управление запасами и разрабатываются стандарты для перехода на принципы закона устойчивого рыболовства, величины ОДУ существенно снижаются, хотя запасы и не демонстрируют заметных изменений к худшему. В результате рыбаки не застрахованы от того, что и при восстановлении запасов ОДУ будут не увеличиваться, а снижаться.

**Возможное решение.** Руководителям рыболовства и рыбакам необходимо достичь согласия относительно твердых правил, определяющих, какие квоты будут гарантированы рыбакам после восстановления запаса в зависимости от сегодняшних уловов и затрат на восстановление каждого конкретного рыбака. Рыбаки должны иметь возможность сами определять свои затраты и выгоды.

**Причина третья.** При восстановлении какого-либо запаса в многовидовом сообществе рыб часто происходит несоизмеримо более объемное снижение уловов наиболее массовых видов, так что с экономической точки зрения не всякое восстановление целесообразно. Многовидовому управлению запасами внутренне присуще противоречие: когда основные виды управляются оптимально, другие могут оказываться в перелове.

**Возможное решение.** При многовидовом промысле управленцы должны четко различать виды, находящиеся в опасности и нуждающиеся в восстановлении, и виды, которые неизбежно перелавливаются, если оценивать их изъятие с позиций одновидового промысла. Может оказаться так, что целесообразней не восстанавливать тот или иной запас, если потери в вылове других видов при этом слишком велики.

Кроме того, при многовидовом промысле в целях увеличения полезного использования запасов разных видов следует выдавать квоты на вылов взаимосвязанно, по нескольким видам, в соответствии с их встречаемостью в уловах (как это делается, например, в Канаде). Тогда рыбаки будут сами оптимизировать выбор всех имеющихся квот и в зависимости от складывающейся обстановки изменять места лова и режим промысла. Одновременно на таких промыслах на каждом судне должны присутствовать государственные наблюдатели, которые обязывают использовать весь поднятый на борт улов и не позволяют выбрасывать часть его за борт (такое правило действует в той же Канаде).

**Причина четвертая.** Увеличение потенциальных уловов может оказаться ничтожным по сравнению с затратами на восстановление запасов. Правительство Новой Зеландии, обеспокоенное плохим состоянием запасов снаппера, одного из важнейших промысловых видов, предложило снизить его вылов на 40% на период восстановления запасов, определенный в 20 лет. При этом расчетное увеличение вылова после восстановления оценивается в 8%. Естественно, что большинству рыбаков такой «выигрыш» ценою потери 40% улова в течение 20 лет не кажется приемлемым.

**Возможное решение.** Для рыбаков планы восстановления запасов необходимо сбалансировать по потерям и выигрышам в стоимостном отношении.

**Причина пятая.** Недостаточное доверие к оценке запасов и определению переловов. Оценки запасов, на которых базируются классификация зон по степени перелова и расчеты ОДУ, могут оказаться ошибочными из-за недостатка и низкого качества входных данных, некорректных допущений в моделях или из-за изменений условий среды обитания, от которых зависит распределение рыбы в период съемок. Бывают случаи, когда резкое снижение оценок запасов в один год не подтверждается в последующие годы.

**Возможное решение.** Для повышения доверия к оценкам запасов со стороны рыбаков необходимо как можно активнее вовлекать их в процесс проведения съемок, выполнение расчетов и сборы исходных данных о промысле. Представители промышленности с самого начала должны быть равноправными партнерами ученых в процессах оценки запасов.

Оппозиция рыбаков усилиям по сохранению и восстановлению запасов промысловых рыб может быть преодолена путем убеждения их в том, что эти мероприятия проводятся в интересах не только общества в целом, но и в первую очередь самих рыбаков» [153].

Возникают противоречия и на более высоких уровнях управления рыбохозяйственной деятельностью, например: на федеральном уровне и на уровне штатов в США при обсуждении проектов поправок к закону Магнусена; при реализации программы MAGP IV между Еврокомиссией ЕС и его отдельными членами:

«Европейский союз является бесспорным лидером в постановке и усилиях по решению проблемы сокращения мощностей рыболовного флота. Еще в 70-х годах заключением Европейского договора Еврокомиссия по рыболовству начала разработку общей рыболовной политики (ОРП) ЕС, включающей четыре основных направления: рынок, структуру рыболовства в странах ЕС, внешнеполитические отношения и сохранение ресурсов. На первом этапе основной задачей ОРП было сокращение дефицита в снабжении стран ЕС рыбными товарами. Располагая большими финансовыми средствами, государства-члены ЕС начали активно развивать свои флоты, так что общий тоннаж рыболовных судов в ЕС стал быстро увеличиваться. Комиссия ЕС по рыболовству пыталась своевременно остановить этот процесс. Великобритания уже в 1983 г. выступила инициатором активной политики сохранения ресурсов, следствием чего было введение ОДУ и квот вылова. Но введение квот не остановило строительства новых судов, которое уже набрало достаточную инерцию, и к 1997 г. общий тоннаж рыболовного флота ЕС увеличился вдвое. Из 13 прибрежных стран ЕС восемь имели избыток мощностей добывающего флота по сравнению с ОДУ и квотами как по тоннажу, так и по мощности главных двигателей. Бесспорным «лидером» избытка тоннажа оказались Нидерланды, где он составил 98% (37% по мощности двигателей), далее следовали Великобритания – 3(2), Бельгия – 11(6), Франция – 5(4), Италия – 3(3), Греция – 2(0)%. Естественно, что в этих условиях сокращение рыболовных флотов стало основным содержанием очередного этапа многолетней программы управления рыболовством, рассчитанного на 1997–2001 гг. (MAGP-IV). Попытки Еврокомиссии по рыболовству разработать программы сокращения добывающих судов для каждой страны в соответствии с представленными ей данными по флоту и запасам вызвали ожесточенные споры и разногласия, которые удалось преодолеть только за счет перехода от конкретных «предписаний по списанию судов» к «рекомендациям по общим принципам» сокращения промысловых усилий. Было решено, что для запасов, эксплуатируемых странами ЕС и оцененных учеными как находящиеся в опасности, снижение промысловых усилий должно быть не менее 30%, а для запасов, оцененных как переловленные, – не менее 20%. В целом это означало снижение на 15% промысловых усилий стран ЕС к концу 2001 г. В соответствии с этими рекомендациями и оценками состояния запасов должны были рассчитываться контрольные цифры сокращения промысловых усилий для каждой страны с учетом ее доли добычи переловленных запасов в общем вылове. Такие меры позволили, например, Великобритании первоначальное требование сократить тоннаж флота на 26%, а его мощность – на 21% снизить до 16 и 9% соответственно, а Ирландии – с 28 и 29% до 5% в обоих случаях. Чем больше снижалась доля переловленных запасов в общем вылове страны, тем меньше требовалось сократить флот. Таким образом, новая формула изначально способствовала более быстрому истощению подорванных запасов. Но это стало очевидным спустя годы. Компромиссы по осуществлению программы MAGP-IV не ограничились введением формулы взвешивания по категориям запасов. Важным компромиссом было и разрешение странам самим избирать способы уменьшения промысловых усилий: сокращение флотов, вывод судов из отечественных вод или снижение вылова на судно (сокращение дней нахождения в море и(или) ограничение вылова за один выход в море). Это было вызвано

нехваткой средств у правительства для выкупа рыболовных судов и(или) прав на промысел у рыбаков. Вариант сокращения промысловых усилий предпочла половина стран ЕС. Но промысловое усилие – понятие относительное. Совершенствование поискового и промыслового оборудования рыболовных судов повышает добывающую мощь флотов и без увеличения их тоннажа или численности. К тому же промысловые усилия считаются в разных странах по-разному. В итоге специалисты из Еврокомиссии по рыболовству уже в 1998 г. пришли к заключению, что страны ЕС, формально выполняя требования MAGP-IV по сокращению промысловых усилий, на самом деле их сохранили и даже увеличили. Ограничения же дней выхода в море и особенно уловов на одно судно оказались вообще малоэффективными мерами из-за трудностей контроля и привели к росту нелегального вылова, т. е. к увеличению переловов. Ситуация требовала более решительных мер. Еврокомиссия уже в начале 1998 г. предложила реформировать фонды, предназначенные для финансирования структурных преобразований рыболовства ЕС. В обосновании реформы в качестве конечных приняты практически те же цели, что и при разработке ОРП на ее первых этапах, а именно: достижения устойчивого баланса между рыбными ресурсами и их эксплуатацией; восстановление экономики районов, зависящих от рыболовства. Отдельно указывалось на необходимость создания условий для перекалфикации рыбаков в районах проживания. На осуществление предлагаемых преобразований в 2000–2006 гг. комиссия запросила 286 млрд экю, в том числе 48,6 млрд экю для стран, которые присоединяются к ЕС в этот период (в последующем указанные объемы финансирования были скорректированы соответственно до 218,6 млрд и 20,8 млрд евро). Государства – члены ЕС обязаны разработать перманентные программы по сокращению и выводу судов из промысла. Под выводом в данном случае понимается списание устаревших судов с целью замены их новыми, более современными. По новым условиям желающих построить судно обязан вывести из строя действующий судно с тоннажом по крайней мере в 1,3 раза больше нового. Исключение сделано только для судов длиной менее 12 м (не траулеров). В этом случае требуется вывод из промысла равного по тоннажу (или мощности) судна. Если государство не выполнило требований MAGP-IV, оно не может разрешать выделение денег на строительство (обновление) флота и использование лицензий на промысел в третьих странах. Одновременно заметно увеличиваются вознаграждения и помощь судовладельцам, выходящим из промысла. Сохраняется выбор: слом судов, экспорт их в третьи страны или переоборудование на другие виды деятельности. В последние годы ЕС подвергся резкой критике со стороны групп защиты окружающей среды за экспорт избыточных рыбодобывающих мощностей в третьи страны путем создания совместных предприятий. В этих условиях наибольшие вознаграждения выплачиваются судовладельцам, согласившимся на слом судов. Вместе с тем увеличиваются и премии за экспорт судов в третьи страны, если он означает окончательный уход их из страны ЕС. Организация экономического сотрудничества и развития (ОЭСР) в своем обзоре рыболовства стран ОЭСР констатировала, что хотя ЕС и выделяет средства на социальную поддержку рыбаков, выходящих из рыболовства, но этого явно недостаточно для реального снижения рыболовной активности стран содружества и даже для нейтрализации субсидий на строительство новых судов со стороны самого ЕС. Реальные добывающие возможности флотов стран ЕС продолжают вносить заметный вклад в перелов морских биоресурсов в глобальном масштабе. И это происходит в условиях, когда мощности добывающего флота в некоторых странах ЕС весьма значительно снизились. Так, в Дании с 1998 г. мощность флота снизилась почти на 30%, в Испании за 1992–1998 гг. флот сократился на 1/4, в Португалии – на 1/3, в Германии – на 1/4. В целом флот 12 стран ЕС с 1992 по 1996 гг. сократился по тоннажу на 15 %, а по мощности главных двигателей – на 10%. Однако добывающая способность флотов стран ЕС не снизилась, так как вылов на одно судно за то же время увеличился более чем на 10%. Ярким примером этого является Великобритания, у которой вылов на одно судно вырос на 47%. В этих условиях политика Еврокомиссии по рыболовству, по мнению специалистов ОЭСР, выглядит достаточно двусмысленно. С одной стороны, предпринимаются определенные усилия по сокращению промысловых мощностей, а с другой – выделяются достаточно большие субсидии на обновление флотов, что ведет в конечном итоге к наращиванию этих мощностей. В связи с этим Еврокомиссия по рыболовству считает необходимым принять срочные меры по обеспечению сокращения флотов. С этой целью предложено продлить действие MAGP-IV на один год (до конца 2002 г.) и обязать страны-члены ЕС осуществить реальные сокращения флотов в строго определенных Еврокомиссией объемах. При разработке и осуществлении программы MAGP-IV Великобритания заняла самую несо-

гласную позицию среди стран-участниц. Но на предыдущем этапе МАГР-III (до 1997 г.) Великобритания была в числе стран, наиболее успешно выполнявших контрольные цифры списания (или вывода из промысла) судов. При этом почти 90% сокращения было обеспечено списанием судов и 11% – выкупом лицензий на промысел. Правительство выделило тогда недостаточно большие средства на эти цели, но результаты были существенно лучше, чем ожидали, благодаря организации конкурсов (тендеров) среди рыбаков, желающих выйти из рыболовства. В итоге рыболовные суда общей рыночной стоимостью около 80 млн фунтов стерлингов удалось выкупить у владельцев менее чем за половину этой суммы – за 36 млн фунтов стерлингов. Сравнение этих результатов с лучшими итогами подобных тендеров в других странах ЕС показало, что английская казна сэкономила по крайней мере 20 млн фунтов стерлингов. В основном это было достигнуто за первые три года, когда начальные цены выставляемых на списание судов в Великобритании были существенно ниже общеевропейских, а при втором выставлении снижались еще больше. Затем ситуация изменилась: цены на тендерах даже превысили средний уровень цен в ЕС. Среди главных причин таких изменений специалисты называли обложение налогами и пошлинами сумм, выручаемых рыбаками за проданные суда и полученных в качестве премий за выигрыш тендеров, о чем многие судовладельцы не знали заранее. Слабым местом принятой схемы сокращения флота стало небольшое число среди выкупленных наиболее эффективных и мощных добывающих судов. Для этого было слишком мало денег. Но этим не исчерпывались изъяны программы сокращения промысловых мощностей в Великобритании. Гораздо более важным было другое. В то время как большинство стран поставили своей целью действительное сокращение тоннажа и мощности судов в рыболовстве в соответствии с назначенными Еврокомиссией объемами, Великобритания предложила систему отдельного списания судов и (или) выкупа лицензий на право промысла в соответствии с добывающими возможностями судов. Таким образом, «цена» выхода рыбака-судовладельца из промысла разделилась на две части – стоимость судна и стоимость лицензии. Этим предполагалось облегчить рыбакам принятие решений о списании своих старых судов (сохранялось на какое-то время право на промысел), а также значительно снизить стоимость. Списание судов обеспечивало большую гибкость в решении проблемы, но одновременно создавало опасность восстановления в любое время добывающих мощностей флота на базе сохранившихся лицензий. Основными причинами продажи судов на списание рыбаки называли их предельный возраст и потребность в средствах на приобретение новых судов. В результате 25% владельцев списанных судов сразу же приобрели суда длиной менее 10 м, на которые в Великобритании не распространяются правила ограничения промысла. По экспертным оценкам, на эти суда было реинвестировано не менее 4 млн фунтов стерлингов, а на более крупные суда – около 10 млн фунтов стерлингов. Фактическое снижение мощностей добывающего флота в стране составило всего 1–2%. Дисбаланс между наличными сырьевыми ресурсами и добывающими мощностями рыболовного флота страны в результате формально успешного выполнения программы МАГР-III не только не уменьшился, но даже кое-где и возрос за счет увеличения числа судов длиной менее 10 м. В это время Еврокомиссия уже обнародовала требования по сокращению флотов на следующий этап осуществления программы МАГР-IV. Великобритании предстояло сократить тоннаж флота на 26%, а его мощность – на 21%. Правительству Великобритании на переговорах в Брюсселе удалось убедить Еврокомиссию в необходимости значительного снижения первоначальных величин сокращения, а главное – достигнуть договоренности по обеспечению их выполнения не за счет сокращения флота, а за счет уменьшения промысловых усилий под собственным контролем. (Впоследствии оказалось, что вариантом ограничения промысловых усилий вместо сокращения мощности (тоннажа) добывающих судов воспользовался еще ряд стран, что привело к фактическому провалу программы МАГР-IV в отношении сокращения добывающих мощностей, о котором говорилось выше.) Согласно последним рекомендациям Великобритании предстоит сократить рыболовный флот по тоннажу на 8,4% и по мощности двигателей – на 6,8%. Теперь уже без всяких компромиссов. Все начинается сначала.

В США, как и во всем мире, принимаются серьезные меры по сокращению добывающих судов. В начале 90-х годов федеральное правительство выкупило десятки судов, занимающихся промыслом оказавшихся в кризисе донных рыб северо-восточного побережья, затратив 25 млн долл. В результате принятия нового федерального закона о рыболовстве были выкуплены и выведены из промысла девять крупнотоннажных судов, добывавших преимущественно минтая в Беринговом море. Это стоило правительству 20 млн долл., а самой промышленности –

71 млн долл. Так, выкуп судов как самая действенная мера сокращения добывающих мощностей получил первое и наиболее мощное законодательное подкрепление. До этого ограничение добычи в США шло в основном по линии установления лимитов вылова по районам и сезонам введения индивидуальных фиксированных квот. Предлагались и такие варианты, как разделение флотов на две части, работающие поочередно по четным и нечетным дням; сокращение минимальной длины сетей, разрешенных к постановке одним судном; объединение двух разрешений на промысел с правом реализации их одним судном (увеличение длины сети или количества поставок) и др. Однако такие меры оказались недостаточно эффективными. Новый закон способствовал расширению практики выкупа судов в стране. В нем были определены и основные положения по организации выкупа избыточных мощностей. В частности, выкуп не может быть только правительственной акцией, а должен осуществляться главным образом самими рыбаками на деньги, собираемые ими в виде дополнительного налога на выловленную рыбу. В начале 1997 г. краболовы Аляски обратились к правительству США с просьбой выделить средства на сокращение их флота, оказавшегося избыточным из-за резкого снижения запасов краба Бэрди и падения цен на королевского краба и краба опилио. В 1996 г. выловлено всего 1 млн фунтов (454 т) краба Бэрди при квоте 8,4 млн фунтов (3,8 тыс. т), а средний заработок краболовов Берингова моря стал вдвое ниже, чем в предыдущие пять лет. Общее число судов-краболовов на Аляске в то время составляло 350, тогда как при сократившихся запасах их число не должно было превышать 250. Выкуп судов и вывод их из промысла казался тогда единственной возможностью избежать массовых банкротств рыбаков и одновременно облегчить жизнь тем, кто оставался в рыболовстве. Но решение затянулось на годы, так как оно требовало 131 млн долл. Рыбаки-краболовы создали некоммерческую группу специалистов по изучению проблемы CRAB (Crab Reduction Buyout), которая предложила два варианта выкупа. По одному из них на аукцион выставляются все разрешения (суда), участвующие в промысле, но их цена различается в зависимости от результатов работы в последние годы. Естественно, что первыми будут выкуплены и выведены из промысла самые дешевые суда. По второму варианту предлагалось сначала проверить работу всех рыбаков-краболовов, выявить самых неактивных и, ужесточив правила доступа к ресурсам (ограничив максимальное число участников), выкупить все избыточные суда по одинаковой цене. За краболовами вскоре последовали рыбаки, добывающие лосося в Бристольском заливе. Они уже имели 20-летний опыт ограничений допуска на промысел. Первые ограничения по количеству лицензий на промысле нерки были введены в середине 70-х гг., и тогда было выдано более 1 900 разрешений. Но даже в рекордные годы, когда вылавливалось более 40 млн экз. нерки, ее уже не хватало всем участникам промысла. К 1997 г., когда добыча упала ниже 10 млн экз., вопрос о резком уменьшении участников встал особенно остро. Рыбаки обратились в Комиссию по допуску в коммерческое рыболовство, которая вынуждена была заняться разработкой условий выкупа судов и оказанием помощи своим рыбакам. В настоящее время в США идет разработка более общих требований к выкупу судов, дополняющих и уточняющих положения закона. Например, финансирование выкупа предлагается разрешить также через займы и специально образованные для этой цели федеральные фонды. Естественно, что каждый конкретный промысел имеет свою специфику, предусматривается возможность включения дополнительных требований при решении вопроса о выкупе в каждом отдельном случае. Выводимые из промысла суда необходимо уничтожать или гарантировать их неучастие в рыболовстве. Порядок и условия выкупа судов в США предполагается оформить в виде специального федерального закона. Проблемами сокращения добывающего флота вплотную занимаются в Чили, ЮАР и других странах. ФАО однозначно высказалось за сокращение мощностей добывающего флота в море в Кодексе ответственного ведения рыболовства, принятого еще в 1995 г., но специально этой проблемой ее специалисты стали заниматься в 1998 г. Они подготовили проект международного соглашения «в целях уменьшения интенсивной и устойчивой экспансии в наращивании мощностей рыбодобывающих флотов во всем мире, являющейся одной из причин повсеместного сокращения рыбных запасов». Проведенные исследования показали, что до 17% запасов наиболее ценных видов рыб в мире уже сократились или сокращаются из-за избыточного пресса промысла современными добывающими судами, поэтому запасы не успевают восстановиться. При этом во многих странах в строительство добывающих судов продолжают направляться щедрые субсидии, тогда как, по оценкам Всемирного фонда природы, уже 2/3 существующих рыболовных судов в мире не являются необходимыми для обеспечения сегодняшнего общемирового вылова в морях и океанах. Эксперты ФАО выяснили, что в мире прак-

*тически никто не возражает против сокращения промысловых усилий путем согласованных действий мирового сообщества, но существуют категорические разногласия о том, когда, как и где это делать и сколько это будет стоить. В ноябре 1998 г. состоялась конференция ФАО по проблеме избытка добывающих мощностей в мировом рыболовстве. В ее работе приняли участие представители 80 государств мира. На конференции ФАО выступила с требованиями решительного сокращения добывающих мощностей в мировом масштабе, заявив, что именно избыточные мощности в наибольшей степени виновны в глобальной деградации запасов морских рыб и в больших экономических потерях. Наиболее решительную позицию на конференции занимали представители Гринписа, которые призывали делегатов разработать план сокращения к 2005 г. в два раза мощностей мирового добывающего флота. По данным Гринписа, более 90% всей добываемой рыбы в морях и океанах вылавливают всего около 20 стран. Именно их Гринпис считает ответственными за кризис в мировом рыболовстве, признаки которого проявляются в снижении запасов многих наиболее ценных видов промысловых гидробионтов. В числе стран, обладавших самыми большими тоннажами палубных судов по состоянию на 1995 г., были названы Китай (5,55 млн т), Россия (2,99 млн т), Япония (1,51 млн т), США (1,40 млн т) и Индия (1,08 млн т.). Самую жесткую позицию на конференции заняли представители США, которые настаивали, чтобы решение конференции стало международным планом действий по сокращению добывающих флотов, охватывающим все страны – члены ФАО. По мнению специалистов Гринписа, большинство делегатов приложили максимум усилий к тому, чтобы не принимать конкретных обязательств по сокращению числа добывающих судов в своих странах и призвали к осторожному дифференцированному подходу в управлении мощностями рыболовных флотов. В результате работы конференции был согласован документ «Элементы международного инструментария для управления мощностями рыболовных флотов», который призывает к введению эффективного, справедливого и прозрачного контроля добывающих мощностей к 2005 г. во всех странах – членах ФАО. Этот контроль должен включать: регулярные оценки добывающих мощностей; ведение регистров национальных добывающих флотов; разработку и внедрение национальных планов по управлению мощностями добывающих флотов; сокращение и постепенное исключение субсидий, ведущих к наращиванию мощностей добывающих флотов. Делегаты согласились, что ФАО следует создать глобальный регистр добывающих судов, работающих в открытых районах морей и океанов, а также начать сбор необходимой информации для тщательного анализа причин возникновения избыточных мощностей добывающих судов в мире» [119, 70].*

## **Глава 2. БИОЛОГИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ**

Биологическая составляющая социоприродной системы, к которой мы относим рыболовство, сама по себе является частью глобальной природной системы – биосферы. Организмы, популяции и экосистемы, представляющие собой естественный интерес для человека как источник продуктов питания, существуют в природной среде, живут и развиваются по ее законам и под ее управлением. Люди занимают в биосфере свою нишу.

### **2.1. Динамика численности рыб**

Динамика промысловых популяций рыб – это результат взаимодействия ряда процессов: пополнения стада, роста и созревания рыб, убыли их от промысла и естественной смертности [85].

Промысловое стадо большинства видов рыб состоит из нескольких поколений, численность которых зависит от их урожайности. Оно ежегодно формируется из оставшейся от промысла предыдущего года части популяции и пополняется группой рыб, достигших зрелости или товарного значения.

В зависимости от урожайности и внешних факторов величина пополнения промыслового стада может испытывать ежегодные колебания и менять соотношение пополнения и остатка. Это особенно характерно для рыб с коротким жизненным циклом. Изменяется также и отношение

вылова к запасу. Для рационального рыболовства соответствие между интенсивностью промысла и величиной запаса определяется воспроизводительными возможностями популяции с учетом возможных колебаний, вызванных естественными причинами.

Основная задача, которая ставится при оценке запаса и составлении прогноза улова, – это определение соотношения пополнения к убыли в формирующемся стаде. По мере накопления материалов для решения этой задачи устанавливаются новые факторы и закономерности.

Формирование, или становление, промысловой ихтиофауны в эволюционном аспекте происходит в соответствии с физико-географическими и экологическими особенностями водоема, обеспечивающими оптимальные условия размножения и питания рыб.

Влияние внешней среды особенно значительно в период эмбрионального развития и в период перехода личинок на смешанное питание. Величина пополнения промыслового стада, являющаяся одной из главных частей запаса, связана прежде всего с выживанием на ранних стадиях развития. К сожалению, изменчивость величины пополнения чаще всего недооценивается методами определения запаса, основанными главным образом на учете темпа убыли популяции от промысла и его интенсивности. Поэтому регулярные исследования в этой области с учетом уже имеющегося многолетнего материала позволят уточнить промысловые прогнозы.

Основные закономерности, обуславливающие формирование промысловых стад рыб, относительно постоянны при соответствующих условиях. Но они могут быть разными у популяций одного и того же вида, населяющих разные водоемы, и изменяться в зависимости от изменения условий, определяющих общую физико-географическую характеристику водоема. Тем не менее, всегда имеется решающий фактор, который в числе других факторов, определяющих колебания численности данного вида, имеет наибольшее значение в этих условиях. Выявить решающий фактор, понять его значение, установить его роль и характер влияния крайне необходимо. Однако прежде чем дать заключение о причине изменения запаса, следует проверить, в достаточной ли мере изучен и проанализирован весь комплекс факторов, о которых известно, что они в той или иной мере воздействуют на состояние запасов рыб. В этой связи недопустима односторонность сбора информации, недоучет влияния смежных отраслей и других обстоятельств, иногда на первый взгляд несущественных.

Неполноценность сбора информации влечет за собой недоучет какой-либо стороны системных связей, образовавшихся в результате длительного эволюционного развития и приспособительного взаимодействия организмов со средой обитания. В связи с этим для определения роли ведущего или решающего фактора, обуславливающего численность популяции, большое значение имеет выявление приспособительных свойств популяций и их отношение к изменяющимся условиям среды. Рассмотрение этих свойств и отношений, в том числе и воспроизводительной способности популяции в сочетании с условиями ее обитания, специфичными для данного вида, облегчает выявление причин динамики популяции. Кроме того, следует учитывать и степень освоения популяцией мест нереста и нагула, также специфичных для того или иного вида рыб. Непосредственным или косвенным путем эти факторы, так же как и воспроизводительная способность, обуславливают численность вида.

Под воспроизводительной способностью понимаются такие биологические свойства популяции, при которых обеспечиваются наибольший выход поколения и численность популяции в целом, а также ряд приспособлений к наибольшему выживанию потомства. Воспроизводительная способность специфична для данной популяции и является функцией ряда видовых свойств: возраста наступления первого созревания при соответствующей длительности жизненного цикла, плодовитости, скорости роста и развития организма, отношения к условиям воспроизводства, выработавшимся в процессе приспособления к среде обитания.

Приспособительные свойства популяции в единстве с адаптацией вида могут быть более или менее изменчивыми соответственно ответной реакции организма на изменение среды обитания. Так, приспособление популяции к обитанию, например, в изменившихся кормовых условиях протекает пластичнее, чем к изменению условий абиотической среды, отношение к которым у вида сложилось в течение длительного развития.

Определение приспособительных свойств организма помогает установить необходимые условия для поддержания численности популяции или ее увеличения. Однако приспособительные реакции популяции являются следствием не только условий питания.

Отношение вида к газовому и температурному режимам и к условиям размножения также характеризует приспособительные свойства организма к изменениям среды и составляет его специфику, вырабатывающуюся на протяжении исторического развития вида. Приспособитель-

ные свойства в отношении абиотической среды относительно консервативны, особенно на ранних стадиях развития.

Поэтому если в абиотической среде происходят такие изменения, при которых приспособительные свойства видов оказываются недостаточными, то возникают резкие колебания численности популяции. Если приспособление организма к какому-либо фактору выражено в пределах небольшой амплитуды изменчивости этого фактора, то тем значительнее становится его роль как причины, ограничивающей и определяющей численность данного организма. Более резкие изменения этого фактора вызывают массовую гибель организмов, если уровень их приспособительных отношений не соответствует тем границам, которые установились историей развития вида. Таким образом, изменение абиотических условий, превышающее пределы приспособительных отношений, усиливает их лимитирующую роль.

Принимая во внимание все разнообразие категорий отношения организма к среде, при анализе закономерностей, определяющих динамику численности промысловых рыб, необходимо различать более и менее устойчивые формы приспособительных отношений.

Определение решающего фактора позволяет вскрыть основной процесс, ведущий к изменению численности данного вида рыб, и выбрать мероприятия, необходимые для увеличения его численности.

Среди ведущих причин, или факторов, необходимо различать факторы, обуславливающие длительные колебания численности популяции, и факторы, вызывающие ежегодные колебания численности поколений. Между ними нельзя провести какой-либо границы, они постоянно связаны друг с другом. Тем не менее, для понимания роли каждого из них как причины, определяющей длительные и кратковременные колебания численности, необходимо относиться к ним дифференцированно.

Следует учитывать также, что среди ведущих факторов можно различать факторы общего значения, а на их фоне выявлять второстепенные. К факторам общего порядка можно отнести условия воспроизводства и выживания рыб на ранних стадиях, а на этом фоне выделять ведущие факторы второго порядка.

Таким образом, при анализе комплекса взаимосвязей, обуславливающих колебания численности рыб, необходимо установить основные закономерности, действующие в тот или иной период или на том или другом этапе развития. Чем точнее они будут определены, тем яснее будут мероприятия, необходимые для увеличения численности рыб и рационального использования их промысловых скоплений. При этом эффективность управляющего воздействия на рыбохозяйственную деятельность человека будет во многом зависеть от понимания отношений в природных системах.

## **2.2. Специфика биологических систем**

Сохранительные механизмы экологических систем в последние годы все чаще оказываются недостаточно мощными перед давлением неблагоприятных факторов среды – как естественных, так и искусственных, все возрастающих по мере развития человеческой цивилизации. Сохранение живой природы становится насущной задачей быстро развивающегося мирового сообщества. Возникающие при этом проблемы оценки допустимых пределов вмешательства человека в процессы, естественным образом управляемые природой, требуют внимательного изучения сохранительных свойств различных биосистем надорганизменного уровня – популяций, экосистем, ландшафтов.

Уже достаточно серьезно возникает вопрос о сохранительных свойствах и ресурсах биологических и социальных систем в масштабах планеты. Ярким примером тому служит заметно ухудшающееся состояние популяций гидробионтов, традиционно эксплуатируемых рыболовством, а также естественных нерестилищ, находящихся под антропогенным прессом.

Живые системы – это необычайно сложные формы, возникшие в результате долгого эволюционного процесса, с сильно выраженными способностями к адаптации, приспособлению и эволюции, обладающие иерархической структурой и представляющие собой интеграцию многих гетерогенных элементов и подсистем.

Под биологической системой обычно понимается некоторая совокупность взаимодействующих элементов, которая образует целостный биологический объект. Примерами биологических объектов, которые можно рассматривать в качестве живых систем на надорганизменном

уровне, являются популяции организмов, экосистемы, биогеоценозы, биосфера. Один и тот же биологический объект может выступать как в виде целостной живой системы, так и входить в эту систему в качестве подсистемы или элемента.

Важнейшей особенностью живых систем является то, что они могут существовать только в определенных условиях окружения. Любое изменение в их окружении, такое как вариация температуры, давления, концентрации кислорода и др., выходящее за пределы относительно узкого диапазона, вызывает стресс, к которому они не могут приспособиться за короткий срок.

Многие основные, фундаментальные свойства живых систем связаны с процессами управления, протекающими в открытых системах, т. е. в системах, обменивающихся с окружающей средой веществами и энергией.

### 2.3. Понятие экосистемы

В основе концепции экосистемы в экологии лежит взаимозависимость физического и биологического миров. По первому определению английского ботаника Тенсли (1935 г.), в экосистему входит «... не только комплекс организмов, но и весь комплекс физических факторов, образующих то, что мы называем средой биома, – факторы местообитания в самом широком смысле. Хотя главным, интересующим нас объектом могут быть организмы, однако когда мы пытаемся проникнуть в самую суть вещей, мы не можем отделить организмы от их особой среды, в сочетании с которой они образуют некую физическую систему» [118].

Биотическую и абиотическую части экосистемы связывает непрерывный обмен материалом – круговороты питательных веществ, энергию для которых поставляет Солнце (рис. 4).

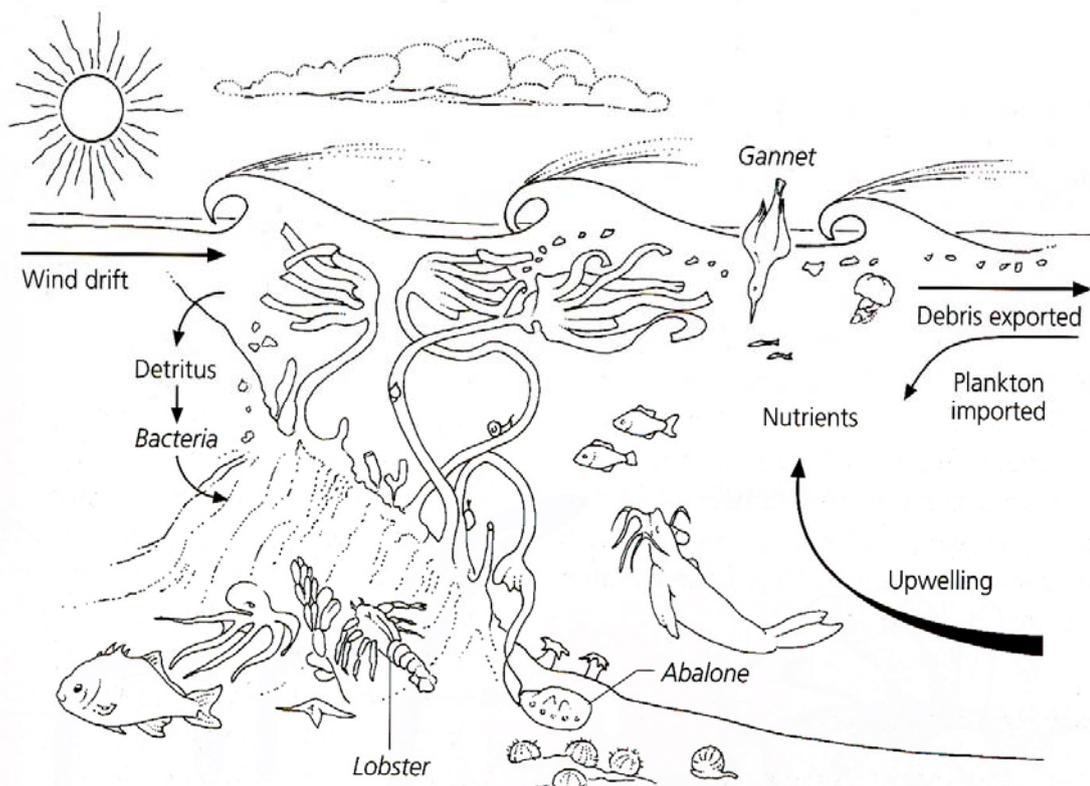


Рис. 4. Влияние Солнца, ветра и волн на формирование морской экосистемы (no Barnes & Hughes) [174]

Растения синтезируют органические соединения, используя энергию солнечного света и питательные вещества из почвы и воды. Эти соединения служат растениям строительным материалом, из которого они образуют свои ткани, и источником энергии, необходимой им для поддержания своих функций. Для высвобождения запасенной химической энергии растения разлагают органические соединения на исходные неорганические компоненты – двуокись углерода, воду, нитраты, фосфаты и т. п., завершая тем самым круговорот питательных веществ.

Растения сами готовят себе «пищу», используя для этого необходимое сырье. Поэтому они называются *автотрофами* (самопитающимися). Животные же извлекают необходимую им энергию из готовой пищи, поедая растения или других животных. Поэтому животных называют *гетеротрофами* (питающимися другими). Специализация живых форм в качестве производителей и потребителей пищи создает в биологических сообществах определенную энергетическую структуру, называемую трофической структурой, в пределах которой происходят перенос энергии и круговороты питательных веществ.

В каждом звене пищевой цепи, на каждом трофическом уровне сообщества большая часть поглощаемой с пищей энергии рассеивается в виде тепла или движения. Ни одна из этих форм энергии не может быть использована другими организмами, следовательно, при переходе к каждому последующему звену пищевой цепи общее количество пригодной для использования энергии, передаваемой на следующий, более высокий трофический уровень, уменьшается.

## 2.4. Структура биосистемы

Для понимания процессов, протекающих в биосистеме, необходимо учитывать две стороны ее функционирования. Одна из них связана с тем, что *открытая* система – это процессы получения, накопления, передачи и использования энергии. Данные процессы обеспечивают возможность сохранения структуры, рост и выполнение всех специфических функций биологической системы.

Другая сторона функционирования связана с *управлением энергетическими процессами*. Она включает восприятие, хранение, переработку и использование информации. Информационно-управляющие механизмы в системе определяют, какие энергетические процессы и с какой скоростью происходят в ней.

Представление биологической системы в виде двух взаимодействующих компонент – *энергетической и управляющей* – является основой системного подхода к анализу структуры биосистемы.

Энергетической компонентой организма является *метаболическая система*, а управляющая часть состоит из *эффекторов* и регуляторных механизмов, представляющих собой *генетическое и физиологическое управление*.

Одной из главных функций метаболической системы является снабжение систем и органов организма энергией (совокупность процессов обмена веществ). Структура организма поддерживается механизмами генетического управления (медленные процессы большой продолжительности). Поведенческие реакции осуществляются системой физиологического управления. На уровне функционирования эффекторов и других систем, потребляющих энергию, физиологическое управление обеспечивает адекватное снабжение их веществом и энергией в соответствии с возникающими потребностями (быстрые процессы короткой продолжительности).

## 2.5. Темпы и уровни

При описании живых систем приходится иметь дело с двумя типами величин. Один из них связан с количествами веществ, имеющимися в различных частях биосистемы или окружающей ее среды. Примерами могут быть концентрации различных субстратов, содержание кислорода, содержание биомассы в некотором объеме или количество животных данного вида на единице площади. Переменные, определяющие эти величины, называются *уровнями* (например, уровень численности популяции).

Другой тип переменных связан с изменением уровней и характеризует динамику процессов. Для их описания употребляется термин *«темпы»* (например, темп роста популяции).

Темпы отражают изменение уровней. Если какое-то вещество возникает и элиминирует в данной системе в результате нескольких процессов, так что  $y_1, y_2, \dots, y_{r-s}$  – темпы поступления этого вещества в систему, а  $y_{r-s+1}, \dots, y_r$  – темпы потребления или удаления его из системы, то уровень  $x$  связан с темпами  $y_1, \dots, y_r$  простым уравнением

$$\frac{dx}{dt} = \sum_{k=1}^{r-s} y_k - \sum_{k=r-s+1}^r y_k.$$

В свою очередь, уровни являются регуляторами темпов, влияя на скорости протекающих в системе процессов, т. е. играют роль пассивных регуляторов. В связи с этим возникла так называемая концепция адекватного снабжения организма, суть которой состоит в следующем: чтобы организм мог существовать, энерготраты его систем при любых условиях среды и в любых режимах функционирования должны покрываться их поступлением извне. Чтобы биосистема находилась в стационарном режиме, для каждого из веществ суммарный темп его поступления в систему должен быть равен суммарному темпу элиминации.

## 2.6. Цели в биосистемах

Под целью в биологической системе обычно подразумевается то конечное состояние, в которое она приходит в силу своей структурной организации, или ожидаемый результат ее функционирования. Под достижением цели в данном ее понятии подразумевается выполнение некоторых соотношений между переменными биосистемы. К примеру, можно сказать, что целью механизмов регуляции биосистемы является обеспечение сохранения ее стационарного неравновесного состояния.

Анализ целей в живых системах усложняется их многоцелевым содержанием и разными уровнями организации. Рассмотрение биосистем часто не связывается с конкретными условиями их окружения и функционирования. При решении проблем, связанных с зависимостью результатов функционирования систем от условий окружающей среды, можно ограничиться рассмотрением биосистемы как целостного структурного образования на данном этапе эволюционного процесса.

Одной из компонент цели живой природы является устойчивость сложившейся биосистемы – *стремление к самосохранению*. Достижение этой цели определяется, во-первых, способностью обеспечить свою жизнь необходимыми для этого средствами; во-вторых, защитой выполняемых жизненных функций от неблагоприятных внешних воздействий. Эти две стороны сохранительных свойств тесно связаны между собой и лежат в основе всех классических представлений о самосохранении биосистем.

В основу концепции постоянства внутренней среды биосистем – *концепции гомеостаза* – легли представления Клода Бернара, который писал, что организм имеет внешнее окружение и внутреннюю среду, что именно постоянство внутренней среды является условием свободной и независимой жизни. Все жизненные механизмы, как бы разнообразны они не были, имеют только одну цель – *сохранение постоянства условий жизни во внутренней среде* [88].

Другая сторона сохранительных свойств биосистемы связана с необходимостью *обеспечить адекватный приток веществ и энергии в систему извне*, чтобы уравновесить их расход внутри системы, обеспечивая тем самым стационарное неравновесное состояние. Другими словами, если с одной стороны речь идет о поддержании неизменных уровней вещества и энергии внутри системы, то с другой – о регулировании темпов потоков вещества и энергии, которыми система и ее элементы обмениваются со средой.

В биокibernетике выделяется еще одна цель живых систем – *высокое качество их функционирования*: эффективность, экономичность, надежность. Таким образом, анализируя проблемы биосистем, необходимо рассматривать соотношения иерархического порядка между тремя целями: обеспечением стационарного неравновесного состояния, обеспечением гомеостаза и достижением высокого качества функционирования. Соответственно этой последовательности устанавливается порядок достижения целей в биосистеме (целей первого, второго и третьего порядков).

Максимальная надежность системы, означающая способность к безотказному функционированию в широком интервале условий окружения, относится именно к наилучшим внешним условиям (адекватным).

В неадекватных условиях система вынуждена адаптироваться к среде. Это ведет к определенному напряжению регуляторных механизмов и перестройке их функционирования. Исчерпание ресурсов этих механизмов при ухудшении условий среды может повлечь за собой снижение качества процессов в системе. Система переходит сначала в состояние напряжения, а затем – патологии.

## 2.7. Гомеостаз экологических систем

Для биологической системы, включающей животные и растительные популяции, а также абиотические факторы, и учитывающей взаимодействие между ними, используется термин «экологическая система», или «биогеоценоз». Сложные синтетические биосистемы экологического уровня создаются в результате столкновения на одном и том же пространстве разнообразных органических форм и разделения сфер влияния, захвата экологических ниш. Состояние равновесия в экосистеме (биоценотический гомеостаз) поддерживается многочисленными механизмами активной и пассивной регуляции.

Одним из наиболее изученных видов регуляции, существующих в экосистеме, являются механизмы регуляции, зависящие от плотности популяции. Кроме того, регуляция в экосистеме связана со структурой пищевых сетей, механизмами конкретного взаимодействия отдельных видов, а также генетическими механизмами.

Чаще всего для описания способности экосистем сохраняться в условиях изменяющейся среды используют термины «устойчивость» или «стабильность». Однако содержание этих терминов зачастую не является строго определенным. Например, в том случае, когда устойчивость оценивается только по наблюдаемым во времени изменениям численности популяции, нельзя говорить о ней как о характеристике экосистемы, поскольку эти изменения определяются еще и величиной внешних воздействий на систему, т. е. в данном случае устойчивость характеризует пару экосистема – внешняя среда. Иногда устойчивость определяют как соотношение между изменением характеристик системы и величиной вызвавшего их воздействия. Если изменение характеристик системы фиксируется безотносительно к величине вызвавшего его внешнего воздействия, то предлагается использовать понятие стабильности.

Высшие цели регуляции в экосистемах связаны с сохранением темпов производства органического вещества: интенсивность использования падающей на Землю солнечной энергии должна поддерживаться на максимально возможном уровне. Сохранение же видового состава и численности отдельных популяций целесообразно лишь постольку, поскольку оно способствует поддержанию максимального темпа потока энергии через систему. Если на экосистему действуют все более и более жесткие условия среды, то сначала сохраняется и видовой состав, и темп потока энергии через систему, затем – только поток при измененном видовом составе, затем нарушается и скорость потока энергии. Включение специфических экологических регуляторов обеспечивает неизменность темпов потребления энергии и постоянство продукции сообщества. Лишь очень редкие в природе явления (катаклизмы) и человек способны вывести экосистему за пределы возможностей ее механизмов регуляции: экосистема как целостное образование исчезает, нарушается энергетический баланс, сохраняется жизнь лишь отдельных видов, возможно, ранее даже отсутствовавших в данной экосистеме.

В связи с этим в настоящее время изучение гомеостатических механизмов, деятельность которых направлена на сохранение экосистем, становится более чем актуальным в глобальном масштабе. Понятие гомеостаза оказывается связанным с кардинальными вопросами, на которые должна дать ответ экологическая наука: что такое экосистема, чем определяется ее тождественность самой себе, что такое «здоровье» экосистемы и каковы механизмы, поддерживающие ее существование? Практические требования, связанные с необходимостью оценки реальных возможностей человека по сохранению и целесообразному изменению природных комплексов и систем, вынуждают экологов и других специалистов выдвигать все новые критерии и понятия для описания различных самосохранительных свойств экологических систем. Работа эта, вероятно в силу своей сложности, еще далека от совершенства. Поэтому изучение сохранительных свойств систем надорганизменного уровня целесообразно начать с освоения уже разработанных в теории динамических систем понятий и представлений, таких как устойчивость (по Ляпунову), методы оценки чувствительности и др. Например, «степень гомеостаза» можно выразить отношением изменения некоторой характеристики системы  $y$ , «близость которой к норме» существенна для системы, и изменением внешнего воздействия  $v$ :

$$G = \frac{\frac{\Delta V}{v}}{\frac{\Delta Y}{y}}$$

Когда зависимость  $y(v)$  неизвестна, но имеются дискретные измерения  $v(t_i)$  и  $y(t_i)$ ,  $i = 1, 2, \dots, n$ , величину  $G$  можно найти как отношение средних отклонений  $\delta_v$  и  $\delta_y$  от их «нормальных значений»  $v_i$  и  $y_i$ :

$$G = \frac{\delta_v}{\delta_y},$$

где

$$\delta_v = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{\Delta v_i}{v_i}, \quad \delta_y = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{\Delta y_i}{y_i}.$$

Широко распространенным понятием, характеризующим рост популяции, является приспособленность, отражающая способность популяции к размножению. Она определяется как удельная скорость роста численности популяции  $N$ :

$$W(t) = \frac{1}{N} \frac{dN}{dt}.$$

Несмотря на ограниченность некоторых приемов описания гомеостатических свойств биосистем на отдельных уровнях, все же они позволяют выделить ряд общих характеристик, присущих всем этим уровням, а именно:

1. Гомеостатические качества являются одним из главных звеньев в системе сохранительных свойств биологических объектов на всех уровнях организации жизни. Однако при существенных изменениях условий внешней среды или структуры системы гомеостатические свойства могут нарушаться ради высшей цели – сохранения жизнедеятельности системы, ее стационарного неравновесного состояния. Следовательно, гомеостаз биосистем не является обязательным условием жизни; цель «гомеостаз» иерархически младше цели «сохранение жизни».

2. Гомеостатические свойства биосистем проявляются как слабая зависимость некоторых существенных переменных биосистем от условий внешней среды. В первую очередь понятие гомеостаза связывается со стационарными режимами системы. Хороший гомеостаз означает, что характеристики стационарного режима мало зависят от окружающих условий, т. е. малочувствительны к факторам внешней среды.

3. При существенных сдвигах в условиях среды переменные системы становятся все более чувствительными к этим изменениям. Возникает характерная зависимость внутренних переменных от переменных внешней среды – гомеостатическая кривая.

4. Гомеостатические свойства биосистемы развиваются при усложнении структуры системы, возникающем в эволюционном процессе. Чем сложнее биосистема, тем лучше могут быть ее гомеостатические свойства.

5. При переходе к следующему, более высокому уровню организации биосистем гомеостатические механизмы каждого данного уровня сохраняются в системе в качестве неспецифического «нижнего этажа», образующего «подсистемный слой» механизмов регуляции. Так, физиологические регуляторы являются неспецифическими подсистемными механизмами экологических систем.

6. Возможности каждого уровня гомеостатических механизмов ограничены. Включаясь, регулирующий механизм начинает изменять свои переменные вместе с изменением действующего на систему возмущения. Достигнув предельных значений или исчерпав наличные ресурсы, регулирующий механизм не способен компенсировать дальнейшее возмущающее влияние среды. При действии стрессорных факторов внешней среды происходит поочередное включение регуляторных механизмов разных уровней. После исчерпания ресурсов подсистемного уровня нагрузка ложится на специфические системные механизмы. Поскольку каждая биосистема входит в качестве элемента в системы иерархически более старших уровней, то исчерпание ресурсов специфических гомеостатических механизмов данной биосистемы не обязательно ведет к ее гибели, прекращению ее жизнедеятельности. Жизнь в этом случае поддерживают уже надсистемные механизмы регуляции. Поэтому в случаях действия сверхсильного стрессора на экологическую систему остается надежда на ее спасение.

В связи с исследованиями физиологии и экологии необходимо обратить внимание еще на одно важное свойство биосистем: все переменные в организме и в биосистемах других уровней подвержены закономерным циклическим изменениям. Управление данными циклами осуществ-

ляется таким образом, что средние значения частоты колебаний и их амплитуды поддерживаются в некоторых пределах. Система регулирования, посредством которой эти колебательные системы модулируются в пределах их нелинейного устойчивого рабочего диапазона, называется *гомеокинезом*.

## 2.8. Управление в биосистемах

В области рыболовства методы теории управления могут найти применение при анализе не только технических и экономических систем, но и биологических – на уровне экосистем или популяций, а также в отношении физиологии водных животных.

Задача анализа как одного из двух типов задач теории управления заключается в том, чтобы уметь найти для заданной системы ее реакции при том или ином входном воздействии и определить некоторые обобщенные свойства системы. Входными воздействиями, или входными сигналами (входами), называют действующие на объект внешние факторы, а выходными сигналами (выходами) – реакции объекта на эти воздействия.

В биологических системах различают два типа входных сигналов – возмущающие и задающие. *Задающие сигналы* определяют некоторые требования, которые биологическая система должна выполнить. Остальные входные сигналы, в том числе определяющие условия, в которых функционирует система, относятся к *возмущающим*. Такому делению сигналов соответствуют, например, исследования поведения объектов лова в естественных условиях обитания и при воздействии на них искусственных физических полей.

Одна и та же реально существующая величина в зависимости от желания исследователя и выбранного им способа описания системы может выступать в качестве различных сигналов. В простых случаях анализ систем ограничивается структурами с одной входной и одной выходной величинами. Системы же с несколькими входами и выходами представляются в матричной форме, после чего на них распространяются результаты классической теории. Классическим методом описания линейных систем считается запись связи между ее входом и выходом при помощи дифференциального (или разностного) уравнения.

Вторым типом задач теории управления является синтез систем с заданными свойствами. Суть задачи синтеза состоит в том, чтобы для реального исходного объекта выбрать такое управляющее устройство или регулятор, вместе с которым данный объект дает систему управления с нужными характеристиками.

Синтезируемая система должна отвечать следующим требованиям:

- система управления должна быть устойчивой, т. е. различные отклонения, возникающие под влиянием возмущающих сигналов, со временем должны затухать;
- реакции системы управления на входные сигналы должны обладать определенными свойствами, характеризующими качество системы;
- переходный процесс должен быть достаточно быстрым; ошибки в установившемся состоянии должны быть не очень велики и т. д.

Задача синтеза системы управления, которая обеспечивала бы наилучшие из возможных характеристик, известна как задача *об оптимальном управлении*. Однако для создания оптимальной системы управления необходима исчерпывающая информация о системе и среде, получение которой связано с чрезвычайными трудностями, а иногда и просто невозможно хотя бы в силу того, что при описании системы используется ее модель. В связи с этим возникла необходимость создания систем управления, в которых процессы сохраняют высокое качество, несмотря на то что параметры управляемого объекта и переменные внешней среды могут быть неизвестными или меняться неизвестным образом. Такие системы получили название *адаптивных систем*. Их особенность состоит в том, что в ответ на изменение характеристик объекта или среды происходит изменение параметров в управляющей части системы. Поскольку адаптивность и оптимальность – два совершенно не связанных понятия, адаптивная система может быть неоптимальной, а оптимальная – не обязательно адаптивной.

*Параметрами* в данном случае принято называть постоянные величины, определяющие свойства системы, а *переменными* – величины, меняющиеся в процессе ее функционирования. Однако разница между параметрами и переменными состоит главным образом в том, что переменные в системе меняются под действием внутренних связей системы, а параметры если и меняются (так называемые переменные параметры), то только под влиянием внешних обстоятельств, вне всякой связи с внутренними процессами в системе. И все же даже такая попытка

разделения описывающих систему величин на параметры и переменные не может считаться строгой. Если, как это часто бывает в биосистемах, процессы настройки и функционирования системы нельзя разделить, то разница между параметрами и переменными становится иллюзорной и такое разделение основывается, пожалуй, только на традициях и интуитивных представлениях исследователей. Одна и та же величина, описывающая биосистему, может выступать в одних случаях как переменная, в других – как параметр.

Применяемые в настоящее время способы изображения биологических систем в виде графических схем при сохранении во многом точности и строгости, присущих аналоговому моделированию, имеют общий смысл наглядного представления структурных свойств и особенностей исследуемых моделей.

Математическое описание какого-либо процесса или системы (объектов) часто дается в форме дифференциальных уравнений  $k$ -го порядка, разрешенных относительно старших производных, т. е.

$$\frac{d^k x_i}{d^k z} = f_i(x_1, x_1', x_1'', \dots, x_1^{(k-1)}; \dots; x_m, x_m', x_m'', \dots, x_m^{(k-1)}; z) \text{ при } i = 1, 2, \dots, m,$$

где  $x_i$  – переменная системы (зависимая переменная);

$z$  – независимая переменная;

$x_i', x_i'', \dots, x_i^{(k-1)}$  – производные  $x_i$  по  $z$  от первого до  $(k-1)$  порядка.

Если независимой переменной  $z$  является время  $t$ , то данное дифференциальное уравнение, представленное в виде системы уравнений первого порядка, примет вид *динамической системы*:

$$\dot{x} = f_i(x_1, \dot{x}_2, \dots, x_m; t) \text{ при } i = 1, 2, \dots, m.$$

В таком виде уравнения представлены в *нормальной форме Коши*, и их решение при некоторых ограничениях на вид функции  $f$  полностью определяется в некоторый момент времени  $t_0$  значениями функций  $x_1, x_2, \dots, x_m$ , которые называются *начальными условиями* данной системы и обычно записываются следующим образом:

$$\begin{aligned} x_1(t_0) &= x_{10}, \\ x_2(t_0) &= x_{20}, \\ &\dots\dots\dots \\ x_m(t_0) &= x_{m0}. \end{aligned}$$

Переменные  $x_1, x_2, \dots, x_m$  в данной системе называются иногда фазовыми координатами системы. Задание совокупности фазовых координат определяет состояние системы в текущий момент времени.

Графические схемы, используемые для описания структуры системы, должны с той или иной степенью полноты отражать связи между ее фазовыми координатами. Если в схеме отображаются лишь основные структурные связи между некоторыми переменными, дающие представление о характере связей в системе, то такая схема называется *блок-схемой системы*. При изображении блок-схемы можно не придерживаться каких-либо строго установленных обозначений для отдельных элементов и узлов.

Строгим графическим отражением уравнений системы является схема моделирования. Символы, используемые для отдельных элементов, должны быть стандартизированы, а все элементы структуры должны иметь один и тот же уровень детализации. Обычно при построении схем моделирования исходят из описания систем в нормальной форме Коши и используют набор стандартных обозначений элементов (рис. 5). Схема моделирования строится следующим образом: каждой фазовой координате ставится в соответствие один интегрирующий элемент (интегратор), а затем с помощью стандартных символов графически изображаются связи между интеграторами согласно правым частям уравнений системы. Подробно схемы моделирования уравнений системы даются В.Н. Новосельцевым [88].

В классической теории управления широко используется понятие *линейная система*, которое при определенных условиях применяется и для решения задач биокibernетики. Система называется линейной, если для нее справедлив *принцип суперпозиции*, т. е. если  $y(v_k)$  – реакция системы на воздействие  $v_k$ , то

$$y\left(\sum_{k=1}^i c_k v_k\right) = \sum_{k=1}^i c_k y(v_k)$$

при любых  $i, c_1, \dots, c_i$  и при любых функциях  $v_1(t), \dots, v_i(t)$ .

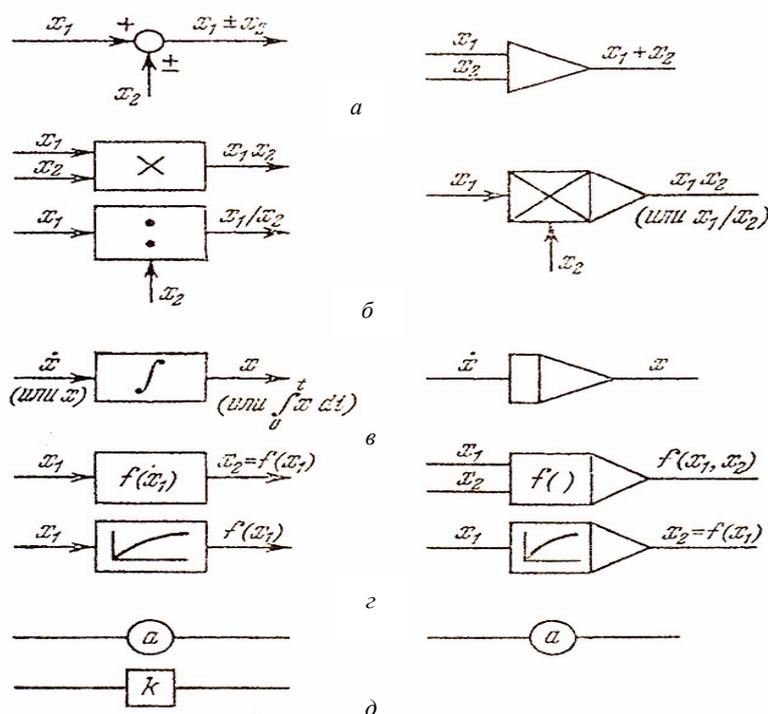


Рис. 5. Элементы структурных схем моделирования систем управления (слева приведены обозначения, наиболее часто используемые в схемах моделирования; справа – обозначения, применяемые для программирования):  
 а – суммирование (или вычитание); б – умножение (или деление – указывается делимое и делитель);  
 в – интегрирующее звено; г – нелинейное преобразование; д – постоянные коэффициенты

Однако в реальных условиях все живые системы в своих проявлениях обладают нелинейными свойствами, когда принцип суперпозиции нарушается. Наиболее частым видом нелинейности является насыщение, когда в определенном диапазоне изменений входного сигнала  $x_1$  элемента системы имеется четко выраженная зависимость выходного сигнала  $x_2$  от входного, а за пределами этого диапазона выходной сигнал попадает в область насыщения и перестает изменяться. Часто в некотором диапазоне изменений сигнала  $x_1$  зависимость  $x_2 = f(x_1)$  почти не отличается от линейной. В этом малом диапазоне исходная зависимость может быть *линеаризована*:  $x_2 = kx_1$ , где  $x_1, x_2$  – приращения сигналов  $x_1$  и  $x_2$ , отсчитываемые от некоторой точки ( $x_1^0, x_2^0$ ), в которой производится линеаризация, а  $k$  – угол наклона кривой  $f(x_1)$  в этой точке.

Часто приходится линеаризовать зависимости от двух или большего числа переменных. Например, биомасса в единице объема есть произведение числа особей на массу отдельной особи. В этом случае при рассмотрении небольших вариаций приходится линеаризовать произведение:

$$x_3 = kx_1x_2.$$

При этом приращения всех сигналов относительно исходных значений  $x_1^0, x_2^0, x_3^0$  связаны соотношениями  $x_3 = k_1x_1 + k_2x_2, k_1 = kx_2^0, k_2 = kx_1^0$ .

Еще одно важное понятие, используемое в управлении – это *обратная связь*, т. е. передача сигналов в направлении от выхода системы к входу. В сложных системах может возникнуть ситуация, когда та или иная связь между двумя переменными может трактоваться как прямая (идушая в направлении от входа к выходу) или обратная. Это зависит от того, влияние какого входа на какой выход или на какую внутреннюю переменную рассматривается.

Понятие отрицательной обратной связи удобно для понимания и качественного осмысления процессов в биосистемах. Применение этого понятия связано с необходимостью выделения из сложной системы относительно простых элементарных подсистем. Однако вычлняя из системы ее отдельные компоненты и рассматривая их порознь, необходимо помнить и сознавать, что при этом фактически теряется возможность исследования целостного объекта.

Наиболее распространенным видом обратной связи в биосистемах является так называемая *параметрическая обратная связь*. Здесь в прямом канале от входа  $v_1$  к выходу  $x_1$  имеется параметр  $k$ , который может меняться под действием некоторой переменной  $x_2$ , т. е.  $k = k(x_2)$ . Тогда увеличение (или уменьшение) входного сигнала  $v_1$  сначала по прямому каналу вызывает уве-

личение (или уменьшение)  $x_1$ , но затем переменная  $x_2$ , изменившись под действием  $x_1$ , приведет к противоположно направленному изменению  $k$  (соответственно к его уменьшению или увеличению). Эффект действия такой отрицательной связи заключается в уменьшении изменения переменной  $x_1$  при действии входа  $v_1$ .

При моделировании биосистем получила распространение отрицательная обратная связь по отклонению от уставки. В этом случае задающий входной сигнал сравнивается с выходом системы. Сигнал  $\varepsilon = w - y$  называется *сигналом ошибки*, или *рассогласованием*. Сигнал рассогласования поступает на вход регулятора, который вырабатывает управляющий сигнал  $u$ . Управление  $u$  поступает на вход объекта. Кроме того, учитывается и действие на объект внешнего возмущающего сигнала  $v$ .

Принцип обратной связи получил чрезвычайно широкое распространение при методологическом и математическом описании биологических систем и явлений на всех уровнях организации жизни и в свое время был признан ведущим принципом саморегуляции и самоуправления в живой природе. Однако нельзя не отметить, что математические методы исследований сложных явлений в живых системах подвергались и подвергаются серьезной критике. Причем эти критические замечания относятся не столько к принципиальным вопросам возможности и необходимости использования этих методов, сколько к конкретным фактам их проявления, и прежде всего к использованию излишне упрощенных способов описания сложных форм организации живой природы.

В теории управления исследование *устойчивости* относится к следующей ситуации. Сначала на систему действует некоторое возмущение, нарушающее равновесие в ней. Затем это возмущение снимается, перестает действовать. Однако в системе уже возникло некоторое неравновесное состояние. Это состояние представляет собой начальные условия для свободного движения системы – процесса регулирования. Если после достаточно малого возмущения в системе восстанавливается тот же режим, который поддерживался в ней до начала действия возмущения, процесс называется *сходящимся*, или *устойчивым*, в противном случае – *неустойчивым*.

Наиболее просто понятие устойчивости применимо к линейным системам с постоянными параметрами. Если корни их характеристического уравнения лежат в левой полуплоскости, то все процессы независимо от величины начальных отклонений, вызванных внешними воздействиями, оказываются устойчивыми. Тогда и сами системы называются устойчивыми.

Для нелинейных систем устойчивость поведения – понятие более сложное. Движения в нелинейной системе могут быть устойчивыми в одной области изменения переменных и неустойчивыми – в другой. Поэтому для нелинейного случая рассматривают не устойчивость системы, а устойчивость движений или траекторий.

*Чувствительность* системы в теории управления – это свойство системы изменять свой режим и характеристики поведения при изменении какого-либо параметра. При этом чем больше меняется режим системы, тем она более чувствительна. Иногда чувствительностью называют показатель, количественно характеризующий это свойство.

Задача исследования чувствительности ставится в следующих условиях. Задается некоторая система, называемая *исходной*. В этой системе происходит изменение (вариация) некоторых параметров. Измененная система называется *варьированной*. Процессы в исходной и варьированной системах, возникающие в ответ на действие одного и того же входного сигнала, различаются между собой. Их разность называется *дополнительным движением*.

Ситуации, в которых проявляются устойчивость и чувствительность, отличаются тем, что при исследовании устойчивости возмущение, вызвавшее отклонение движения, сразу же снимается и исследуется свободное движение системы. В задаче исследования чувствительности действие возмущающего фактора – изменившегося значения параметра внешнего сигнала – продолжается постоянно.

Рассмотрим основные понятия, принятые в классической теории автоматического управления для исследования чувствительности систем, на нескольких примерах. Пусть исходная система описывается уравнением

$$\frac{dx}{dt} = f(x, a)$$

при начальном значении  $x_0$  и параметре  $a$ . Если в некоторый момент времени величина  $a$  получила приращение  $\Delta a$ , то варьированное движение описывается уравнением

$$\frac{d\tilde{x}}{dt} = f(\tilde{x}, a + \Delta a),$$

а дополнительное движение – уравнением

$$\Delta x(t) = \tilde{x}(t) - x(t).$$

Если вариация  $\Delta a$  настолько мала, что можно ограничиться линейным приближением при разложении  $\tilde{x}(t)$  и  $x(t)$  в ряд Тейлора по  $a$ , то, используя последнее выражение, можно получить уравнение первого приближения

$$\Delta x = \left( \frac{\delta \tilde{x}}{\delta a} \right)_{\Delta a=0} \Delta a.$$

Функция времени

$$u(t) = \frac{\delta x(t)}{\delta a}$$

называется *функцией чувствительности* координаты  $x$  к параметру  $a$ .

С помощью функций чувствительности можно оценить степень влияния того или иного параметра на координаты системы и найти отклонение процессов в варьированной системе от процесса в исходной системе как функцию времени.

Другой пример показывает, как можно сформулировать задачу анализа чувствительности системы в том случае, когда нас интересует зависимость переменных  $x$  системы от изменяющихся условий внешней среды  $v$ . Будем рассматривать величину  $v$  в качестве параметра системы, на которую действует одно и то же внешнее воздействие – единичное ступенчатое возмущение. Тогда  $v(t) = v \cdot 1(t)$ , где символ  $1(t)$  означает *единичный скачок*:

$$1(t) = \begin{cases} 0, & t < 0, \\ 1, & t > 0. \end{cases}$$

Теперь можно сравнивать поведение исходной и возмущенной систем, отличающихся величиной  $v$ , на одно и то же воздействие  $1(t)$ . Если интерес представляет чувствительность переменной  $x$  к изменениям величины  $v$ , то можно воспользоваться функцией чувствительности.

Чтобы аналитически построить функции чувствительности в системах уравнения, необходимо решать так называемые *уравнения чувствительности*, что связано с определенными сложностями и не всегда целесообразно. Поэтому в теории управления существует ряд методов получения функций чувствительности без решения этих уравнений.

Особую роль при исследовании зависимости биосистем от условий внешней среды играет установившееся значение функций чувствительности. Оно определяет сдвиги стационарного режима системы при стационарном изменении условий внешней среды.

Пусть  $x$  – стационарное значение внутренней переменной системы,  $\Delta x$  – его изменение при изменившихся условиях среды, и пусть возмущающее действие среды описывается ступенчатым изменением возмущающего входа  $v$  на величину  $\Delta v$ . Тогда стационарное состояние системы смещается на величину  $\Delta x$ :

$$\Delta x = \frac{\delta x}{\delta v} \Delta v,$$

где  $\frac{\delta x}{\delta v} = \lim_{t \rightarrow \infty} u(t)$  – коэффициент передачи от внешнего входа (возмущающего сигнала  $v$ ) к переменной  $x$ . Частную производную  $\delta x / \delta v$ , определяющую изменение стационарного значения переменной  $x$  при стационарном изменении входа  $v$ , называют *статическим коэффициентом чувствительности*, или просто *коэффициентом чувствительности  $x$  к  $v$* , и обозначают символом  $\dot{\delta}$ . Для получения коэффициентов чувствительности в устойчивой системе достаточно рассмотреть только стационарные режимы.

Важность исследования чувствительности для биологических систем объясняется тем, что такая постановка задачи близка по смыслу к задачам анализа сохранительных характеристик живых систем, зависимости переменных их внутренней среды от внешних условий. Понятие

чувствительности системы наиболее близко для характеристики свойств экологических систем и может явиться адекватным аппаратом исследования их сохранительных способностей. В частности, определенное развитие в экологических и биохимических исследованиях получило направление, связанное с изучением способности систем сохранять свои характеристики при перемене условий существования.

*Адаптация и оптимальность.* В биологии термином «адаптация» обозначается любое приспособление организма к условиям существования. Однако применение столь широкого термина к системам управления неудобно, так как любая, даже самая простая система с обратной связью обладает способностью автоматически приспосабливаться к изменению внешних условий. Поэтому в теории управления к адаптивным системам относят только те, которые автоматически приспосабливаются к *непредвиденным* изменениям параметров объекта и внешней среды.

В наиболее простом случае *адаптация системы управления* к изменениям внешних условий или параметров объекта состоит в том, что в ответ на эти изменения в системе происходит изменение параметров регулятора, направленное на сохранение работоспособности и качества системы. Для этого в систему управления кроме основного контура вводится *дополнительная цепь адаптации*. Совокупность изменяемой части основного контура и цепи адаптации называется *адаптивным регулятором*. В терминах теории управления любая модель биосистемы, включающая хотя бы одну параметрическую обратную связь, является адаптивной системой.

Иногда наличие дополнительного контура адаптации считают признаком оптимальности системы. Однако адаптивность и оптимальность – две самостоятельные, никак не связанные между собой характеристики систем управления. Адаптация дает улучшение качества системы, но не обязательно приводит к ее оптимальности. Другое дело, что адаптация часто используется как средство достижения оптимальности в заранее неизвестных условиях.

Достижение оптимальности в системе за счет адаптации обычно связано с включением в систему дополнительных более или менее сложных устройств переработки информации. В живых системах надорганизменного и суборганизменного уровня процессы адаптации должны протекать на более простом в смысле алгоритмического обеспечения уровне. Биосистеме достаточно иметь простые механизмы типа параметрической обратной связи и, адаптируясь к условиям среды, достигать тех же внешних характеристик поведения, что и в оптимальной системе, но более простыми и надежными, хотя и более энергоемкими способами. Оптимальность и адаптация при этом оказываются двумя различными и даже конкурирующими вариантами достижения одной цели – получения предпочтительного поведения биосистемы.

## 2.9. Метод пространства состояний

О состоянии биологической системы принято говорить как об очень широком круге показателей и характеристик, определяющих ее функционирование и реакции на различные внешние факторы. В биогеоэкологии термин «состояние» используется как аналог некоторых интегральных характеристик биосистемы. При этом важными показателями являются «состояние биоценотической системы в целом» и «ее устойчивость во времени». Иногда термин «состояние биосистемы» относится к переменным типа «уровень», как в экосистемах, иногда – к переменным системы типа «темп», как в сравнительной физиологии, а в некоторых случаях связывается с обобщенными характеристиками биосистемы.

В теории управления существуют более строгие определения состояния системы. К примеру, по В.Н. Новосельцеву «состояние динамической системы – это наименьший набор чисел, которые необходимо задать в данный момент времени  $t_0$ , чтобы была возможность в рамках математического описания системы предсказать ее поведение в любой будущий момент времени  $t > t_0$ » [88]. Этот набор чисел называется вектором состояния системы и определяется на основе использования схем моделирования.

Таким образом, состояние системы есть вектор, составленный из выходных переменных всех ее интеграторов, или из ее фазовых координат. В моделях биологических систем выходные сигналы интеграторов всегда описывают запас вещества или энергии в системе, определяют их уровни – количества или концентрации, т. е. вектор состояния биосистемы является вектором концентрации веществ в этой системе. Задание уровней в системе достаточно для определения всех темпов процессов, происходящих в ней, если известны законы функционирования системы и условия среды, в которых она находится. «Следовательно, состояние системы есть минималь-



$$\begin{aligned}\dot{x}(t) &= A(t)x + B(t)v, \\ y(t) &= C(t)x + D(t)v,\end{aligned}$$

где матрицы  $A$ ,  $B$ ,  $C$ ,  $D$  имеют переменные по времени элементы, поскольку линеаризация производится каждый раз в различных точках  $x^*(t)$ ,  $v^*(t)$ .

В стационарном режиме при  $v = \text{const}$  вектор состояния системы не меняется,  $\dot{x} = 0$ , и дифференциальное уравнение состояния переходит в алгебраическое уравнение  $Ax + Bv = 0$ .

Решив уравнение состояния относительно  $x$ :  $x = -A^{-1}Bv$ , можно определить выходы системы, так как они связаны с состоянием алгебраическим уравнением  $y = -CA^{-1}Bv + Dv = (D - CA^{-1}B)v$ .

Переходный процесс возникает в системе либо при изменении входных сигналов, либо при наличии начальных условий по  $x$ , отличающихся от равновесных. При этом каждая координата системы претерпевает некоторые изменения. Характер этих изменений в линейном случае полностью определяется свойствами матриц, описывающих систему.

Если система является асимптотически устойчивой, то переходные процессы по всем координатам, вызванные при неизменных условиях среды отклонениями некоторых координат  $x$  от стационарного состояния

$$x = -A^{-1}Bv,$$

с течением времени затухают, и переменные возвращаются к этому состоянию. Устойчивость системы зависит исключительно от вида матрицы  $A$ . Динамическая система асимптотически устойчива, если все собственные числа матрицы  $A$  имеют отрицательные действительные части. Если возникает необходимость исследования устойчивости живых систем по их нелинейным моделям, то осуществляется переход к линейному случаю [88].

Из уравнений стационарного режима следует, что свойства системы определяются матрицами  $A$ ,  $B$ ,  $C$ ,  $D$ . Устойчивость системы зависит от вида основной матрицы  $A$ ; структуру влияния входов на переменные состояния определяет матрица связи (или матрица управления)  $B$ ; матрицы  $C$  и  $D$  показывают, как состояние системы отражается на ее внешних реакциях – выходах  $y$ , и не влияют на внутренние свойства системы. В технических задачах представление переменных состояния в выходном векторе определяется только матрицей  $C$ , которая в теории управления иногда называется матрицей наблюдения. В биологических задачах матрица  $D$  может отражать свойства процессов обмена веществами и энергией между системой и средой.

Чувствительность вектора стационарных значений переменных состояния к вектору стационарных значений входов  $v$  есть производная:

$$\frac{dx}{dv} = -A^{-1}B,$$

а чувствительность выходного вектора определяется формулой

$$\frac{dy}{dv} = D - CA^{-1}B.$$

Устойчивость системы в отличие от ее чувствительности определяется свойствами одной лишь матрицы  $A$  и является свойством системы возвращаться в исходное состояние при наличии начальных условий, отличающихся от стационарных, независимо от причин, приводящих к таким начальным условиям (эти условия могут возникнуть после кратковременного возмущения состояния при постоянных условиях внешней среды). Чувствительность стационарных режимов определяется свойствами матриц  $A$  и  $B$ . Это свойство характеризует способность системы сохранять или изменять свои реакции на внешние возмущения, сохраняя свои стационарные значения переменных, при изменении параметров внешней среды.

С развитием метода пространства состояний, существенно расширившего возможности исследования сложных систем по сравнению с классическим методом, возникли понятия управляемости и наблюдаемости.

Если структура системы (вид матриц  $A$  и  $C$ ) такова, что по заданному выходному сигналу  $y(t)$  можно однозначно восстановить  $x(t)$ , то говорят о наблюдаемости системы. Состояние  $x(t_0)$  называется наблюдаемым в момент времени  $t_0$ , если можно указать такой интервал времени  $t \leq t_0 \leq T$ , что по известным значениям  $v(t)$  и  $y(t)$  при  $t \leq t_0 \leq T$  можно найти  $x(t_0)$ . Если все состояния наблюдаемы в любой момент времени, то говорят, что система полностью наблюдаема.

Управляемость системы означает, что при заданном виде матриц  $A$  и  $B$  существует такое управление, которое за конечное время переводит систему из любого начального состояния в некоторое заданное конечное состояние. Если заданное конечное состояние  $x(T)$  может быть достигнуто из начального состояния  $x(t_0)$ , то состояние  $x(t_0)$  называется управляемым в момент времени  $t_0$ . Если все состояния системы управляемы в любой момент времени, то система полностью управляема.

Следует иметь в виду, что управление может действовать на некоторую рассматриваемую координату как непосредственно, так и косвенно. В первом случае в правой части уравнения появляются координаты вектора управления  $u$ ; во втором случае в правой части уравнения для рассматриваемой координаты самих координат вектора управления нет, но зато есть другие координаты вектора состояния, которые уже зависят от управления  $u$ .

Понятия управляемости и наблюдаемости имеют принципиальное значение при исследовании сложных систем, в том числе и биологических. Неучет неуправляемых или ненаблюдаемых подсистем в исследуемой системе может привести к ошибочным выводам. Наличие неуправляемой подсистемы  $S_3$  в биосистеме может при любых попытках управления природными процессами привести к чрезмерному росту наблюдаемых переменных подсистемы  $S_1$  не за счет управления  $u$ , а только за счет влияния неуправляемой части  $S_3$ .

Если ранг матриц  $[B \ AB \ (A)^2B \ \dots \ (A)^{m-1}B]$  и  $[C^T \ A^T C^T \ (A^T)^2 C^T \ \dots \ (A^T)^{m-1} C^T]$  равен  $m$ , то это является соответственно условием полной управляемости системы или полной ее наблюдаемости.

## 2.10. Компартментальные модели биосистем

В результате изучения живых систем оказалось, что в них можно выделить некоторые относительно независимые количества или объемы вещества (в форме элементов системы) как некое целое, легко выделяемое из остальной системы. Если предположить, что эти количества вещества равномерно распределены в некоторых объемах, так что их концентрация постоянна, то

$$\frac{dc}{dx_i} = 0,$$

где  $c$  – концентрация рассматриваемого вещества;

$x_i, i = 1, 2, 3$  – пространственные координаты.

Удобным способом изучения таких систем стал компартментальный анализ, основным элементом которого является понятие компартмента.

Обычно компартментом называется некоторое количество вещества, выступающее в процессах транспортировки и обмена как самостоятельная единица. В общем случае компартментом можно назвать вещество, характеризующееся некоторой количественной мерой. Как правило, компартмент описывается массой или концентрацией рассматриваемого вещества или объемом, который оно занимает в пространстве.

Модели биологических систем, в которых используется представление о компартментах, называются *компартментальными моделями*. Такие модели, как правило, используются для исследования процессов переноса вещества и энергии внутри живой системы и обмена их со средой. В этом случае компартментам приписывается пространственная характеристика: компартменту соответствует некоторая область или объем в биосистеме.

Так, в водных экосистемах можно производить разделение на области акватории или по глубинным слоям. В каждой области равномерно распределенными компонентами являются различные виды или возрастно-половые группы. В моделях экологических систем часто делается допущение, что все исследуемые процессы происходят на некоторой ограниченной территории, и в качестве компартментов выступают численности или плотности различных видов или возрастных групп животных.

В общем случае компартментальная модель содержит несколько связанных между собой компартментов, в которых протекают три типа процессов: обмен компонентами между отдельными компартментами, а также между компартментами и средой, превращение компонент друг в друга и утилизация как результат разнообразных процессов, приводящих к исчезновению рассматриваемых компонент.

Примерами процессов первого типа на уровне экосистем являются миграции животных, перенос биомассы растительных и животных видов под действием течений и т. д.

К процессам превращения компонент относятся взаимодействия типа «хищник – жертва» в экологических системах, на уровне популяций – переход из одной возрастной группы в другую и т. д. При описании экосистем компартментом считается обычно любой элемент системы, с которым связано накопление биомассы.

Если некоторое вещество в компартментальной системе перемещается из одного компартмента в другой, темп изменения количества этого вещества  $x_i$  для  $i$ -го компартмента определяется уравнением

$$\dot{x}_i = \sum_{j=1, j \neq i}^n y_{ij} - \sum_{k=1, k \neq i}^n y_{ki} + y_{i0} - g_i - d_i - y_{0i},$$

где  $x_i$  – количество вещества в  $i$ -м компартменте;

$y_i$  – темп потока вещества из  $j$ -го компартмента в  $i$ -й;

$y_{i0}$  и  $y_{0i}$  – темпы потоков вещества из окружающей среды в  $i$ -й компартмент и из компартмента в среду;

$g_i$  и  $d_i$  – соответственно темпы возникновения и исчезновения вещества в  $i$ -м компартменте.

Развитие компартментального анализа систем в течение длительного времени было связано почти исключительно с изучением так называемых индикаторных методов исследования физиологических систем. Эти методы заключаются в том, что для анализа потоков вещества в некоторой системе в нее вводится извне специфическое вещество – индикатор, движение которого легко регистрируется. Обычно это радиоактивные или окрашивающие вещества.

Изменение количества индикатора в компартменте с течением времени есть функция  $\rho(t)$ :

$$\rho(t) = Vx(t),$$

где  $V$  – объем компартмента;

$x(t)$  – плотность индикатора.

В стационарном режиме темп притока вещества в данный компартмент равен темпу его оттока. Тогда темп уменьшения количества индикатора в компартменте тем больше, чем больше темп обмена вещества:

$$\frac{d\rho}{dt} = -rx.$$

Отношение количества вещества, покидающего компартмент в единицу времени, к общему количеству вещества ( $V$ ) в компартменте, находится по формуле

$$L = \frac{r}{V}$$

и называется *клиренсом*. Он определяет динамику изменения количества индикатора:

$$\frac{d\rho}{dt} = -\rho L.$$

Процессы в компартментальных моделях описываются обыкновенными дифференциальными уравнениями, что позволяет широко использовать при их исследовании методы пространства состояний.

Сущность процессов жизни состоит в том, что компоненты, поступающие из окружающей среды в биосистему и запасаемые в ней, взаимодействуют между собой, вступают в реакции, преобразуются и включаются в круговорот веществ и энергии, утилизируются, а ненужные биосистеме вещества снова переходят в окружающую среду. Для описания взаимодействия и превращения компонент в биосистемах экологического уровня существует несколько типовых способов.

Если популяция организмов рассматривается как целое без ее деления на какие-либо группы (возрастные или половозрастные), то изменение ее численности часто описывается *уравнением Ферхюльста – Пирла* для однородной популяции:

$$\frac{dN}{dt} = (\alpha - vN)N,$$

где  $N$  – численность особей в популяции в момент времени  $t$ ;

$\alpha > 0$  – коэффициент естественного прироста;

$v > 0$  – коэффициент, учитывающий конкуренцию внутри популяции (за пищу, пространство и т. д.).

В моделях водных экосистем обычно исследуется несколько компонент – в пределах каждой популяции – группы сеголеток, рыб в возрасте от года до двух лет, от двух до трех лет и т. д. Из-за сезонности размножения популяций уравнения, описывающие переход особей из группы в группу, записывают в дискретной форме, считая, что в определенный момент низшая возрастная группа переходит в высшую, а мальки поступают в нулевую группу популяции.

Пусть популяция состоит из  $(n + 1)$  компонент ( $n$  возрастных групп плюс нулевая возрастная группа – мальки). Тогда в год с номером  $k$  состояние популяции описывается вектором

$$x^{(k)} = [x_0^{(k)} x_1^{(k)}, \dots, x_i^{(k)}]^T,$$

где  $x_i$  – численность  $i$ -й возрастной группы.

Связь между состоянием популяций в год с номером  $(k + 1)$  и состоянием в  $k$ -й год описывается уравнением

$$x^{(k+1)} = Ux^{(k)}.$$

В данной формуле матрица размерности  $(k + 1) \times (k + 1)$  имеет вид

$$U = \begin{pmatrix} 0 & \varepsilon_1 & \varepsilon_2 & \dots & \varepsilon_{i-1} & \varepsilon_i, \\ \beta_0 & 0 & 0 & \dots & 0 & 0, \\ 0 & \beta_1 & 0 & \dots & 0 & 0, \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & 0 & \dots & \beta_{i-1} & 0, \end{pmatrix}$$

где  $\beta_i$  – коэффициент выживаемости  $i$ -й возрастной группы;

$\varepsilon_i$  – коэффициент пополнения нулевой возрастной группы (средняя плодовитость особей  $i$ -го класса).

Матрица данного типа называется *матрицей Лесли*. Коэффициенты  $\beta$  и  $\varepsilon$  могут сложным образом зависеть от численности популяции и ее компонент, а также от условий среды (абиотических факторов).

Если считать, что численность возрастных групп меняется во времени непрерывно, то можно рассматривать дифференциальные уравнения

$$\dot{x}_i = Lx_i.$$

В данном уравнении  $x_i$  – численность  $i$ -й возрастной группы, а матрица  $L$  имеет вид

$$L = \begin{pmatrix} -\alpha_0 - \mu_0 & \varepsilon_1 & \varepsilon_2 & \dots & \varepsilon_{i-1} & \varepsilon_i, \\ \alpha_0 & -\alpha_1 - \mu_1 & 0 & \dots & 0 & 0, \\ 0 & \alpha_1 & -\alpha_2 - \mu_2 & \dots & 0 & 0, \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & 0 & \dots & -\alpha_i - \mu_i & 0, \end{pmatrix}$$

где  $\alpha_i$  – коэффициент, определяющий вероятность перехода особей  $i$ -й возрастной группы в следующую;

$\mu_i$  – коэффициент естественной смертности в  $i$ -й группе.

Простейшей моделью взаимодействия популяций в экосистеме является модель Вольтерра «хищник – жертва», рассматриваемая при следующих условиях: пища для жертвы имеется в изобилии, хищник питается только жертвой. Прирост жертв за малый промежуток времени пропорционален их численности, прирост хищников пропорционален произведению количества хищников на количество жертв, что соответствует частоте возможных встреч хищников с жертвой. Естественная смертность хищников пропорциональна их численности.

Модель имеет следующий вид:

$$\begin{aligned} \frac{dx_1}{dt} &= x_1(\varepsilon_1 - v_{12}x_2), \\ \frac{dx_2}{dt} &= x_2(-\varepsilon_2 + v_{21}x_1), \end{aligned}$$

где  $x_1, x_2$  – количество особей соответственно жертв и хищников;

$\varepsilon_1$  – коэффициент естественного прироста жертв;

$\varepsilon_2$  – коэффициент естественной убыли хищников;

$\nu_1, \nu_2$  – коэффициенты, определяющие «конкурентоспособность» жертв и хищников.

Уравнение Вольтерра получило широкое распространение при моделировании биоценозов различного вида, неоднократно обобщалось и дополнялось для исследования различных свойств экосистем. Поскольку решение уравнения Вольтерра приводит к циклическим движениям, то особое внимание при его обобщениях уделяется тому, чтобы можно было получить все виды поведения системы: гибель обеих популяций или одной из них, устойчивое сосуществование, режим с периодическим увеличением и уменьшением численности популяций.

Сравнительно широкое применение для математического описания экологических систем находит модель Ферхюльста – Пирла, записанная для системы из  $n$  видов:

$$\dot{x}_i = \varepsilon_i x_i + \frac{1}{\beta_i} \sum_{j=1}^n \alpha_{ij} x_i x_j, \quad i = 1, 2, \dots, n,$$

где  $\varepsilon_i$  – внутренние коэффициенты прироста;

$\beta_i$  и  $\alpha_{ij}$  – коэффициенты, описывающие влияние популяций друг на друга.

Системы с лимитирующим фактором, как правило, описываются с применением принципа Либиха. Соответствующее этому принципу свойство систем заключается в том, что на каждом этапе ее функционирования существует единственная переменная, ограничивающая темпы протекающих в системе процессов. Формализованная теория систем, функционирующих в соответствии с принципом Либиха, получила название теории Л-систем. Примерами Л-систем являются как биосистемы (организмы, биоценозы), так и многие системы производства и экономики.

В общей схеме компартментальной модели живой системы основным элементом является вектор состояния системы  $x$ , характеризующий уровни (концентрации или количества) всех компонент, принимающих участие в обмене веществ в биосистеме.

Жизнедеятельность системы связана с процессами потребления веществ, темп и скорость которых определяется внешними по отношению к системе факторами (например, условиями внешней среды  $v$ ) и некоторыми внутренними характеристиками (например, биомассой). Эти темпы обозначаются как первичные.

Процессы потребления уравниваются в биосистеме преобразованием поступающих извне компонент в необходимые для жизнедеятельности вещества, что на схеме показано блоком «процессы синтеза», и перемещением образовавшихся веществ в те компартменты, где происходит их утилизация (блок «процессы переноса»). Рассматриваемые механизмы включают в себя и процессы выведения из биосистемы продуктов ее жизнедеятельности. Скорости процессов синтеза и переноса зависят от вектора концентраций  $x$ , внешних условий  $v$  и задающих сигналов  $w$ .

С точки зрения теории управления первичные темпы могут играть в системе роль внешнего задающего сигнала, а вторичные (темпы доставки вещества в те компартменты, где происходит их расходование) – роль управляемого, выходного сигнала. Величина вторичных темпов зависит от темпов расходования и возможностей регуляторных механизмов, которые стремятся обеспечить баланс вещества и энергии в системе.

Если имеют место малые отклонения от некоторых нормальных режимов в системе, то все три основных процесса можно описать линейными уравнениями с переменными коэффициентами:

1) процессы переноса компонент ( $\dot{x}^{(1)} = A_1 x + B_1 v + Q_1 w$ );

2) процессы синтеза компонент ( $\dot{x}^{(2)} = A_2 x + B_2 v + Q_2 w$ );

3) скорость потребления компонент ( $\dot{x}^{(3)} = R w + P x + S v$ ).

Вторичные темпы определяются суммой двух первых соотношений, а первичные – третьим.

Уравнение состояния системы в этом случае имеет вид

$$\dot{x} = (A + P)x + (B + S)v + (R + Q)w,$$

где  $x$  – вектор состояния системы;

$v$  и  $w$  – входные сигналы;

$A = A_1 + A_2$ ;  $B = B_1 + B_2$ ;  $Q = Q_1 + Q_2$ ;  $P, S, R$  – матрицы соответствующих размерностей.

Данное уравнение позволяет исследовать общие свойства компартментальных моделей живых систем – их динамические характеристики. Такое исследование представляет собой осно-

ву компартментального анализа живых систем, который становится все более распространенным методом исследования экосистем, явлений и процессов, происходящих в биосистемах.

Рассматривая энергетические и другие сложные аспекты существования экосистем, удобно все организмы делить на производителей (*продуцентов*) органического вещества – это главным образом фотосинтезирующие организмы, и на потребителей (*консументов*) – это прежде всего животные, а также грибы и многие бактерии (*редуценты*) – разрушители органического вещества. Потребители делятся иногда на первичных (растительноядных позвоночных животных и насекомых) и вторичных – хищников и паразитов, которые живут за счет первых.

Одной из ранних моделей реальных экосистем является модель водного экологического сообщества «Силвер Спрингс» во Флориде, разработанная Ю. Одумом [118]. Кроме того, разработаны компартментальные модели Перуанской системы, атлантических вод Норвежского моря, экологической системы Азовского региона.

### Глава 3. МЕТОДЫ ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ ВОДНЫХ ЭКОСИСТЕМ

Промысловая разведка в новой ее интерпретации – как мониторинг среды и исследование экосистем промысловых районов – весьма разноплановая область деятельности. Даже если ограничиться только сбором первичного материала, то качество его могут обеспечить специалисты, работающие в широком спектре специальностей: ихтиологи, гидробиологи, океанографы, гидроакустики, инженеры с различной специализацией – при условии грамотного организующего начала и соответствующего вспомогательного обеспечения. Основу этой главы составляют материалы обобщающих трудов ведущих специалистов в области рыбохозяйственных исследований: И.Ф. Правдина, Т.Ф. Деменьтьевой, Л.Н. Бочарова, В.И. Кудрявцева, Ю.В. Истошина и др. [6, 7, 12, 31, 39, 44, 53, 57, 64, 66, 92, 99, 109, 112, 114, 125, 128, 138, 163].

Методические разделы, составленные на основе соответствующих разработок специалистов ТИНРО и ВНИРО, приводятся с наибольшей степенью соответствия оригиналам [55, 56, 131–134].

#### 3.1. Сбор океанографических данных

В результате океанографических наблюдений должны быть установлены как степень изменчивости океанографических элементов во времени и пространстве, так и причины, вызывающие эту изменчивость.

Первому требованию в первом приближении удовлетворяют стационарные наблюдения, непрерывно регистрирующие ход океанографических элементов, дополняемые повторяющимися гидрологическими съемками, состоящими из близко расположенных друг к другу разрезов, дающих непрерывную картину распределения элемента в пространстве.

Второму требованию удовлетворяют комплексные наблюдения, проводимые одновременно за несколькими взаимосвязанными элементами гидрометеорологического режима. Например, при изучении морских течений необходимо, помимо измерений самих течений, производить наблюдения в изучаемом районе за колебаниями уровня и изменениями в распределении плотности морской воды, режимом ветра и атмосферного давления над обширными пространствами океана. Таким образом, океанографические наблюдения необходимо сопровождать одновременными метеорологическими наблюдениями, в том числе и специально организованными. Важную роль в выяснении причин океанографических явлений и процессов играют целенаправленные тематические экспедиции.

Некоторые океанографические элементы почти лишены сезонного хода, обладают очень небольшой межгодовой изменчивостью и не нуждаются в прослеживании их векового хода. Другие же элементы весьма резко меняются от сезона к сезону и от года к году и требуют непрерывного и постоянного наблюдения. С другой стороны, для ряда районов океана, в первую очередь районов рыбного промысла, требуется постоянная информация о текущем состоянии гидросферы. Поэтому в океане должна быть организована сеть наблюдательных пунктов, ведущих

по возможности непрерывные наблюдения как на поверхности моря, так и в его глубинах и атмосфере. Основное назначение этой сети – прослеживание векового хода океанографических элементов и текущая информация о состоянии гидрометеорологического режима моря.

Густота наблюдательных пунктов в море зависит от характера изменчивости явления в пространстве и для различных явлений может колебаться в широких пределах. При этом должна быть учтена требуемая точность наблюдений: чем больше желаемая точность и чем больше изменчивость явлений, тем гуще должна быть сеть наблюдательных пунктов, в том числе научно-исследовательских и поисковых судов, выполняющих регулярные гидрологические станции, разрезы и съемки.

Гидрологические разрезы и съемки служат для изучения пространственного распределения океанографических характеристик, причем только съемки с густой сеткой разрезов и с частым расположением станций на разрезах позволяют достаточно полно решить указанную задачу. Единичные разрезы дают картину распределения гидрологических элементов только в плоскости разреза.

Гидрологические разрезы подразделяются на стандартные (вековые) и обычные. Стандартные разрезы повторяются из года в год. Обычные разрезы входят в состав гидрологических съемок и выполняются по мере надобности при производстве тематических исследований.

Направление гидрологических разрезов, как обычных, так и стандартных, выбирается таким образом, чтобы они наиболее полно характеризовали гидрометеорологический режим изучаемого района моря. Разрезы должны располагаться так, чтобы по возможности пересекать струи основных неперриодических течений под прямым углом. Так как в большинстве случаев течения следуют вдоль берега или придерживаются определенных изобат, а последние обычно параллельны берегу, то разрезы, как правило, должны быть перпендикулярны берегу.

Станции на разрезе размещаются так, чтобы они давали возможность проследить за закономерностями колебаний гидрологических элементов на всем разрезе и наиболее полно осветить особенности распределения этих элементов в пространстве. Для этого в прибрежной части и во фронтальных зонах, где изменения океанографических характеристик особенно велики, станции должны располагаться на более коротких расстояниях друг от друга (от 3 до 10–15 миль). В открытой части моря, где гидрологические условия более однообразны, станции могут быть более редкими (20–30 миль). В открытом океане, вне фронтальных зон, станции могут располагаться в 60 милях друг от друга.

Не следует стремиться к чрезмерному увеличению числа станций на разрезах, так как большое число станций потребует больше времени для производства разреза, а гидрометеорологические условия в начале и конце работ на разрезе могут сильно различаться между собой, что сделает наблюдения недостаточно сравнимыми.

Главной целью стандартных гидрологических разрезов является изучение многолетних изменений гидрометеорологического режима морей и океанов. Разовые стандартные разрезы можно использовать как исходные данные для расчетов краткосрочных прогнозов, в информационных целях и, в частности, при обосновании тех или иных условий промысла.

Расположение разрезов, их количество и время производства съемок специального назначения, например для обследования условий промысла в рыбопромысловых районах, определяются задачами исследования. Частота разрезов при обследовании условий промысла зависит от площади промыслового района и требуемой степени детализации пространственного распределения океанографических характеристик. При наличии фронтальных зон в промысловом районе разрезы располагаются перпендикулярно линии фронта, положение которого определяется на предварительном, рекогносцировочном этапе исследования. Протяженность разрезов по ту и другую сторону фронта обычно бывает небольшой (не более 90 миль), расстояние между разрезами намечается по возможности наименьшим (30–60 миль). Расстояние между станциями на разрезе устанавливается таким образом, чтобы на краях разрезов, удаленных от фронта, оно было наибольшим, а по мере приближения к фронту уменьшалось. В непосредственной близости от фронта станции берутся часто: через 1–3 мили.

На каждой гидрологической станции, входящей в состав гидрологических разрезов и съемок, производятся, как минимум, следующие работы:

- определение глубины моря;
- измерение температуры воды на различных горизонтах (стандартных и дополнительных);
- взятие пробы воды для последующего определения солености и содержания различных гидрохимических элементов;
- определение прозрачности и цвета воды (в дневное время).

Кроме того, в зависимости от требований, обусловленных программой исследований, на станциях могут производиться наблюдения за течениями на заданных глубинах, братья пробы грунта для его последующего анализа. Во время производства очередной станции, если оно не совпадает со сроком метеорологических наблюдений, обязательно должен производиться полный комплекс гидрометеорологических наблюдений.

Состав гидрометеорологических работ, проводимых на каждой станции и в промежутках между станциями, указывается в рейсовом задании (программе исследований), которое составляется в организации, выполняющей данные исследования, перед выходом в рейс.

На разрезах и съемках применяются стандартные приборы, оборудование и методы наблюдений, описанные в соответствующих наставлениях и руководствах по производству гидрометеорологических работ.

### **3.2. Получение гидробиологического и ихтиологического материала**

Сбор ихтиологического и гидробиологического материала в поисковых или научно-исследовательских экспедициях осуществляют, как правило, соответствующие специалисты, входящие в состав научной группы. В зависимости от уровня экспедиции и ее целей состав и квалификация ихтиологического и гидробиологического отрядов могут быть различными. Иногда, при ограниченном составе научной группы, научным сотрудникам совмещенного биологического отряда приходится собирать и гидробиологический, и ихтиологический материал, фиксировать его, делать соответствующие анализы, а при необходимости и первичную обработку. В любом случае для работы в данной экспедиции подбираются специалисты, хорошо знающие методику сбора биологической информации с учетом специфики предполагаемого района работ.

Общая методология сбора ихтиологического материала разработана Иваном Федоровичем Правдиным. Его «Руководство по изучению рыб» [125] отражает практически все аспекты ихтиологических исследований: от методов сбора информации, лабораторных анализов – до методов применения вариационной статистики. Не имея возможности подробно останавливаться на каждой отдельной методической рекомендации, приведем здесь лишь краткую аннотацию «Руководства» И.Ф. Правдина, акцентируя внимание лишь на тех разделах, которые могут оказаться полезными, а иногда и обязательными при сборе ихтиологической информации в морских экспедициях.

В разделе «Исследования систематики рыб» большое внимание уделяется измерениям, т. е. биометрическому методу установления качественных и количественных признаков. Подробно даны схемы описания рыб разных семейств, в том числе морских: лососевых, корюшковых, сельдевых, тресковых, окуневых и скорпеновых, кефалевых, камбаловых и др. При этом обращается особое внимание на то, что в систематике необходима полная согласованность в методике, чтобы результаты, полученные одним исследователем, можно было сравнивать с результатами других.

В разделе «Пол и половая зрелость» рассматриваются: характеристика соотношения полов, стадии зрелости гонад, коэффициенты и индексы зрелости, методы сбора и фиксирования половых продуктов. Отдельно рассматривается индивидуальная, относительная, рабочая, видовая и популяционная плодовитость, а также плодовитость порционно нерестующих рыб.

Отдельная глава посвящена нересту и нерестилищам, в которой кроме общих указаний о наблюдениях над нерестом рыб и характеристики нерестилищ даны методические указания по установлению сроков и продолжительности нереста, определению температурного порога нереста, способам учета отложенной и оплодотворенной икры, а также методика сбора икры.

Отдельные разделы посвящены жизненным циклам, определению возраста и темпов роста рыб. Здесь даны методические указания по изучению молоди рыб, определению возраста по чешуе, костям и отолитам, возрастного состава в уловах, упитанности и жирности рыб, а также методы определения потенциальных возможностей роста рыб. Материал по классификации миграций и их биологическому значению сопровождается методическими указаниями по изучению миграций, мечению рыб и обработке результатов мечения.

Кроме того, в своих «Рекомендациях» И.Ф. Правдин дает краткий обзор методов определения рыбных запасов и прогнозирования уловов, математического моделирования динамики численности рыб, принципов составления рыбопромысловых карт.

По сбору гидробиологического материала непосредственно в экспедициях можно рекомендовать методики, приведенные в некоторых литературных источниках и посвященные изучению планктона и бентоса. Существуют и специальные методические рекомендации, разработанные, к примеру, в ТИНРО: «Инструкция по сбору и первичной обработке планктона в море», «Инструкция по количественной обработке морского сетного планктона», «Руководство по изучению десятиногих ракообразных Decapoda дальневосточных морей» и др.

Сложность получения оперативной гидробиологической информации в поисковых рейсах заключается в том, что в этих случаях научная группа бывает крайне ограничена и, как правило, не находится достаточно квалифицированного специалиста, способного выполнить анализ проб на необходимом уровне. В этих случаях гидробиологические пробы фиксируются для дальнейшей обработки в береговых лабораторных условиях.

С целью ликвидации этой проблемы и получения оперативной информации в ТИНРО были разработаны «Рекомендации по экспресс-обработке сетного планктона в море», которые позволяют полностью обрабатывать планктонные пробы, полученные с помощью сетей Джели, непосредственно в судовой лаборатории. Эти разработки содержат методики выделения сетного фитопланктона из формалинной пробы, методики фракционной и полной обработки зоопланктона в морских условиях, рекомендации по определению сырой массы и описание лабораторной установки, а также рекомендации по интерпретации и использованию полученных результатов (например, при изучении количественной структуры планктонного сообщества или оценке состояния кормовой базы отдельных промысловых объектов). Единственным условием успешного использования данной методики в экспедициях является обязательное ознакомление с ней в береговых условиях перед выходом в рейс ответственного за эту работу специалиста биологического отряда. Наличие специальной лабораторной установки на судне должно быть оговорено в рейсовом задании.

### 3.3. Гидроакустические методы и технические средства

В отличие от биологических методов, связанных с многолетними наблюдениями и большим объемом статистики, гидроакустический экспресс-метод количественной оценки морских биомасс позволяет оперативно оценивать сырьевые ресурсы применительно к конкретной ситуации.

Основу гидроакустического метода составляет общепринятое положение о том, что энергия эхосигналов пропорциональна поверхностной плотности скопления и отражательной способности образующих его объектов. Поэтому для определения плотности скопления, помимо измерения энергии эхосигналов, необходимо знание закономерностей рассеяния звука морскими животными.

Отражательные свойства скоплений оцениваются коэффициентом объемного рассеяния, который представляет собой меру рассеяния звука единичным объемом концентрации. Характер и интенсивность акустического рассеяния скоплением зависит не только от отражательной способности одиночных объектов, но и от плотности их распределения.

В тех случаях, когда расстояния между соседними объектами значительно превышают длину волны, поля рассеяния звука отдельными целями практически не влияют друг на друга. На практике в большинстве случаев в импульсный объем попадают сразу несколько или даже сотни объектов. При этом рассеяние подчиняется рэлеевским закономерностям, согласно которым акустические сечения одиночных объектов суммируются. Это означает, что коэффициент объемного рассеяния пропорционален числу объектов в единице объема, т. е. плотности скопления:

$$m_v = \rho_v \sigma [1/m],$$

или

$$S_v = 10 \lg \frac{m_v}{4\pi} = 10 \lg \rho_v + TS[\partial B],$$

где  $\sigma$  – акустическое сечение, м<sup>2</sup>;

$\rho_v$  – объемная плотность, экз/м<sup>3</sup>.

Ориентировочные расчеты показывают, что коэффициент объемного рассеяния звука скоплениями промысловых объектов может изменяться в пределах от  $10^{-8}$  до  $10^{-2} \text{ м}^{-1}$ .

В зависимости от ряда факторов регистрация промысловых объектов штатной рыбопоисковой аппаратурой может быть разрешающей, когда цель одиночная и объекты регистрируются раздельно, или неразрешающей, когда цель множественная и объекты регистрируются слитно.

В реальных условиях величина эхосигналов от скоплений сильно флуктуирует от посылки к посылке, поэтому можно определять лишь усредненные за серию импульсов значения плотности скоплений. Усреднение эхосигналов за ряд посылок выполняют с помощью интегратора.

Теоретические и экспериментальные исследования процесса интегрирования эхосигналов позволили доказать, что как при разрешающей, так и при неразрешающей регистрации поверхностная плотность скопления описывается одним и тем же выражением

$$\rho_s = CM_1,$$

где  $C$  – цена деления шкалы интегратора, т/миля;

$M_1$  – среднее показание интегратора за одну посылку.

Для количественной оценки смешанных, разнородных скоплений находят поверхностные плотности концентрации объектов каждого вида (или объектов различных возрастных групп):

$$\rho_j = \frac{k_j}{\sum_{j=1}^k \frac{k_j}{C_j}} M_1,$$

где  $C_j$  – цена деления шкалы интегратора применительно к объектам данного вида (или возраста), т/миля;

$k_j$  – массовая доля вида (или возраста) в скоплении, определяемая по результатам контрольного лова.

Таким образом, интегрирование эхосигналов позволяет определяемая поверхностную плотность скоплений вдоль галсов гидроакустической съемки. Выполнив в обследуемом районе серию галсов и нанеся измеренные значения плотности на карту-планшет, можно построить распределение объектов и оценить биомассу скоплений.

Оценка достоверности результатов гидроакустических съемок – проблема достаточно сложная и слабо исследованная. Источниками погрешностей эхометрических съемок являются: неточное знание акустических характеристик скоплений и водной среды; несовершенство используемых методов оценки плотности и биомассы; ограниченные возможности гидроакустической и измерительной аппаратуры; особенности биологического состояния, поведения и распределения обследуемых объектов; субъективные факторы и т. д. Необходимые для анализа исходные данные часто отсутствуют, поэтому значения ряда погрешностей могут быть оценены лишь ориентировочно.

Отмечено, что совместное использование биологических методов и регулярных гидроакустических съемок, дополняющих друг друга, дает лучшие результаты и позволяет контролировать величину запасов с погрешностью 20–30%, в некоторых случаях достаточной для практических нужд. Состав используемой при гидроакустических съемках аппаратуры определяется способом обработки эхосигналов. Опыт применения гидроакустической аппаратуры в различных районах Мирового океана показал, что ее возможности по обнаружению и количественной оценке скоплений промысловых объектов в большой степени зависят от условий проведения эхометрической съемки. На основании оценки возможностей аппаратуры выбирают режим ее работы.

Гидроакустические съемки выполняют с использованием судовых рыбопоисковых приборов – эхолотов или, что предпочтительнее, гидролокаторов в вертикальном режиме. В качестве устройств обработки эхосигналов применяют интеграторы. Достоверные результаты могут быть получены только в случае использования аппаратуры с временной автоматической регулировкой усиления (ВАРУ) по линейному и квадратичному законам, а также с достаточно стабильными и хорошо регулируемыми параметрами.

Из отечественной аппаратуры наиболее удовлетворяет требованиям эхосъемок рыбопоисковая гидроакустическая станция (ГАС) «Сарган», имеющая две рабочие частоты – 20 и 136 кГц. Комплекс состоит из гидролокатора и эхолота, которые могут работать одновременно на разных частотах. Гидролокатор и эхолот имеют одинаковые пьезокерамические антенны с диаграммой

направленности шириной  $14^\circ$  на низкой частоте, а также  $4$  и  $2^\circ$  – на высокой. Длительность зондирующих импульсов изменяется ступенчато в широких пределах, соответственно варьируется полоса пропускания усилителя. Предусмотрена возможность изменения акустической мощности излучения. ВАРУ имеет регулируемые параметры, однако ее характеристики не соответствуют линейному и квадратичному законам. Это обстоятельство существенно затрудняет использование станции для количественной оценки скоплений, поэтому рекомендуется переделка схемы ВАРУ с целью улучшения ее точностных характеристик.

Для эхометрических съемок в прибрежных водах и на внутренних водоемах используют гидролокатор или эхолот «Лещ», рабочая частота которого –  $50$  кГц, а длительность зондирующих импульсов изменяется ступенчато от  $1,0$  до  $8,0$  мс. Ширина диаграммы направленности пьезокерамической антенны составляет  $10 \times 16^\circ$ . Имеется ВАРУ, однако, аналогично ГАС «Сарган», ее характеристика не соответствует линейному или квадратичному закону, вследствие чего требуется ее частичная модернизация. Станция «Лещ» может быть установлена на малотоннажных судах, катерах и моторных лодках.

Из зарубежных рыбопоисковых приборов, предназначенных для судов большого и среднего тоннажа, наибольшее распространение получили эхолоты ЕК фирмы «Симрад» (Норвегия), работающие на частотах в диапазоне  $12$ – $120$  кГц. Эти приборы имеют сравнительно точные характеристики ВАРУ, регулируемые мощность излучения, длительность импульсов, полосу пропускания; предусмотрено подключение дополнительного мощного генератора. Имеется также возможность ступенчато изменять направленность антенны. В эхолоте ЕК-400 используются микропроцессор и цифровые схемы. Он может работать на двух частотах в указанном диапазоне, имеет большие функциональные возможности и высокие точностные характеристики. Режим работы прибора устанавливается с цифрового пульта, откуда вводятся  $22$  параметра. Каждый из этих параметров может принимать ряд значений. Используемое значение индуцируется на дисплее.

Для выполнения эхосъемок в прибрежных водах и на внутренних водоемах фирма «Симрад» выпускает малогабаритный эхолот ЕУ-М с рабочей частотой  $70$  кГц и длительностью импульсов  $0,6$  мс. Эхолот имеет пьезокерамическую подкильную или буксируемую антенну, ВАРУ с достаточно точными характеристиками по линейному и квадратичному законам. К градуированному выходу может быть подключен магнитофон для записи эхосигналов и последующей береговой обработки.

Специально для эхосъемок в системе рыбного хозяйства используют два типа отечественных интеграторов – СИОРС (система информационная для оценки рыбных скоплений) и АЦЭИ (аналогово-цифровой эхоинтегратор), а также интеграторы зарубежного производства: QD и QM фирмы «Симрад», комплекс FQ-50 фирмы «Фуруно» (Япония).

Цифровой интегратор СИОРС является точным прибором. Он предназначен для работы на исследовательских и поисковых судах. Интегратор может подключаться к гидроакустическим приборам, работающим на частотах  $12$ – $150$  кГц, имеет пять каналов, динамический диапазон около  $48$  дБ. Для использования СИОРС с ГАС «Сарган» разработан специальный усилитель УСОД (устройство сопряжения СИОРС с датчиками эхосигналов), который подключается непосредственно к антенне и имеет цифрууправляемую ВАРУ с точными характеристиками по линейному и квадратичному законам на частотах  $20$  и  $136$  кГц.

Аналогово-цифровой интегратор АЦЭИ предназначен для работ в прибрежных водах и на внутренних водоемах. Он может подключаться к рыбопоисковым приборам, работающим на частотах  $20$ – $150$  кГц, имеет встроенную ВАРУ по линейному закону, один канал интегрирования, динамический диапазон  $26$  дБ.

Цифровой интегратор QD на базе микропроцессоров рассчитан на рабочие частоты  $12$ – $200$  кГц, имеет десять каналов, динамический диапазон более  $50$  дБ. С учетом введенных оператором данных он автоматически вычисляет и печатает значения коэффициента объемного рассеяния звука скоплением в каждом канале интегрирования.

Аналоговый интегратор QM обычно подключают к норвежским эхолотам, работающим на частотах  $12$ – $120$  кГц. Интегратор имеет два канала, динамический диапазон  $35$  дБ, вывод информации в первой модели – на собственный самописец, во второй (QM MkII) – на самописец гидроакустического прибора.

В последнее время наметилась тенденция к созданию аппаратных комплексов, состоящих из эхолота и интегратора. Такой системой является комплекс FQ-50 фирмы «Фуруно». По своим функциональным возможностям он превосходит эхолот ЕК-400 с интегратором QD. Ком-

плекс выполняет интегрирование эхосигналов в 12 каналах на различных глубинах. На эхограммах печатаются установленные параметры аппаратуры, коэффициент объемного рассеяния и график вертикального распределения плотности скоплений за выбранный участок пути. Имеется также устройство для печатания журнала съемки. Комплекс обладает высокими точностными характеристиками.

Для оценки достоверности результатов эхосъемок нужно хорошо знать возможности аппаратуры, которые сильно зависят от распределения промысловых объектов. Гидроакустические приборы часто не регистрируют плотных концентраций глубоководных рыб, рассредоточенных скоплений мелких рыб и кривля, а также объектов вблизи поверхности моря или у дна. Поэтому необходимо иметь ясное представление об особенностях распределения и поведения объектов эхосъемки, а также о возможностях используемой аппаратуры: максимальной глубине обнаружения скоплений различной плотности, разрешающей способности при регистрации приповерхностных и придонных объектов и т. д.

Дальность действия рыбопоискового прибора определяется его собственными параметрами, акустическими характеристиками объектов и среды, а также плотностью, глубиной расположения и вертикальной протяженностью скоплений.

В тех случаях, когда промысловые объекты держатся на значительных глубинах, важно знать предельную дальность обнаружения гидроакустическими приборами скоплений разной плотности при различных условиях работы. Обычно ее определяют экспериментальным путем. Для этого регистрируют скопления при максимальной мощности и усилении приемного тракта в наиболее благоприятных условиях поиска (в спокойную погоду, дрейфе или на малом ходу судна).

Оценивать дальность обнаружения скоплений целесообразно применительно к разным промысловым районам и различным типам гидроакустических приборов, которые могут быть использованы в эхосъемках. Зная глубину обитания, толщину и плотность скоплений в традиционном промысловом районе, можно определить, какой тип прибора наиболее подходит для проведения съемки, и предложить режим его работы для обеспечения обнаружения концентраций.

Возможности гидроакустической техники существенно ограничиваются наличием шумовых помех, звукорассеивающих слоев (ЗРС) и затуханием звука. Шумовые помехи имеют различную природу и делятся на электрические и акустические. К электрическим относят собственные шумы усилителя и наводки от воздействия электромагнитных полей различных устройств; к акустическим – шумы двигателя, механизмов и гребного винта, а также шумы обтекания судна потоком воды и ударов волн по корпусу. Основной помехой являются акустические шумы. Они возрастают при увеличении скорости движения судна, ухудшении погодных условий, понижении рабочей частоты, расширении ультразвукового луча и полосы пропускания приемного тракта.

Для того чтобы шумовые помехи не мешали регистрации полезных эхосигналов, приходится учитывать и уменьшать влияние этих факторов, выбирая соответственно режимы работы судна и гидроакустической аппаратуры.

В некоторых случаях объекты эхосъемки регистрируются на фоне ЗРС, образуемых молодью рыб, мелкими ракообразными, личинками, икрой, планктоном, воздушными пузырьками, неоднородностями водной среды, включая температурные скачки и т. д. Аналогичная проблема возникает при регистрации смешанных скоплений рыб, содержащих виды, не являющиеся объектами данной эхосъемки. Учесть степень влияния ЗРС на показания интегратора можно путем интегрирования эхосигналов от ЗРС в отсутствие обследуемых объектов.

Затухание звука зависит от рабочей частоты излучения (километрическое затухание) и от степени аэрации приповерхностного слоя воды (избыточное затухание). Для обеспечения обнаружения объектов в широком диапазоне глубин в большинстве случаев используют низкочастотные (20–50 кГц) приборы. При этом эффект избыточного затухания в аэрированном слое может быть значителен и его следует учитывать в процессе эхосъемок.

Существенные особенности имеет регистрация гидроакустическими приборами приповерхностных и придонных объектов. В определенные периоды года и время суток некоторые пелагические рыбы и другие промысловые объекты держатся вблизи поверхности моря. Приповерхностные промысловые скопления обычно наблюдаются при относительно спокойном море и имеют высокую плотность.

Несмотря на то, что с точки зрения энергетических возможностей гидроакустической аппаратуры условия обнаружения приповерхностных скоплений вполне благоприятны, фактические возможности их регистрации вблизи поверхности моря ограничены.

Наличие этой ограниченности объясняется осадкой судна и его отпугивающим действием на рыбу, а также так называемой мертвой зоной от зондирующих импульсов прибора. В силу этих причин регистрация и количественная оценка рыбных скоплений эхолотом бывают возможны начиная с глубины 10–15 м, а иногда и больше. Регистрировать такие скопления гидролокатором можно только при очень хорошей погоде, когда поверхностная реверберация невелика. В некоторых случаях для обнаружения приповерхностных скоплений прибегают к помощи буксируемых антенн, работающих снизу вверх. Однако существующие конструкции таких антенн пока еще имеют существенные недостатки (в основном нестабильность хода и сложность спуско-подъемных операций в свежую погоду).

Для того чтобы регистрировать придонные объекты, гидроакустическая аппаратура должна удовлетворять более высоким требованиям, чем в случае пелагических скоплений: во-первых, необходимо обнаружить объекты на заданной глубине, и во-вторых, на фоне эхосигналов от грунта.

Подводные наблюдения показывают, что придонная рыба держится неравномерно по глубине. Наиболее плотные концентрации часто бывают у самого дна. В этом случае рыба обнаруживается особенно плохо из-за неровностей грунта: расстояния от антенны до неровностей могут быть меньше, чем до скопления рыбы, и тогда полезные эхосигналы регистрируются под линией дна. Как правило, каменный грунт более неровный. В этом случае следует ожидать особенно сильной маскировки донной рыбы.

Степень маскировки рыбы неровностями дна зависит от глубины места: на малых глубинах (до 15–20 м) этот эффект практически отсутствует; с ростом глубины площадь облучения дна увеличивается, поэтому маскирующее действие грунта возрастает. На свалах глубин чем круче склон, тем сильнее маскировка. Поскольку учесть степень маскировки рыбы на различных участках обследуемого района практически невозможно, результативность эхометрических съемок придонных скоплений существенно снижается.

Возможности регистрации придонных и донных объектов самописцем и интегратором повышаются при использовании расширителя записи и специальных устройств, позволяющих отсекаать эхосигналы грунта. Эффективность работы на скоплениях этих объектов существенно возрастает с повышением разрешающей способности гидроакустического прибора, что достигается применением узконаправленных антенн и коротких зондирующих импульсов.

Для того чтобы полностью избавиться от маскировки рыбы неровностями грунта, диаграмма направленности акустической антенны должна быть очень узкой (2–3°). При таком угле направленности необходима стабилизация ультразвукового луча эхолота. Наиболее удачные устройства в этом отношении – буксируемые антенны, особенно эффективные при работе на больших глубинах. Такие системы не требуют специальной стабилизации. Кроме того, заглубление буксируемой антенны ниже аэрированного приповерхностного слоя воды значительно повышает эффективность работы гидроакустического прибора при волнении моря.

Перед началом съемки задают режим работы гидроакустического прибора и интегратора, выбирая его на основе оценки возможностей аппаратуры применительно к решению поставленной задачи. Режим работы гидроакустического прибора задают, устанавливая следующие параметры: рабочую частоту, мощность, направленность антенны, длительность зондирующих импульсов, полосу пропускания усилителя, коэффициент усиления, закон ВАРУ, диапазон регистрации, скорость протяжки бумаги. Режим работы интегратора задают, устанавливая глубину и толщину слоя интегрирования, усиление, порог регистрации полезных эхосигналов, порог срабатывания донной блокировки.

Цель гидроакустической съемки – получение адекватной картины распределения и возможно более точной оценки биомассы обследуемых скоплений. Данные о распределении необходимы для выявления природных закономерностей образования, поведения и распада концентраций в зависимости от условий среды обитания. Они представляют интерес также в плане краткосрочного прогнозирования и расстановки добывающего флота. Достоверные сведения о биомассе нужны для оценки запасов, промысловой значимости скоплений и установления ОДУ.

Точность оценки биомассы определяется случайной и систематической погрешностями. Случайная составляющая ошибки (дисперсия оценки) зависит от числа измерений, т. е. отсчетов показаний интегратора, а также от диапазона встречающихся значений плотности и способа обработки данных.

Систематическая составляющая ошибки (смещение оценки) может вызываться причинами, связанными со средой, поведением рыб или планированием съемки. Влияние среды в значитель-

ной степени определяется погодными условиями. В свежую погоду приходится снижать скорость, изменять направление галсов или даже прерывать съемку.

Поведение рыб влияет на достоверность результатов съемки, поскольку от него зависит распределение объектов. Ошибки в оценках плотности и биомассы могут быть вызваны следующими особенностями поведения: распределением вблизи поверхности или у дна, реакцией ухода от судна, суточными вертикальными миграциями и изменениями поведения под воздействием условий среды, а также особенностями биологического состояния (нерест, нагул). Наконец, направление и скорость горизонтальных миграций должны учитываться при планировании, проведении и обработке данных съемки.

Ввиду большого числа факторов, влияющих на достоверность результатов, любой гидроакустической съемке предшествует тщательная подготовка, в ходе которой, помимо измерения параметров аппаратуры и градуировки шкалы интегратора, собирают предварительные данные об объекте, районе, среде. Источником такой информации служат промысловые пособия, результаты прошлых съемок и исследовательских рейсов, гидрофизические характеристики района, данные промысла и т. д.

На основании имеющейся информации оценивают размеры обследуемого района, характер распределения промысловых объектов по акватории и глубине, устанавливают продолжительность съемки. Сроки работ определяют с учетом биологического состояния и поведения объектов, а также погоды. Обычно съемку стараются проводить в преднерестовый период, когда рыбы образуют плотные локальные концентрации, слабо реагирующие на внешние раздражители. В этот период район распределения объектов сравнительно невелик, поведенческие реакции мало влияют на результаты.

Нередки ситуации, когда на обследуемом ареале обитают рыбы различных промысловых видов. Особенно характерны смешанные скопления для южных морей, где наблюдается видовое многообразие. В таких районах съемки желательно проводить в те периоды, когда различные промысловые виды держатся раздельно. По приходу в малоизученный район следует до начала съемки некоторое время поработать на обнаруженных скоплениях, уточнить характер распределения и поведения объектов. Полученные данные позволяют установить режим работы гидроакустической аппаратуры, правильно спланировать съемку и выбрать способ обработки данных.

Гидроакустическая съемка требует значительных затрат, поэтому должна быть тщательно спланирована и выполнена в соответствии с поставленными задачами, которые могут существенно различаться в зависимости от степени изученности обследуемого района. Если распределение объектов неизвестно, то выполняют рекогносцировочную съемку для оконтуривания площади обитания и ориентировочной оценки численности. Если распределение объектов известно достаточно хорошо, то проводят детальную съемку, цель которой – возможно более точная оценка биомассы скоплений. Тактика рекогносцировочных и детальных съемок имеет как общие аспекты, так и существенные особенности.

Понятие режима съемки объединяет следующие общие аспекты тактики: сетку галсов, интервал интегрирования, скорость движения судна и время суток, в течение которого выполняют гидроакустическое обследование. Подробнее с методами выполнения гидроакустических съемок можно познакомиться в специальных изданиях (инструкциях) и учебно-методических пособиях [99, 127, 132, 134].

Практика подобных исследований показывает, что погрешности результатов гидроакустических съемок могут достигать 60 %. При регулярном проведении съемок одними и теми же средствами в традиционном промысловом районе точность оценки биомассы значительно повышается. Погрешности результатов таких съемок обычно лежат в пределах 40%.

### **3.4. Визуальные подводные наблюдения**

Практически все морские исследования имеют характер «подводных», т. е. связаны с погружением под воду приборов, орудий лова и т. п. Однако под подводными исследованиями принято понимать такой вид исследовательской деятельности, когда под воду погружается сам человек (исследователь) или приборы, в чем-то заменяющие или дополняющие органы зрения человека, т. е. приборы, дающие зрительную, визуальную информацию об объектах. Специфика подводных исследований состоит в характере канала получения информации, который отличает-

ся от используемых другими методами. В физическом отношении это оптический канал связи, в котором носителем информации является свет. Вместе с тем измерение подводной освещенности, прозрачности и других оптических характеристик воды, которые изучаются гидрооптикой, не имеет прямого отношения к подводным исследованиям. При подводных исследованиях на первый план выступает информация не о параметрах света в водной среде, а об объектах, предметах под водой. Эта информация передается с помощью изменений параметров света и в значительной мере зависит от особенностей приемника информации, поэтому можно говорить не просто об оптическом канале связи, а о зрительном канале связи. В конечном счете подводный исследователь имеет дело с информацией в виде зрительных образов. Средства прямого наблюдения за объектами обычно объединяются под общим названием «технические средства подводных исследований».

Любые работающие в воде или находящиеся в ней технические устройства (орудия лова, приборы и т. п.) также являются предметами, объектами, и особенности их работы или состояния могут исследоваться с помощью прямого наблюдения, т. е. с помощью техники подводных исследований.

Для рыбохозяйственных исследований превосходство зрительного канала связи не является однозначным и абсолютным. Каждый вид средств получения информации об объекте имеет сильные и слабые стороны, и в зависимости от задач исследований более эффективными могут быть одни (например, орудия лова), или другие (гидроакустическая техника), или третьи (техника подводных исследований) средства. Наиболее полноценную информацию об объектах можно получить при сочетании всех трех видов техники. Находившееся в распоряжении ТИПРО в период с 1978 по 1987 гг. научно-исследовательское судно «Геракл» (ТУРНИФ) обладало уникальной возможностью объединять все эти виды техники для комплексного решения задач рыбохозяйственных исследований.

В то же время при решении многих исследовательских задач, особенно связанных с поведением рыб и беспозвоночных, подводная техника выступает не как дополнительное средство исследований, а как единственно возможное.

Подводная техника уступает гидроакустической аппаратуре и орудиям лова в отношении пространственного охвата исследуемой акватории. Однако при правильно организованном выборочном обследовании она дает возможность получать информацию с довольно значительных пространств. Назовем некоторые элементы, от которых зависит эффективность подводных технических средств применительно к рыбохозяйственным целям исследований:

- 1) обзор – угол обзора, зона обзора, поле зрения, обеспеченное иллюминаторами и иными средствами, т. е. зона сбора визуальной информации;
- 2) возможность оперативно изменять направление обзора;
- 3) объемность изображения, стереоскопичность;
- 4) цветопередача, прием цветных характеристик объекта;
- 5) возможность взятия проб и использования различных приборов;
- 6) подвижность и маневренность технического средства;
- 7) возможность использования в условиях пересеченного рельефа;
- 8) диапазон рабочих глубин;
- 9) продолжительность рабочего цикла;
- 10) погодная широта использования;
- 11) эксплуатационные характеристики: простота и малая трудоемкость обслуживания;
- 12) безопасность для исследователей;
- 13) минимальная вероятность потери во время работы.

По информативности первое место для исследователя занимает обитаемый автономный подводный аппарат (ОПА), который доставляет исследователя к объекту наблюдения. Серьезный недостаток ОПА – это трудоемкость обслуживания.

Обитаемый буксируемый ПА (рис. 6) имеет больше ограничений из-за узкой специализации, однако в конкретной области применения он более информативен. Достоинством его является простота в обслуживании.

Необитаемые подводные аппараты и устройства относительно безопасны для исследователей. К примеру, ТВ-системы дают возможность выполнять обследования в течение довольно длительного времени, причем наблюдатель находится в судовой лаборатории в более комфортных условиях, чем в подводном аппарате. Однако при их применении для обследования на пересеченном рельефе резко возрастает риск потери этой техники.

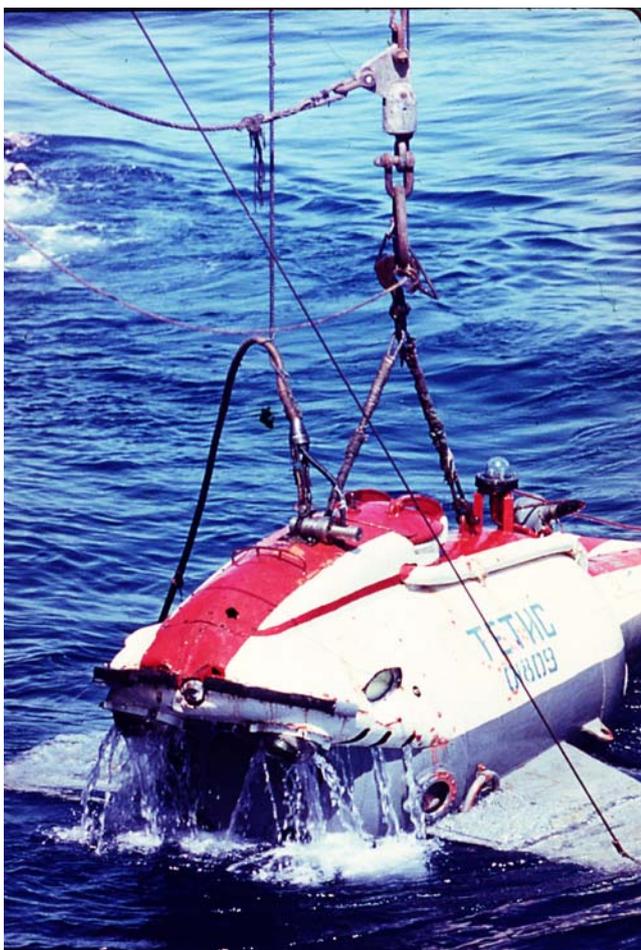


Рис. 6. Буксируемая наблюдательная камера (БНК) «Тетис»

В силу специфики принимаемой информации методы подводных исследований позволяют выполнять работы по некоторым новым направлениям океанографии, так как дают возможность изучать такие особенности объектов, которые недоступны для исследований другими методами. Например, в глубоководных исследованиях несомненный интерес для рыбного хозяйства представляют уточнение границ обитания промысловых объектов, установление диапазона вертикальных миграций этих объектов, выявление экологических связей между глубоководными организмами и организмами в зоне промысла, изучение особенностей поведения объектов на глубинах и условий, влияющих на это поведение.

Еще одна важная функция подводных методов исследований состоит в том, что они во многом формируют психологию исследователя, расширяют его кругозор, что, несомненно, влияет на анализ материала и выводы.

Таким образом, методы подводных исследований как при самостоятельном применении, так и в сочетании с другими являются необходимым и перспективным средством обеспечения рыбного хозяйства научной информацией о сырьевой базе и эффективности способов добычи промысловых объектов.

### 3.5. Космические методы и авиаразведка

За более чем 40 лет своего развития космические методы исследования нашли весьма широкое применение в метеорологии, геологии, гидрологии, лесном и сельском хозяйстве. Также успешно они применяются и в океанологии. Информация, получаемая с искусственных спутников Земли (ИСЗ), пилотируемых космических кораблей (ПКК) и орбитальных станций (ОС), используется для обнаружения объектов исследования и наведения на них исследовательских судов, для интерпретации данных судовых наблюдений, слежения (мониторинга) океанических процессов. По данным, полученным с ИСЗ, в оперативном режиме строятся карты океанических фронтов и температур поверхности океана. В экспериментах определяется топография водной поверхности, волнение, приводный ветер, концентрация хлорофилла, направление и скорость течения и некоторые другие характеристики верхнего слоя океана.

Выделяют два типа океанологических задач, решаемых с помощью спутниковой информации: локальные задачи выделения тех или иных явлений в океане, решение которых возможно на основе качественных характеристик пространственного распределения того или иного параметра и небольших объемов информации, и наблюдение крупномасштабных долгопериодных явлений и процессов, для решения которых требуется регулярное измерение этих параметров в глобальном масштабе с определенной точностью и достоверностью. Если для глобального мониторинга океана или других крупномасштабных целей важнее вторые задачи, то для краткосрочного прогнозирования и оперативного информационного обеспечения флота в промысловых районах не менее важен и первый тип задач.

Океанологическую информацию дают, по существу, все спутники, предназначенные для изучения Земли и атмосферы: метеорологические, ресурсные, экспериментальные, а также пило-

тируемые космические корабли и станции. В нашей стране для приема данных с ИСЗ существуют две системы – централизованная и автономная. В централизованную входят главный (Москва) и региональные (Новосибирск, Хабаровск) центры приема и обработки спутниковых данных. Они могут принимать всю информацию серийных и данные некоторых экспериментальных отечественных спутников, а также информацию иностранных ИСЗ, передающуюся по системе автоматической передачи изображения (АТР). Автономная система состоит из сети автономных пунктов приема информации (АППИ), в том числе судовых. Они оснащаются отечественными или импортными станциями («Уран», Su-8 и т. д.), способными принимать ограниченный объем информации, передающейся по системе АТР – с иностранных и по системе непосредственной передачи (НП2) – с отечественных спутников. Таким образом, наибольшей оперативностью обладают данные, передающиеся по автономной системе (АТР, НП2). Данные фотографирующих спутников и пилотируемых космических аппаратов обрабатываются после приземления аппарата и могут быть использованы лишь в исследовательских и методических целях.

Дистанционные исследования Земли основаны на регистрации собственного и отраженного излучения в различных областях (диапазонах) электромагнитного спектра. Используются как пассивные, так и активные методы зондирования. Наиболее освоенными и распространенными являются методы исследования в видимом и инфракрасном (ИК) диапазонах длин волн (0,5–1,1; 3,5–4,1; 8–13 мкм). Аппаратурой, работающей в этих спектральных диапазонах, оснащаются серийные метеорологические ИСЗ NOAA и «Мереор», которые дают большую часть океанологической информации, получаемой из космоса.

Основным исследовательским прибором спутников NOAA (Tiros-N) является пятиканальный сканирующий «радиометр очень высокого разрешения» – 1 км в надире. Спутники повторяют обзор земной поверхности дважды в сутки. По системе АТР передаются изображения океана в видимом и одном из ИК-каналов. Спутники «Метеор» оснащаются сканирующим ИК-радиометром, работающим в диапазоне 8–12 мкм с пространственным разрешением 8 км, и сканирующим телефотометром видимого (0,5–0,7 мкм) диапазона с разрешением 1 км. Система запоминания обеспечивает получение информации по любому району океана. По автономной системе передаются только изображения земной поверхности в видимом диапазоне. Радиометрами видимого и ИК-диапазонов оборудованы также геостационарные метеорологические ИСЗ, располагающиеся на определенной долготе над экватором на высоте 36 000 км. Сканирование видимого диска Земли производится каждые 30 минут (SMS, GOES) или каждые три часа (GMS, Meteosat).

Для определения термической структуры (ТСПО) и температуры (ТПО) поверхности океана используются главным образом данные ИК-области спектра. Данные видимого диапазона используются в основном как вспомогательные для выделения районов, не закрытых облачностью. Несмотря на то что в ИК-области спектра излучает лишь поверхностная пленка толщиной 20–30 мкм, изображения океана, полученные в этом диапазоне, отображают горизонтальное распределение температуры верхнего квазиоднородного слоя. Даже без количественного определения ТПО они позволяют обнаружить зоны повышенных градиентов ТПО – термические фронты с перепадом температуры более 1°C, а через них – положение течений, их вихрей (струй), вихрей размерами несколько километров и более, а также других элементов термодинамической структуры верхнего слоя океана. Поэтому в оперативной практике прежде всего строятся карты термических фронтов, термической структуры или фронтологического анализа, на которые с той или иной подробностью наносится положение этих зон повышенных градиентов ТПО, океанических фронтов, границ течений и вихрей.

В связи с тем, что акватория океана значительную или большую часть времени закрыта облачностью, непрозрачной для ИК-излучения, строятся «композитные» карты по результатам дешифрирования ИК-изображений, полученных в течение нескольких дней. В ТИНРО карты термических фронтов (термической структуры вод), течений и вихрей в северо-западной части Тихого океана строятся в течение трех суток. В отличие от карт, передаваемых зарубежными центрами, карты термической структуры вод, построенные в ТИНРО, дополняются врезками, на которых показывается вертикальное распределение температуры на гидрологических разрезах и станциях, выполненных научно-исследовательским флотом. Различие во времени судовых и спутниковых наблюдений допускается не более суток. Кроме того, на карте термической структуры вод могут быть определены направления течений и их скорости. Ценность такого вида информации для промысловой океанографии и промысловой разведки очевидна, поскольку хорошо известна приуроченность концентраций рыб и планктона к океаническим фронтам, вихрям

и зонам апвеллинга, которые в первую очередь проявляются на космических ИК-изображениях океана и находят отображение на картах термической структуры вод, тем более что измерения течений в океане выполняются крайне редко. Выделяется также ряд мезомасштабных явлений, роль которых в формировании скоплений рыб слабо изучена или не изучена совсем. Имеющиеся примеры показывают, что эти явления существенно влияют на распределение рыб и планктона и могут служить местами их концентраций.

Опыт подтверждает, что для освещения гидрологических условий в промысловых районах требуется построение по крайней мере двух типов карт. Прежде всего, это «мгновенные» карты ТПО или ТСПО, построенные по данным с одного-двух витков спутника и данным судовых наблюдений, отличающимся по времени выполнения от пролета спутника не более чем на 6 часов. Такие карты из-за влияния облачности не могут регулярно охватывать весь требуемый район. Но они должны быть переданы по факсимильным и другим каналам в обработанном виде уже через несколько часов после прохождения спутника над районом. Карты второго типа должны строиться регулярно и не иметь белых пятен за счет облачности. Для их построения должны использоваться спутниковая информация, данные ТПО с проходящих судов, архивные, климатические и др. Примером двух типов карт могут служить «мгновенные» и хорошо известные 3–5-дневные факсимильные карты, передаваемые японским рыболовным агентством (JFA-FAX).

Для измерения характеристик волнения и приводного ветра используются активные (радиолокационные) методы зондирования. Пассивные (радиометры) и активные радиофизические методы исследования океана благодаря своей всепогодности, а также при достаточной обзорности и пространственном разрешении рассматриваются как наиболее перспективные дистанционные средства решения термодинамических задач океанологии.

Следующую большую группу составляют дистанционные исследования океана с помощью многоканальных сканирующих устройств, работающих в различных участках оптического диапазона. Эта группа задач распадается на два направления: оптико-биологические – определение наличия и состава фито- и зоопланктона, взвесей, загрязнений и т. д., и динамические – изучение фронтальных зон, течений, вихрей, внутренних волн. Неоднородности поля яркости изображения водной поверхности в этой области спектра формируются двумя процессами: отражением излучения водной поверхностью и его рассеянием в верхнем слое океана.

Несмотря на некоторые трудности и ограничения, с которыми приходится сталкиваться при использовании многоканальных сканирующих устройств, карты цвета, построенные по данным «сканера цвета прибрежной зоны» (CZCS), дают точность, приемлемую для определения концентрации фитопланктона. Карты цвета успешно использовались при обеспечении промысла альбакора, который образует концентрации при температуре не ниже 16°C и содержании хлорофилла около 30 мг/м<sup>3</sup> в районах затоков океанских вод на шельф. Считается, что они могут быть полезны и для обеспечения промысла других видов – тунцов, лососей, тихоокеанской сельди, скумбрии, калифорнийской ставриды. Сравнение результатов анализа данных многоспектральных сканирующих систем (MSS) ИСЗ «Landsat» и CZCS показывает, что для прибрежных вод с высокой степенью мутности большее значение имеет высокое пространственное разрешение MSS, а для вод открытого океана – более высокое спектральное разрешение CZCS.

Высоким пространственным и спектральным разрешением обладают изображения океана, полученные различными фотографирующими системами, например МКФ-6М. Но недостатком этого вида информации является невозможность ее оперативного получения. Поэтому данные системы используются в основном в исследовательских и методических целях, где они дают больше возможности изучать оптико-биологические и динамические явления, чем сканерные изображения.

Первостепенное значение как в оперативном, так и в исследовательском плане имеют ледовые задачи. В светлое время суток и в условиях малооблачной погоды надежную информацию о распределении и сплоченности льда дают телевизионные изображения, полученные с ИСЗ «Метеор-2», и многоспектральные изображения со спутников «Метеор – Природа». Особенно подробную информацию дают изображения, получаемые МСУ-С. Отражательная способность льда в видимом диапазоне длин волн значительно больше, чем воды, поэтому изображение системы вода – лед имеет высокую контрастность. Многоспектральные изображения позволяют достаточно надежно определять кромку припая, кромку льда, каналы, разводья, ледяные поля и полыньи, сплоченность и раздробленность, разрушенность и заснеженность, а также динамические характеристики ледовых массивов. При этом в отсутствие облачности космические изображения акватории позволяют выявить всю систему каналов, разводьев и полыней, конфигурацию кромки гораздо лучше, чем данные визуальных или радиолокационных маршрутных (авиационных) съемок.

По существу, все перечисленные виды информации, получаемой с ИСЗ, могут быть полезны для рыбохозяйственных исследований и океанологического обеспечения поисковых и промысловых работ. Наиболее значительные результаты (в том числе и повышение «всепогодности») могут быть получены при комплексном использовании различных видов информации и методов ее дешифрирования.

Общепризнанной является необходимость совместного анализа судовых и спутниковых данных, причем первые должны использоваться как реперные, а вторые – давать основной объем информации. Сложность получения со спутников количественных значений океанологических характеристик с требуемой точностью тем более подчеркивает необходимость привязки в пределах ограниченных районов относительных величин, полученных с ИСЗ, к абсолютным значениям судовых наблюдений. Но при этом необходимо учитывать различные принципы дистанционных и контактных измерений и масштабы осреднения. Особое значение имеет объединение судовых и спутниковых данных при изучении трехмерной структуры наблюдаемых со спутника явлений.

Нужно заметить также, что изображения океана, полученные с пространственным разрешением порядка 1 км и выше, дают такую информацию о горизонтальной структуре и динамике вод (положение и величину экстремальных значений, направление и в некоторых случаях скорость течений, мезомасштабные вихри и т. д.), которая другими средствами не может быть получена. Сравнение этих данных с распределением промысловых объектов показывает, что их детальность не является излишней. В то же время при некоторых методах обработки изображений значительная часть этой информации теряется. Выделить фронты, течения и вихри на картах ТПО значительно труднее, чем на ИК-изображениях. Это необходимо учитывать при решении вопроса о методах обработки и формах представления спутниковой информации.

Следующим важным моментом является обеспечение достаточной оперативности получения, обработки и распространения спутниковой информации. Существующие способы ее распространения из центров приема и обработки в виде фотоотпечатков, негативов или в записи на магнитных лентах не удовлетворяют требованиям оперативности. Отечественный и зарубежный опыт показывает, что наиболее рациональной была бы полная обработка информации в местах приема и распространение ее в обработанном виде по радиофаксимильным каналам.

Большими потенциальными возможностями для дистанционного зондирования океана обладают авиационные средства. В условиях масштабности дальневосточного бассейна они позволяют производить непосредственную разведку и оконтуривание скоплений ряда ценных и важных в промысловом отношении пелагических рыб. Примером использования самолета-лаборатории ИЛ-18 ДОРР может служить эксперимент «Вертикаль-ССС», осуществленный специалистами ТИНРО и ТУРНИФ в сентябре 1986 г.

В качестве района проведения эксперимента был выбран Южно-Курильский (ЮКР) – район сложной динамики вод, где встречаются воды различных структур (субарктические, субтропические), различные течения (холодное Ойясио и ветви теплого Куроисио), а в зоне островных проливов значительны приливно-отливные течения. ЮКР – один из самых энергоактивных и наиболее продуктивных районов Тихого океана и является важным в промысловом отношении районом.

Цели эксперимента «Вертикаль-ССС» заключались в ускорении процесса освоения самолета-лаборатории ИЛ-18 ДОРР на дальневосточном бассейне и отработке методических вопросов получения океанологических и промысловых характеристик акваторий дистанционными и контактными методами. В ходе эксперимента непосредственно решались следующие задачи:

- отработка элементов технологической схемы взаимодействия судовых, авиационных и космических средств получения информации;
- сбор материалов синхронных и квазисинхронных измерений гидрофизических полей судовыми, авиационными и спутниковыми средствами;
- промыслово-океанологическая интерпретация результатов измерений, полученных контактными и дистанционными средствами;
- оценка работы комплексов самолета-лаборатории ИЛ-18 ДОРР и выдача рекомендаций на дальнейшую их модернизацию, а также методическое обеспечение работ, проводимых с помощью аппаратных комплексов самолета-лаборатории;
- оказание помощи добывающему флоту на промыслах сардины, сайры и охотоморской сельди по определению картины распределения скоплений рыбы и возможных мест образования этих скоплений.

Таким образом, на дальневосточном бассейне впервые в практике рыбохозяйственных исследований была реализована система целенаправленных и согласованных промыслово-океанологических работ судовыми, авиационными и космическими средствами.

Среди воздушных судов, применяемых для дистанционного зондирования океана, используются и вертолеты. Способность вертолетов зависать в заданных точках над водной поверхностью дает принципиальную возможность проводить с вертолета, наряду с дистанционными, контактные измерения гидрологических характеристик, которые обычно выполняются судовыми средствами. Привлечение контактных измерений существенно увеличивает точность, ценность и объем полетной информации.

В качестве примера использования вертолета МИ-8 для контактных гидрологических измерений можно привести эксперимент, выполненный сотрудниками ТИНРО в 1985 г. на стандартном океанографическом разрезе в Японском море. Протяженность разреза составляла 167 км вдоль 132° в. д. Начальная океанографическая станция была удалена от пункта базирования вертолета на 60 км, а конечная – на 230 км. На станциях проводили измерения температуры воды до глубины 120 м. Время, затраченное на работу вертолета при однократном выполнении разреза, составило 3,5 часа с учетом времени подлета и возвращения на базу. Для сравнения отметим, что выполнение указанного разреза с судна потребовало бы около 22 часов.

Для выполнения гидрологических работ с борта вертолета МИ-8 в первом эксперименте использовали следующее оборудование: ручную лебедку с тросом длиной 150 м, блок-счетчик троса, батитермограф типа «Цуруми Сейки Ко». В дальнейшем на борту вертолета была установлена лебедка типа ЛПП-6 с запасом троса 300 м, а вместо батитермографа использовали гидрологический зонд типа STD-1000, что позволило повысить оперативность измерений.

Следует особо подчеркнуть квазисинхронность гидрологических измерений, выполненных на значительных акваториях с использованием вертолетов. В сочетании с машинной обработкой и объективным анализом результатов такой метод дает возможность не только изучать краткосрочную (синоптическую) изменчивость океанологических процессов, но и обеспечить оперативный мониторинг важнейших промысловых районов. Высокая оперативность сбора гидрологической информации в сочетании с высокой точностью измерений, возможность параллельного проведения визуальных наблюдений за обстановкой в промысловом районе открывают широкие перспективы использования вертолетов для целей промысловой разведки. Особую ценность представляют эти работы с точки зрения информационного обеспечения исследований в области краткосрочного прогнозирования промысловой обстановки в прибрежных районах.

#### **Глава 4. СОСТОЯНИЕ ПРОМЫСЛОВЫХ РАЙОНОВ И ЭКСПЛУАТИРУЕМЫХ ПОПУЛЯЦИЙ**

Современное рыболовство в соответствии с темпами развития цивилизации за последние полвека достигло внушительных показателей. Особую, а может быть, и лидирующую роль в этом прогрессе сыграла «промысловая разведка». Именно под этим термином особая сфера деятельности в области рыболовства, начатая сто лет назад Н.М. Книповичем, из научного поиска превратилась в сложную структуру.

Сбор ихтиологического и гидробиологического материала, фоновых данных, их анализ и рекомендации в виде прогнозов промысловой обстановки, по сути, всегда оставались основным содержанием промысловой разведки. Даже оперативный поиск, непосредственно предшествующий лову, базируется на научной основе, поскольку в этом случае используются данные предыдущих исследований, научно обоснованные методы, соответствующие технические средства, анализ результатов наблюдений.

Пережив в процессе своего развития значительные трансформации: от отдельных научных экспедиций до крупных производственных управлений, – промысловая разведка в общем потоке событий конца XX в. вошла в полосу кризиса.

Признание того, что промысловая разведка в СССР была самой крупной и развитой в мире, до недавнего времени вызывало чувство гордости. Но, к сожалению, настоящее положение дел не вызывает даже оптимизма.

С укрупнением и соответствующим ростом потребностей на содержание основное предназначение промысловой разведки из разряда главных целей переходило во второстепенные. Оказалось, что природные биологические ресурсы Мирового океана ограничены и перспективу следовало искать не только в его масштабах. С введением 200-мильных экономических зон прибрежными государствами дальнейшее развитие «океанического» рыболовства, на которое затрачивалось до 95% капитальных вложений, становилось нецелесообразным.

На последней стадии укрупнения, имея статус самостоятельных управлений с практическими правами судовладельцев, подразделения перспективной разведки, поискового и научно-исследовательского флота по существу перестали выполнять свои функции. Это хорошо видно на примере ТУРНИФ (Тихоокеанское управление перспективной разведки и научно-исследовательского флота), созданного на дальневосточном бассейне в 1970 г. и в 1995 г. практически прекратившего свое существование как база научно-поискового флота.

Несовместимость между главной целью и средствами стала ощущаться уже с первых лет существования этой организации. В этот период в отношениях между наукой и обществом уже намечился кризис, прогресс приостанавливался, дефицит ресурсов увеличивался не только в материальном его содержании.

Однако необходимость развития рыболовства со всеми его структурами, а главное, необходимость эффективного управления этими структурами настойчиво диктовалась потребностями общественного развития и состоянием традиционных объектов промысла. В государственных структурах российской рыбохозяйственной отрасли были найдены пути сохранения части научно-исследовательского флота, ранее принадлежавшего промысловым разведкам, и более эффективного его использования. Определенным образом изменились и цели морских экспедиций. Теперь уже речь не идет об открытии новых промысловых районов и объектов. Известная поговорка о синице в руке стала более чем актуальна.

В настоящее время около 4% всех калорий и 6% всех белков, потребляемых человеком, обеспечивают продукты из водных объектов. При этом 25% всех белков животного происхождения обеспечивается ныне за счет использования в пищу непосредственно рыбы и других водных животных. Приблизительно такое же количество животного протеина человечество получает опосредованно – за счет использования рыбной кормовой муки для выращивания сельскохозяйственных животных и птицы.

Исходя из минимальных потребностей населения Земли, желательно в ближайшие 30–40 лет довести вылов пищевых гидробионтов до 150–160 млн т [84].

#### **4.1. Производство биологических ресурсов**

Из огромного банка данных («Океанология», 1977–1979 гг.), сформированного по результатам многолетних исследований сложнейшего комплекса процессов, происходящих в Мировом океане, следует обратить особое внимание на те стороны, которые имеют существенное значение для формирования биологической продуктивности океана, на факторы как повышающие, так и лимитирующие биологическую продуктивность.

Основные типы растительного и животного мира, живущие и ныне в океане, существуют около 500 млн лет. Океан как среда обитания отличается от суши прежде всего целостностью и малым значением в истории развития его населения непреодолимых границ. Изменения в океане были выражены в несоизмеримо более слабой степени, чем на суше. Это относится как к солесовому, так и к температурному режиму. Для обитателей океана сохранилась возможность осуществлять горизонтальные и вертикальные перемещения в районы и участки с неизменившимися или мало изменившимися условиями обитания.

Рассматривая океанический бассейн в аспекте его биопроductивности, важно представлять не только его общую площадь и объем, но и соотношение площадей океана по широтным и глубинным зонам, а также рельеф дна. Половина (49,4%) океанической поверхности (с морями) приходится на долю Тихого океана, а объем его вод составляет даже несколько более половины всей водной массы (52,9%).

На моря, заливы и проливы приходится 18,9% поверхности и 10,1% объема Мирового океана. Тихоокеанские моря составляют 8,7% – 31,64 млн км<sup>2</sup>.

Для соответствующих расчетов размера продуктивности и промыслового изъятия несомненный интерес представляют данные о площадях водной поверхности в пределах широтных зон.

В пределах тропической приэкваториальной зоны расположено огромное водное пространство, занимающее 131,8 млн км<sup>2</sup>, т. е. 36,6% Мирового океана. Холодные приарктические и приантарктические воды имеют площадь 37,5 млн км<sup>2</sup>, или 10,4% Мирового океана. На районы умеренных широт приходится немногим более половины (53%) общей поверхности Мирового океана. Учитывая, что арктические, антарктические и тропические области отличаются относительно невысоким уровнем биопродуктивности, такое размещение водной поверхности Мирового океана существенно снижает возможности образования здесь продуктивных зон, а тем самым и ограничивает общий объем биологических ресурсов океана.

Большое значение для понимания процессов, связанных с распределением и образованием биологических ресурсов, имеют характер рельефа и соотношение размеров основных частей дна океана и морей. На долю относительно небольших глубин (< 500 м) приходится всего 9,6% акватории Мирового океана, а с прилегающей к ним зоной верхней части склона (500–1 000 м) эта площадь достигает 43,06 млн км<sup>2</sup>, т. е. 11,9% поверхности Мирового океана. Преобладающая часть океана (73,8%) занята глубинами от 3 до 6 тыс. м.

Дно Мирового океана принято подразделять на три основные части: материковую отмель (материковое плато, шельф), материковый склон (континентальный склон) и ложе океана с глубоководными впадинами.

К материковой отмели обычно относят глубины до 200 м. Участки с крутым падением дна, начинающимся от нижнего края шельфа до 3 000 м и более, относят к материковому склону (угол падения до 40°; средний угол – 3...5°). Участки дна с глубинами более 3 000 м – это океаническое ложе. В табл. 3 даны общие размеры участков дна в пределах соответствующих глубин, а на рис. 7 приведены (в знаменателе) площади склона с глубинами 0–1 000 м в пределах рыбохозяйственных районов ФАО.

Таблица 3

Размеры основных частей дна океанов (по Моисееву) [83]

Часть дна океана	Глубина, м	Тихий океан		Мировой океан	
		млн км <sup>2</sup>	%	млн км <sup>2</sup>	%
Материковая отмель	0–200	8,16	4,6	26,50	7,3
Материковый склон	200–500	2,37	1,3	8,25	2,3
	500–1 000	3,87	2,2	8,31	2,3
	200–3 000	26,05	14,6	64,34	17,8
Ложе	Более 3 000	144,47	81,8	270,42	74,9
Всего		178,68	100	361,26	100

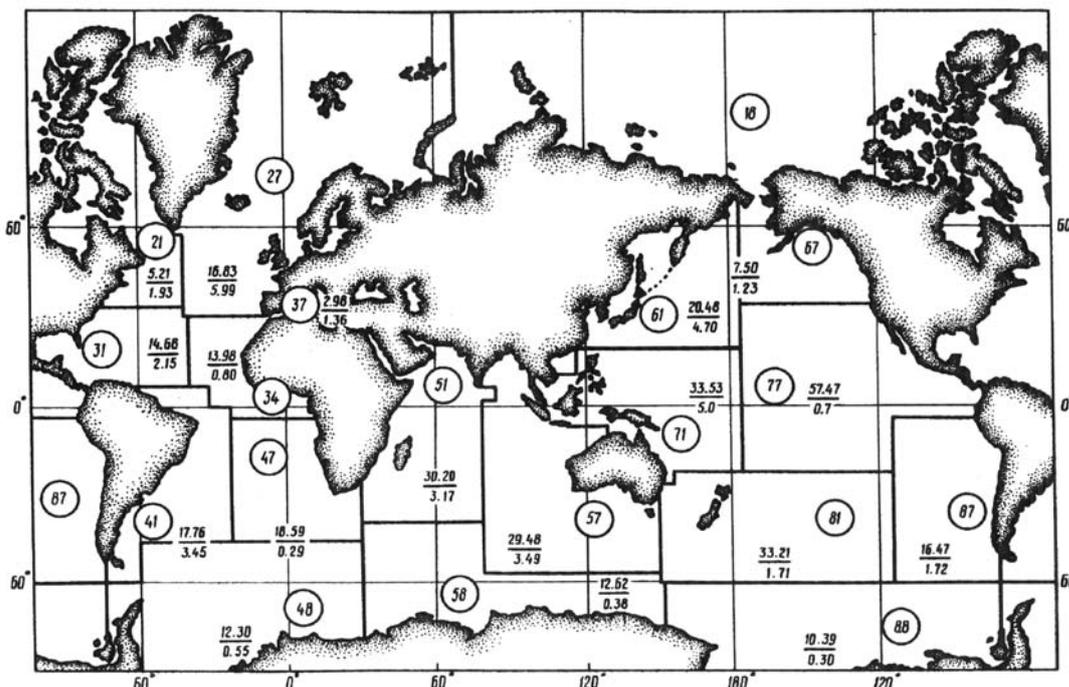


Рис. 7. Схема районирования ФАО (по Моисееву) [83]

Определенное значение для формирования районов с повышенной биопродуктивностью имеют многочисленные поднятия океанического ложа, вершины которых иногда образуют острова или подводные горы (рис. 7).

#### **4.2. Роль рельефа в формировании биологической продуктивности**

Более 90% общего вылова морских рыб, беспозвоночных животных и водорослей добывалось и продолжает добываться в пределах площади материкового плато и прилегающих к нему областей. Эти промысловые районы составляют всего около 20% акватории морей и океанов.

Высокую биологическую и промысловую продуктивность этим районам обеспечивают особенности их положения как периферийной зоны с относительно малыми глубинами, наиболее тесно связанной с материком и постоянно взаимодействующей с водными массами открытых и более глубоких районов океана. Именно на шельфе в наиболее интенсивной форме происходит взаимодействие литосферы, гидросферы, атмосферы и биосферы.

На шельф в первую очередь поступает материковый жидкий и твердый сток, обеспечивающий пополнение биогенными элементами и органическим веществом его водных масс и способствующий образованию как высокой первичной продукции шельфовых вод, так и высоких концентраций зоопланктона и зообентоса. Однако несомненно больше, чем сток с суши, доставка биогенных элементов в прибрежные шельфовые зоны способствуют интенсивные вертикальные перемешивания, и прежде всего – подъем глубинных вод в результате сезонной климатической изменчивости и динамических процессов. В этих районах гораздо чаще создаются крупномасштабные апвеллинги, способствующие поддержанию высокой численности рыб и других водных животных.

Однако следует иметь в виду, что этим районам свойственна наиболее значительная сезонная изменчивость океанологических факторов, приводящая к резко выраженным миграциям и колебаниям численности водных объектов.

По конфигурации шельф подразделяется на широкий и узкий. Узкие шельфы находятся под непосредственным и гораздо большим воздействием водных масс из районов материкового склона, в то время как широкие шельфы испытывают наибольшее влияние глубинных вод только в пределах своего внешнего края, а на большей части их площади преобладает роль горизонтальных перемещений, стока приливо-отливных явлений и ветровых факторов. Одно из свойств узких шельфов заключается в повышении продуктивности не только в пределах собственного материкового плато, но и в прилегающих участках океана. Узкие шельфы дают в несколько раз больше продукции с единицы площади, чем широкие. Однако не следует забывать о суммарной продукции, снимаемой с обширной площади широкого шельфа.

#### **4.3. Тепловой баланс и циркуляция водных масс**

Основной причиной всех процессов, происходящих в океане, является солнечная радиация. В сочетании с отклоняющей силой вращения Земли она создает и поддерживает атмосферную циркуляцию, в том числе – приповерхностную систему ветров. Последняя в свою очередь является решающей в образовании поверхностных течений и оказывает влияние на глубинную циркуляцию.

В результате солнечной радиации в Мировой океан поступает в среднем  $(18-20) \cdot 10^3$  Дж/см<sup>2</sup>, (77–82 ккал/см<sup>2</sup>) – в год; от других источников – всего около 0,2% от этой величины. Интенсивность солнечной радиации, достигающей поверхности моря, зависит от высоты солнца (географической широты) и времени суток; в арктических и антарктических районах она существенно изменяется по сезонам, а в среднем оказывается в 3–4 раза меньше, чем в тропических областях. Процессы фотосинтеза в средних и высоких широтах Мирового океана интенсивно протекают в относительно короткие периоды высокого солнцестояния.

Большая часть спектра солнечного света поглощается в самом поверхностном слое. В районах с высокой прозрачностью уже в самом поверхностном сантиметровом слое поглощается 27% солнечного света, в метровом поверхностном слое – 62% и только 0,45% всей световой энергии, проникающей в воду, достигает глубины 100 м. В мутных прибрежных водах интен-

сивность солнечного света поглощается на 99% уже на глубине, не превышающей 30 м. Почти вся тепловая энергия поглощается в поверхностном однометровом слое.

Таким образом, толщина фотического биопродуцирующего слоя в среднем оценивается для всего океана в 60 м. В пределах этого очень тонкого поверхностного слоя, составляющего всего около 1,5% средней глубины Мирового океана, продуцируется более 3/4 всего фитопланктона. Большое значение на условия воспроизводства, распределение и миграцию водных объектов оказывают годовые колебания температур, зависящие от соответствующих изменений радиации и теплообмена в результате течений и ветров. В некоторых районах океана эти колебания весьма значительны и превышают 14–15°C.

В районах с большими годовыми колебаниями поверхностной температуры наблюдается наиболее выраженный скачок с максимальными градиентами как температуры, так и солености, а значит, и плотности. Прогретый, более легкий поверхностный слой сравнительно тонкий – обычно не более 50–60 м. Ниже слоя хорошо перемешанной воды расположена зона термоклина толщиной от нескольких десятков до нескольких сотен метров.

Слой температурного скачка является труднопреодолимым барьером для всех процессов обмена между верхним и глубинными слоями океана. Затрудняется проникновение тепла на глубину, химических элементов – из глубинных слоев, вертикальная миграция пассивно плавающих обитателей толщи воды – бактерий, фито- и зоопланктона. На глубине 100–200 м расположен постоянный максимум плотности, задерживающий от опускания на большие глубины свободно плавающих представителей планктона, икринок и личинок различных животных. Чем значительнее и быстрее происходит весенний прогрев, тем на меньшую глубину он проникает и тем тоньше прогретый слой над скачком. В шельфовых зонах с гораздо большей интенсивностью вертикального перемешивания образование зоны скачка зависит от специфики района.

Существенное значение для океанологических процессов имеют горизонтальные перемещения водных масс течениями. Помимо влияния на термические характеристики, динамику вертикальных перемещений вод с образованием вихрей, круговоротов, меандр и т. д., течения переносят подчас на большие расстояния икру и личинок, фито- и зоопланктон, а также взрослых обитателей океана. Влияние течений на океанологический режим многих районов океана нередко бывает ведущим и в сочетании с другими факторами определяет их биопродуктивность. В каждом из океанов существуют два больших круговорота вод, центральные части которых приходятся на зоны субтропиков, разделенных пассатными встречными течениями и противотечениями, проходящими в экваториальной зоне. Наличие таких обширных областей, расположенных в районах, где испарение преобладает над осадками, приводит к постоянному повышению солености и плотности, опусканию поверхностных слоев в глубину, а тем самым и к чрезвычайно низким средним показателям продуктивности. Однако следует обратить внимание на то, что в последние годы были выявлены некоторые океанологические особенности этих обширных пространств, в том числе наличие в их пределах подвижных вихревых образований, микрослоистости поверхностных вод, которые способствуют образованию отдельных очагов повышенной продуктивности.

По фронтальным зонам течений устанавливаются границы распределения некоторых биологических видов. Вдоль таких зон направляются миграции лососей, тунцов, кальмаров.

В тех районах, где отсутствуют локальные круговороты и преобладают крупномасштабные течения, последние оказывают отрицательное воздействие на биопродуктивность и воспроизводство тех видов, икра и личинки которых развиваются в толще воды.

#### **4.4. Химический, биогенный и газовый состав воды**

Образование высокоорганизованных вторичных и последующих продуцентов, прежде всего рыб и крупных промысловых беспозвоночных, происходит за счет использования ими растительного органического вещества, создаваемого в результате деятельности первичных продуцентов, прежде всего фитопланктона. Развитие фитопланктона и крупных водорослей, наличие биогенных элементов, необходимых для образования первичной продукции, и соответствующих условий для их использования водными растениями являются важнейшим начальным этапом в последующей цепи пищевых и иных взаимоотношений животных.

Биологическая продуктивность любого водоема в значительной степени определяется составом, объемом и доступностью для потребителей некоторых химических элементов и их со-

лей, растворенных в воде. Сумма шести элементов: углерода, водорода, азота, кислорода, фосфора и натрия – составляет 90–95% массы тела подавляющего большинства морских обитателей. Бор, фтор, марганец, медь, йод и другие элементы входят в состав организмов в качестве микроэлементов с содержанием менее 0,05% массы тела.

Для нормального развития биологических процессов необходимые элементы обязательно должны присутствовать в нужной концентрации и соответствующем соотношении, чтобы обеспечить процессы ассимиляции во время фотосинтеза растительного органического вещества.

Элементы, необходимые для жизни, подразделяются на пластические, нужные для построения организма, и каталитические, используемые в ничтожно малых концентрациях для обеспечения жизненных процессов организма.

Соединения фосфора, азота, кремния или биогенных элементов, в первую очередь необходимых для фитопланктона, распределены в океане весьма неравномерно, особенно в поверхностном слое, где они наиболее необходимы – в зоне фотосинтеза. При дефиците биогенных элементов процессы развития фитопланктона могут замедляться или даже приостанавливаться, а продуктивность – резко понижаться.

Общий баланс биогенных элементов в океане носит практически замкнутый характер и определяется почти исключительно процессами фотосинтеза. Поскольку поступление с суши относительно небольшое, общий баланс биогенных элементов в Мировом океане находится в напряженном состоянии.

Из растворенных в воде газов особое значение для жизни в океане имеет кислород. Поверхностные слои воды пополняются кислородом, прежде всего, за счет жизнедеятельности фитопланктона и притока из атмосферы (98,4 и 1,6% соответственно).

На глубине водные массы постепенно теряют растворенный в них кислород. Встречаются районы, где дефицит кислорода затрудняет обитание высокочисленных животных. Содержание кислорода менее 1 мл/л считается низким. Встречаются мертвые зоны, хотя они и немногочисленны, где кислород полностью отсутствует. В результате дефицита кислорода нередко происходят массовые заморы рыб, во время которых гибель достигает нескольких миллионов тонн. Чаще всего заморы случаются в придонных участках водоемов и на шельфе.

#### 4.5. Биосфера

При оценке энергетики океанических экосистем должна учитываться, кроме первичной продукции, и микрофлора (бактериальная продукция), так как она имеет огромное значение для всех биопродукционных процессов в океане и особенно для продукции объектов низких трофических уровней – зоопланктона и массовых мелких мезопелагических рыб.

Общая схема потоков энергии в экосистеме Мирового океана весьма сложная и имеет многочисленные взаимосвязанные передачи энергии с большими ее потерями.

При оценке продукции растений и бактерий в  $40,6 \times 10^{21}$  Дж в год ( $970 \times 10^{15}$  ккал) после многочисленных трансформаций образуется всего 320–350 млн т традиционных промысловых объектов, что составляет  $7,5 \times 10^{18}$  Дж в год ( $1,18 \times 10^{15}$  ккал). С учетом фактического объема добываемой рыбы и других водных объектов ( $0,09 \times 10^{15}$  ккал в год) человечество пока использует всего лишь 0,018% энергии, свойственной первичной (плюс бактериальной) продукции океана. Доля человека, как правило, тем меньше, чем крупнее водоем и чем больше ареал распространения облавливаемой популяции. Поэтому, оценивая биологическую продуктивность океана, следует также очень внимательно подходить к определению ее величины с точки зрения доступных для человека ресурсов.

Пока человечество будет использовать биологические ресурсы океана преимущественно как охотничьи угодья, добывая естественно воспроизводящиеся традиционные промысловые объекты, величина полезной продукции будет относительно невелика. Только при крупномасштабном использовании биоресурсов массовых объектов низкого трофического уровня и развитии пастбищного рыбоводства доля продукции, получаемая человеком из океана, может увеличиться.

Весьма разнообразен состав океанического зоопланктона. Насчитывается более 2 тыс. видов типично планктонных животных, среди которых наиболее многочисленны представители ракообразных и кишечнополостных, а также моллюсков и оболочников. Особое значение для питания рыб и других представителей нектона имеют пелагические ракообразные, прежде всего веслоногие, амфиподы и эвфаузиевые.

Вертикальное и горизонтальное распределение зоопланктона в океане весьма неравномерно и тесно связано с продукцией фитопланктона, бактерий и простейших.

Зоопланктон поверхностного слоя является основной кормовой базой, обеспечивающей существование практически всего животного населения океана. В верхнем 500-метровом слое находится около 2/3 зоопланктона. Ему свойственны суточные и сезонные вертикальные миграции, достигающие у некоторых форм многих сотен метров. Особенно это свойственно антарктическому крилю.

Общая биомасса зоопланктона не всегда может служить достаточно объективным показателем его кормовой ценности. Нередко при высокой биомассе планктона последний состоит преимущественно из гребневиков, не только не используемых рыбами в пищу, но и поедающих почти всех копепод.

При изучении и использовании биологических ресурсов важно помнить, что для обеспечения высокой численности большинства важнейших промысловых объектов (сельди, морские окуни, треска и др.) пища должна быть доступна для использования в пределах довольно жестко лимитированных сроков, с тем чтобы потребность в соответствующих кормах, особенно для мальков, только начинающих активно питаться, была обеспечена своевременно.

Если выделить биопродукцию, которая участвует в создании интересующих человека промысловых объектов, то в пределах океана может быть использовано только около 40 млрд т зоопланктона, тогда как в богатых зоопланктоном участках океана, т. е. на площади, составляющей 19,7% его акватории, находится  $2\ 302 \times 10^6$  т зоопланктона, или 69% всей его биомассы.

Подавляющее большинство обитателей бентоса – это прежде всего многочисленные представители моллюсков, ракообразных, иглокожих, червей, губок и других групп животных.

Их распределение зависит в основном от глубины, характера грунта и температуры. В настоящее время известно около 185 тыс. видов животных (без рыб), обитающих на дне или у дна. Более 98% всех видов морской донной фауны приурочено к мелководным районам океана. Существование бентосных животных определяется прежде всего объемом вещества органического происхождения, образующегося в результате жизнедеятельности фито- и зоопланктона, опускающегося на дно в виде еще неминерализованных остатков, а также количеством фитопланктона и мелких форм зообентоса, находящихся в придонных горизонтах и способных быть уловленными фильтрующими устройствами обитателей бентоса.

На шельфе Мирового океана средняя биомасса бентоса составляет  $70\text{--}200$  г/м<sup>2</sup>, или 60% всей его биомассы. Общий объем биомассы животного бентоса, способного участвовать в качестве корма в продуцировании полезных для человека организмов, составляет не более 3–4 млрд т, а годовая продукция кормового бентоса, используемого рыбами, оценивается в 1,5–2,0 млрд т.

К nektonу можно отнести с некоторой степенью условности всех рыб, крупных беспозвоночных животных, а также китообразных, т. е. именно тех гидробионтов, в вылове которых особенно заинтересовано человечество.

Наиболее массовыми представителями nektonа являются мезопелагические рыбы, включающие несколько сот видов, а также самый крупный и подвижный представитель эвфаузиевых – антарктический криль.

Криль живет до четырех и более лет, причем половая зрелость наступает у него не ранее конца второго года жизни. Он имеет относительно крупные размеры (до 60 мм длины и 2 г массы), образует плотные и массовые скопления, способные к протяженным вертикальным миграциям и горизонтальным передвижениям. Длина половозрелых особей колеблется в пределах 30–40 мм.

В теплые летние месяцы (с октября по апрель) криль придерживается в основном поверхностных слоев. Распределение плотных скоплений и их устойчивость определяются спецификой горизонтальной и вертикальной циркуляции вод. Средняя плотность таких скоплений криля составляет от 1,0 до 2,3 г/м<sup>3</sup>, максимальная – до 4,6 кг/м<sup>3</sup>. В целом для всей антарктической области граница массовых концентраций совпадает с границей природной зоны дрейфующих льдов.

Мнения исследователей об объеме биомассы антарктического криля разноречивы. Эти величины колеблются от 0,8 до 3,2 млрд т. Промысел криля в отдельные годы достигал 530 тыс. т.

Существенную долю промыслового запаса составляют головоногие моллюски и особенно кальмары. По мнению специалистов, общий вылов кальмаров может составить 6–12 млн т.

Кальмары питаются как зоопланктоном, так и рыбами. Поэтому распределение и образование плотных концентраций кальмаров приурочены прежде всего к участкам океана с большими скоплениями мелких пелагических рыб, к районам, прилегающим к материкам.

Чаще всего кальмары концентрируются мористее апвеллингов, в зонах раздела течений западного и восточного направлений, вблизи тропических фронтов, тропических конвергенций, экваториальной дивергенции, против выдающихся в море мысов, у океанических островов и над отдельными подводными возвышенностями, вершины которых достигают продуктивной зоны. Именно в этих районах вылов кальмаров, по данным 1986 г., достиг 1,7 млн т.

По характеру размножения, образу жизни, поведению и распределению подавляющее большинство морских рыб, имеющих промысловое значение, можно подразделить на несколько групп:

- размножающиеся и постоянно живущие в пределах собственно шельфа;
- размножающиеся и постоянно живущие в районе внешнего края шельфа, материкового склона и в неритических областях;
- размножающиеся в пределах шельфа или в пресноводных водоемах, но большую часть жизни проводящие в океане или в прилегающих к шельфу мористых районах;
- размножающиеся и постоянно живущие в открытых районах морей и океанов преимущественно над абиссальными глубинами.

В составе уловов водных животных и особенно рыб преобладают обитатели пелагиали. Пелагические объекты в общем улове в 1970–1986 гг. составляли 78–85%. Преобладающая часть прироста мирового вылова за послевоенный период (60 млн т) явилась результатом развертывания промысла преимущественно пелагически обитающих рыб: минтая, перуанского анчоуса, сардины иваси, чилийского сардинопса, ставриды, скумбрий, мойвы, а также кальмаров; 4/5 вылова морских рыб состоят из планктонофагов, и прежде всего зоопланктоноядов. Значительно меньше вылавливается хищных рыб, среди которых преобладают мелкие хищники, и совсем немного – около 3% – рыб, питающихся бентосом.

Приуроченность подавляющего большинства рыб и крупных беспозвоночных животных к прибрежным районам Мирового океана объясняется тем, что развитие икры, личинок и мальков многочисленных гидробионтов наиболее успешно происходит именно здесь, где наблюдаются более благоприятные условия для их развития.

Во взрослом состоянии многие группы рыб, прежде всего сельдевые, лососи, некоторые тресковые, часто уходят из прибрежной полосы в прилегающие районы морей и океанов, используя повышенные концентрации кормовых ресурсов, образующихся здесь в отдельные периоды года. Крупные представители nekтона способны совершать весьма протяженные миграции. Обычно в теплый период года рыбы и другие животные устремляются в более холодноводные и, как правило, более продуктивные районы, а в холодные месяцы уходят в более теплые районы для размножения.

Для большинства представителей nekтона свойственны значительные долгопериодные колебания численности, связанные с изменениями климата, направленности и интенсивности воздушных потоков, сопряженных, в свою очередь, с солнечной активностью и другими процессами. Масштабы таких изменений численности некоторых объектов могут быть чрезвычайно большими. Например, биомасса сардины иваси в течение 30–40-летнего отрезка времени изменялась от 25–30 тыс. т (1944–1945 гг.) до 25–28 млн т (1980–1987 гг.), т. е. почти на три порядка! Сходные амплитуды изменений численности известны для перуанского анчоуса, калифорнийской и южно-африканской ставриды, атлантических и тихоокеанских сельдей и других объектов.

Масштабы миграционных процессов сопряжены и нередко определяются численностью популяции. Примером может быть нагульная миграция сардины иваси. В период высокой численности (1930–1941, 1970–1991 гг.) косяки этой теплолюбивой рыбы летом проникали в северную часть Японского моря, достигали Северных Курильских островов и даже берегов Камчатки. На своем пути иваси интенсивно выедали зоопланктон, биомасса которого многократно снижалась (со 120 до 13 мг/м<sup>3</sup>). С уменьшением численности популяции необходимость в столь протяженных миграциях отпадала, площадь ее нагульного ареала многократно уменьшалась, что, естественно, приводило к уменьшению результатов промысла.

Только у немногих промысловых объектов весь период жизни связан с открытыми районами океана. Несколько видов тунцов, парусники, меч-рыбы, летучие рыбы, макрелешуки, мезопелагические рыбы, некоторые виды кальмаров освоили пелагиаль и нерестятся на расстоянии сотен и тысяч миль от берегов. Однако успешное воспроизводство и этих пелагофилов сопряжено с вихревыми или круговыми перемещениями водных масс, спецификой вертикальной стратификации и другими особенностями открытых районов океана, предотвращающими массовый вынос икры и личинок из зон нереста. Численность этих объектов, за исключением мезопелаги-

ческих рыб, относительно невелика, их распределение сравнительно дисперсно, и вероятность образования объемных плотных и устойчивых скоплений весьма проблематична.

При определенных условиях потенциальными промысловыми объектами могут оказаться океаническо-глубоководные и вторично-глубоководные рыбы. Первые богато представлены в глубинах тропической зоны, а вторые – в холодных водах. Биомасса глубоководной ихтиофауны увеличивается от тропических вод к умеренным и в основном приурочена к глубинам от 1,0 до 1,5 тыс. м. На склоне до глубины 1 500 м обнаружены существенные скопления макруросов, мерлуз, морских окуней, палтусов, угольной рыбы и др.

Наиболее типичными обитателями эпипелагиали океана, имеющими в настоящее время существенное промысловое значение, являются тунцы. Нерест их и развитие личинок происходят в пределах поверхностных слоев воды на огромных пространствах центральных частей Тихого, Индийского и Атлантического океанов. Однако миграции взрослых и молодых рыб различны в результате разобщенности областей размножения половозрелых рыб и распределения молоди.

Так, молодые, двух- и трехлетние особи длинноперого тунца в северной части Тихого океана удаляются от восточных и западных берегов океана и за несколько месяцев преодолевают расстояние 2,5–3,0 тыс. миль, достигают его центральных районов и затем возвращаются обратно. Более старшие особи легко пересекают океан в широтном направлении от берегов Японии до Калифорнии. При этом миграционные пути проходят в пределах широт от 27–30 до 45–48° с. ш., т. е. в зоне тихоокеанского дрейфа или в примыкающих к нему районах.

Миграции и распределение тунцов в открытых районах океанов прежде всего приурочены к участкам с относительно повышенной продуктивностью. Весной и осенью со сменой гидрологических сезонов и достижением определенного физиологического состояния тунцы переходят из одной системы течений в другую, где и обитают до следующей смены сезонов. Распределение тунцов, количество их на единицу площади и результативность лова находятся в большой зависимости от местонахождения зон повышенной продуктивности.

Жизнедеятельность и исключительно быстрый темп роста тунцов и акул обеспечивается их способностью к быстрому и длительному плаванию в пределах зон обитания, относительно бедных кормовыми объектами. Темпы увеличения массы с возрастом у некоторых видов тунцов исключительно велики. К концу второго года жизни масса их может достигать 20 кг, а после четырех лет – 50...60 кг. Однако крупных тунцов нельзя рассматривать как весьма многочисленных обитателей пелагиали.

Кроме тунцов, мечеобразных и акул океанический промыслово-географический комплекс пелагиали составляют также макрелешуки, мезопелагические и летучие рыбы. Весьма широкое и в то же время дисперсное распределение в пелагиали при одновременно высокой численности этих рыб делает необходимым создание их искусственных скоплений, обеспечивающих успешный промысел, путем разработки методов управления поведением.

Мезопелагические рыбы в дневное время образуют наиболее плотные концентрации в слое от 100 до 300 м, а в ночное время поднимаются ближе к поверхности. По данным ФАО, биомасса мезопелагических рыб в Мировом океане оценивается в 850 млн т, а их возможный вылов – в 100 млн т и более.

Многим видам мезопелагических рыб, особенно тропическим, свойственны одnogодичный жизненный цикл и наступление половой зрелости при длине 25–40 мм, некоторые холодноводные же достигают 9-летнего возраста при длине 70–80 мм. Необходимо иметь в виду, что мезопелагические рыбы, являясь важнейшими сочленами океанических экосистем и способствуя высокой биопродуктивности многих прибрежных и открытых океанических регионов, являются в то же время одним из наиболее объемных потенциальных промысловых биоресурсов Мирового океана.

В общем балансе животных белков, которые получают и могут быть получены из океана, доля белков из морских млекопитающих, в первую очередь из китов, никогда не была и не будет сколько-нибудь значительной – не более 2% возможного объема. В то же время исключительно велико значение китообразных и ластоногих, являющихся в большинстве случаев хищниками или животновядными, как сочленов морских и океанических экосистем.

По оценкам Международной китобойной комиссии, в Мировом океане в настоящее время обитает около 500 тыс. усатых китов и кашалотов. Кроме того, насчитывается около 250 млн ластоногих, а также несколько млн дельфинов. Основными объектами питания этих животных являются зоопланктон, кальмары и рыбы. Общее потребление этих объектов морскими млекопитающими выражается в следующих объемах (в млн т): зоопланктона – 350–400 ( в том числе криля – 200), кальмаров – 220–280, рыб – 300.

#### 4.6. Недостаточно используемые ресурсы

Курильские острова со времен их освоения русскими мореплавателями славятся богатством прибрежных ресурсов, разнообразностью и ценностью животного и растительного мира. Деятельность русских промышленников на Курильской гряде началась в первом десятилетии XVIII в. Привлекли их сюда морские бобры (каланы), в обилии населявшие острова, особенно Северные Курилы. Для сохранения курильского калана Международной конвенцией с 1912 г. был введен запрет на его добычу. В 1975 г. этот запрет был закреплен Правилами охраны и промысла морских млекопитающих (в 1983 г. калан занесен в Красную книгу СССР). Теперь численность калана существенно возросла [139].

Организованное рыболовство у Курильских островов зародилось в начале XX в. Начали его японцы, владевшие Курильской грядой с 1875 по 1945 гг. В настоящее время на Шумшу, Парамушире и Онекотане не осталось населенных пунктов, за исключением Северо-Курильска. Вследствие отдаленности и труднодоступности нерестовые водоемы мало изучены и масштабы промысла лососей здесь крайне ограничены. На Шумшу в 1997–1998 гг. двумя ставными неводами выловлено соответственно 486 и 466 т лососей. На долю горбуши приходилось 47,5% улова, кеты – 26,3%, кижуча – 12,3%, нерки – 8,6%, чавычи – 5,2%.

Горбуша – самый массовый вид лососей Северных Курил – нерестится почти во всех речках и ручьях. В четные годы в реки Северо-Курильских островов заходит намного больше производителей горбуши, чем требуется для эффективного нереста. В четные годы без ущерба для воспроизводства в средней по рыбопродуктивности реке можно изымать 60–100 т производителей горбуши северокурильской популяции, суммарный допустимый вылов в устьях рек может превысить 3 тыс. т.

Кижуч размножается примерно в 25 реках Парамушира и Шумшу. Из нерестовых водоемов этих островов ежегодно скатывается в море около 2 млн экз. дву- и трехлеток кижуча массой 10–50 г. При коэффициенте возврата 10% обеспечивается формирование популяции северокурильского кижуча биомассой более 600 т. Численность стада северокурильского кижуча можно увеличить в несколько раз, если восстановить плотину на озерно-речном гидрокомплексе Беттобу на Шумшу. В результате заполнения долины образуется единый нагульный водоем площадью 35–40 км<sup>2</sup>. На этой акватории может происходить воспроизводство кижуча в объеме 7–10 млн экз., которое обеспечит формирование стада биомассой 2–3 тыс. т.

Кета и нерка размножаются в нескольких реках и озерах Северных Курил, но сведения об их численности недостаточны для обобщения.

Гольцы и кунджа – многочисленные проходные виды. При нерестовой миграции они образуют в устьях рек промысловые скопления. Численность стад этих рыб необходимо регулировать, так как они поедают молодь более ценных видов, в первую очередь кижуча.

В настоящее время запасы гидробионтов в прибрежной зоне Северных Курил недоиспользуются [139]. К перспективным объектам прибрежного рыболовства кроме лососей относятся треска, минтай, камбала, бычки, сельдь, мойва, крабы. Не определены ресурсы морских ежей. Не используются огромные плантации морской капусты. При интенсивной эксплуатации гребешка необходимо перейти на новые технологии его переработки, поскольку в настоящее время используется только мускул, а остальное ценное сырье идет в отходы. Проблема добычи и переработки промысловых гидробионтов чрезвычайно актуальна и должна решаться одновременно с осуществлением научно-природоохранного контроля за их ресурсами вблизи островов.

#### 4.7. Экологи бьют тревогу

Информация о неблагоприятном состоянии экологических систем все чаще будоражит общественность, настойчиво просачиваясь в различные СМИ. Эта информация, подтверждаемая очевидными фактами и собственными ощущениями, уже не воспринимается как досужие экстремистские выходки природозащитных организаций. Масштабы техногенных катастроф и многолетнего варварского промысла все труднее скрывать. Их последствия как огромные нефтяные пятна неудержимо расплываются по всей планете.

Морские водоросли являются источником органического вещества и важной составной частью прибрежных биоценозов, определяющей биологическую структуру морей и океанов.

Высокая ценность морских растений как продукта питания обусловлена значительным содержанием в них белков, жиров, углеводов, витаминов и микроэлементов. Продукты переработки водорослей широко применяются в текстильной, целлюлозно-бумажной, горнодобывающей промышленности, в медицине и сельском хозяйстве.

В районе Курильских островов встречается более 200 видов представителей зеленых, бурых и красных водорослей. Здесь сосредоточены самые крупные запасы водорослей на Дальнем Востоке [45]. Объектами промысла служат некоторые виды ламинарий и циматера, объединенные под общим названием «морская капуста».

До 1987 г. промысел бурых водорослей у островов Малой Курильской гряды осуществлялся традиционными орудиями лова, в основном канзами (длинными деревянными шестами, на одном конце которых закреплены тонкие прутья). Такой способ добычи не наносит особого ущерба ресурсам.

Рост спроса на водорослевое сырье в конце 80-х гг. подтолкнул промышленность к поискам и разработкам более производительных орудий лова. Так, был разработан фиктен (водорослевая гребенка – вариант модифицированной норвежской драги). Промышленный промысел водорослей фиктенами начался в 1988 г. Нелегальное использование этого способа для добычи морской капусты у Южных Курил продолжалось до 1992 г.

В результате подводных наблюдений, проведенных сотрудниками СахНИРО в 1990 г., было выяснено, что при добыче морской капусты фиктенами все слоевища ламинарии и циматеры независимо от размера уничтожаются [45]. Второгодние крупные растения удерживаются на фиктене, мелкие первогодние проскальзывают и оседают на грунт, образуя плотный толстый слой. В 1988 г. на берегу о. Зеленый в конце промыслового сезона объем выбросов оборванных фиктенами водорослей составлял около 20–25 тыс. т. При этом около 15 тыс. т оборванных водорослей находилось на мелководье в предвыбросных скоплениях.

При промысле фиктенами нарушается структура зарослей, что ведет к изменению гидрологического режима, усиливая действие течений и штормов в прибрежной полосе. Увеличившаяся динамика вод выносит споры растений за пределы зарослей, где условия для размножения наиболее благоприятны. Перепахивание субстрата фиктенами приводит к образованию большого количества взвешенных в воде частиц, что может снизить число прикрепившихся и прорастающих спор практически до нуля. Молодые растения при вспахивании забрасываются илом, что лишает поросль доступа достаточного количества солнечного света для нормального развития на ранней стадии роста.

Использование фиктенов на ограниченной акватории большим числом судов (до 50 ед.) без ежегодного чередования участков привело к катастрофическому уменьшению запасов. Их восстановление после такого промысла идет довольно медленно. Оставшиеся единичные слоевища ламинарии не в состоянии обеспечить спорами огромную территорию.

Разрушение растительной структуры мелководья без проведения мелиоративных работ привело к развитию зарослей цистозире. Площадь ее полей выросла до 3 тыс. га (глубина – от 0 до 4 м). Таким образом, в прибрежной полосе островов Зеленый и Юрий полного восстановления зарослей ламинарии ожидать не приходится.

В результате браконьерского промысла у островов Малой Курильской гряды запасы морской капусты снизились в среднем на 88,7%, у о. Зеленый – основного района добычи – на 97% [45].

У Японских островов прибрежные хозяйства, в том числе и водорослевые, отличаются высокой культурой добычи и воспроизводства. На участках с благоприятными условиями для произрастания водорослей создаются искусственные рифы путем помещения на мелководье бетонных блоков. За развитием зарослей тщательно наблюдают. Добычу морской капусты осуществляют канзами с небольших судов типа кунгасов. Промысловые участки ежегодно чередуют. После уборки урожая проводятся мелиоративные работы по очищению субстрата от ризоидов ламинарии и конкурентов (в основном алярии), поддерживая нормальное соотношение между видами. Такой подход позволяет японским рыбакам эксплуатировать водорослевые участки в течение продолжительного времени без ущерба для ресурсов.

Бывает, что рыбаки обвиняют защитников природы в преднамеренном искажении фактов. Искажение и преувеличение данных стали обычными в заявлениях и материалах защитников окружающей среды, особенно из Гринписа, и поддерживающих их СМИ. Называются также организация Sea Web и Институт островов Земли.

В январе 1998 г. Национальный совет по защите ресурсов США вместе с Sea Web объявили бойкот потреблению продуктов из меч-рыбы, чтобы убедить потребителей и руководителей

рыбной промышленности в необходимости восстановления ее запасов в Северной Атлантике. Специалисты Sea Web заявляют, что бойкот призван инициировать разработку программы восстановления запасов меч-рыбы. В июне 1998 г. Клинтон призвал к запрету в США продажи и импорта меч-рыбы массой менее 30 фунтов (1 фунт = 0,454 кг).

Представители защитников природы утверждают, что на каждую выловленную меч-рыбу приходится прилов 9 рыб других видов, которые выбрасываются за борт уже мертвыми, а на каждый фунт меч-рыбы, попавшей на стол потребителя в 1997 г., приходится такое же количество погибших дельфинов или акул. Институт островов Земли называет промысел креветок одним из самых разорительных в мире: на каждый фунт выловленных креветок приходится 10 фунтов прилова, который выбрасывается за борт. Согласно данным Фонда развития рыболовства в Мексиканском заливе и Южной Атлантике, соотношение прилова и улова креветок в заливе составляет 5:1, а в ЮА – 4:1. Поем креветочного трала содержит на 1 фунт креветок 4–5 фунтов прилова, в составе которого 80,5 % приходится на рыб, 16% – на ракообразных и 3,5% – на беспозвоночных. При обязательном сегодня оборудовании тралов устройствами для ограничения прилова доля рыб снижается до 44–50%. Если это не запрещено законом, то часть прилова утилизируется.

В докладе ученых Национальной службы морского рыболовства конгрессу США среди 97 промысловых запасов, оцениваемых как переловленные, нет ни одного, относящегося к Берингову морю. Уровень эксплуатации основного объекта моря – минтая определен в 20%, что по меньшей мере на 1/3 ниже, чем у большинства промысловых рыб в мире.

#### 4.8. Состояние промысла минтая

Спрос восточных рынков на ястычную икру и филе из минтая сделал его одним из важных объектов международной торговли, став дополнительным стимулирующим эффектом для развития промысла этого объекта. В то же время это стало одной из главных причин загрязнения океанических вод выбросами в море некондиционной части улова, особенно на промысле, нацеленном только на производство икры. Одновременно расширяется неселективный промысел минтая судами практически всех осуществляющих его стран – России, США, Японии, Китая, Польши и Южной Кореи [74].

Подобная ситуация характерна и для многих видов морских биоресурсов, промысел которых ведется в Мировом океане. Объем выбросов «ненужной» части уловов в море достигает до 25 млн т (ФАО, 1995 г.).

Быстрая либерализация внешнеторговых связей спровоцировала нерациональное использование природных запасов добывающими отраслями в странах, где экспорт имеет преимущественно сырьевую направленность. В условиях реформ, происходящих в России, это связано в первую очередь с отсутствием в рыболовстве необходимой законодательной базы. Механизмы контроля на государственном уровне не успевают вырабатываться, а другие попытки регулирования внешнеторговых операций с рыбой пока неэффективны.

В последние годы торговля продукцией рыболовства в значительной степени вышла из поля зрения государственных органов, призванных осуществлять контроль в этой области. Негативных последствий данной ситуации достаточно много. В первую очередь это рост неконтролируемого, а значит, и нерационального промысла минтая как российскими, так и зарубежными судами. Рамки рациональных объемов изъятия значительно превышаются.

Объяснить это можно только отсутствием надежной законодательной базы ресурсосберегающего характера. Например, в США существует несколько десятков федеральных законов, направленных на охрану конкретных видов промысловых гидробионтов, касающихся в том числе и минтая.

17 декабря 1994 г. был подписан Федеральный закон РФ «О ратификации Конвенции ООН о сохранении ресурсов минтая и управлении ими в центральной части Берингова моря». Участниками Конвенции стали Россия, США, Республика Корея и Китай, позднее Япония и Польша. Установленный в рамках этой Конвенции мораторий на промысел минтая был вызван его нерациональным промыслом в центральной части Берингова моря и резким снижением запаса [74].

При решении охотоморской проблемы главным фактором убеждения в пользу прекращения нерегулируемого промысла минтая в открытой части моря стала предоставляемая Россией иностранным судам возможность продолжения работы в пределах российской 200-мильной зоны, но на условиях оплаты и под строгим контролем.

Упорядочение внешнеторговой деятельности – один из путей выработки механизмов обеспечения рационального промысла, в том числе и минтая. В этом контексте постановление Правительства РФ от 30 июля 1998 г. № 872 «О мерах контроля за внешнеторговыми операциями с продукцией морского рыбного промысла за пределами таможенной территории РФ» может стать базой для последующих действий в данном направлении.

Наиболее важным в сложившейся ситуации является срочное принятие базового закона о рыболовстве РФ с изложением основных принципов ведения рационального и ответственного рыболовства. Учитывая огромное значение минтая не только для устойчивой экономики дальневосточного рыболовства, но и для социальной стабильности (промысел минтая обеспечивает до 70% занятости дальневосточных рыбаков), нужен специальный закон о минтае.

#### **4.9. Гибель промысловых объектов от травм и выбросов**

Нередко в современных публикациях по проблемам рыболовства термин «прилов» (by-catch) имеет объединяющее значение и включает в себя все потери, связанные с промыслом, т. е. промысловую смертность эксплуатируемых популяций, за исключением полезной продукции, полученной из уловов.

По данным, опубликованным еще в 1971 г. Гулландом [224], из всего объема добываемых человеком морских гидробионтов 33% не используется им, т. е. уничтожается в виде отходов, прилова или гибнет в процессе лова от травм, не попадая в улов.

Широкий диапазон методов лова и неидентичность естественного (предшествующего облову) состояния рыбы дают основание полагать, что уровень повреждения и стресса рыбы в процессе облова и его избежания может существенно зависеть от времени и пространства. Например, рыба, входящая в трал, претерпевает несколько ступеней ускорения, ограничения пространства, толчею, повреждение от контакта с сетным полотном или другими рыбами. Суммарное время нахождения в трале, скорость траления и глубина лова составляют общий эффект степени повреждения или уровня стресса рыбы, тем или иным образом освободившейся и избежавшей попадания в улов. Рыбы, облавливаемые другими орудиями лова, также могут испытывать различные формы стрессов и повреждений (табл. 4).

И.В. Никоноров [286] предпринял попытки установить различные стадии процесса лова и предложил, что процесс лова включает в себя прохождение рыбы через зоны влияния, активности и удержания. В связи с этим диапазон влияния орудия лова не ограничивается тем, где рыба была удержана (крючком, сетным мешком и т. д.), но также включает части рыболовного оборудования, которые привлекают, концентрируют, тревожат или отпугивают рыбу.

Было предпринято несколько попыток дать количественную оценку уровню внешних повреждений, связанных с обловом рыбы, включая записи жизненного состояния (кардиограммы), на которых фиксировались степень физических повреждений, деформации тела, потери крови и телодвижения. Некоторые ученые исследовали случаи потери чешуи одного из пелагических видов при выходе из трала. Были сделаны попытки имитировать повреждения нескольких тресковых видов сетью в экспериментальном бассейне. P. Suuronen например, изучал повреждаемость балтийской трески при траловом лове [336].

На примере трала (рис. 8) показано, что процесс лова рыбы может включать в себя несколько независимых факторов, являющихся причиной промысловой смертности, каждый из которых характеризует количественный потенциал того или иного метода или орудия лова в этом смысле.

Ясно, что имеются значительные пробелы в наших знаниях о причинах, вызывающих промысловую смертность большинства видов рыб, а также в отношении экспериментальной методологии. Некоторые факторы, которые не обязательно могут быть причиной промысловой смертности, такие как отсев мелких особей в процессе лова, избежание захвата, а также влияние особенностей обитания и поведения рыбных скоплений, мало изучены и нуждаются в дальнейших дополнительных исследованиях. Поэтому, несмотря на то что нам известны возможные причины смертности, вызываемой промыслом, и мы понимаем их возможную значимость для различных методов и орудий лова, они остаются в числе неопределенных компонент «естественной смертности».

Поскольку эта необъясненная смертность есть прямой результат взаимодействия (контакта) с орудием лова, то знание того, как на состояние рыбы влияют травмы и стресс в процессе

облова (отсева), существенны, если какими-либо другими путями уменьшение этой смертности не достигается. Известна роль физиологов в оказании помощи по идентификации эффекта индивидуального и группового стресса на состояние рыб и определению увеличения вероятности выживания рыб как результата изменений в технологии лова. Удобный случай для нового типа физиологов, работающих в сфере рыболовства, представляется в двух дискретных областях. Во-первых, необходимо разработать показатели состояния рыбы, отражающие чувствительность к окружающей среде и сезонным изменениям, а также позволяющие находить зависимость между состоянием рыбы и вероятностью смертности. И эта необходимость вызвана не только желанием повышения качества эксперимента, но и стремлением повышения точности определения естественной смертности.

Таблица 4

Смертность гидробионтов после высвобождения от орудия лова (по Chopin et al)\* [188–192]

Орудие лова	Виды гидробионтов	Смертность, %	Примечания	Источник
Кошельковый невод	Cod, haddock	0 : < 10	Рыба, всплывшая (retrieved) на поверхность	Soldal, Isaksen [326]
Закидной невод	Striped Bass	1–17	Смертность освобожденной рыбы сокращается за счет улучшенного управления техническими средствами	Dunning et al. [204]
Закидной невод	Freshwater Drums	84,7	Оценка смертности после освобождения, связанного со стрессом и повреждениями	Fritz, Johnson [217]
Трал	Haddock	7–78	Оценка смертности от утомления составила 0–27%	Beamish [177]
Трал	Gadoids			Hislop, Hemmings [230]
Трал (траловый мешок)	Haddock, whiting	9–27 : 10–35	Большая вариабельность между видами и годами	Sangster, Lehmann [311]
Трал	<i>Melanogrammus sp.</i>	166 рыб/ч тр.	Мертвая и поврежденная рыба найдена в кильватере трала	Zaferman, Serebrov [357]
Трал	Gadoids	14–100	Большая вариабельность смертности между клетками, видами и годами	Main, Sangster [265]
Трал	Cod, haddock	0 : 1–32	Траловый мешок	Soldal et al. [324]
Трал	King and Tanner crab	21–22	Нецелевой улов	Stevens [328]
Трал	Lobster	21	Нецелевой улов. Вариабельность смертности зависит от состояния линьки	Smith, Howell [321]
Трал	Atlantic halibut	65		Neilson et al. [285]
Трал	<i>Clupea harengus</i>	85–90 : 75–85	Смертность вследствие использования ромбической ячеи и сортировочной решетки	Suuronen et al. [335]
Драга	<i>Pecten sp.</i>	78–88	Смертность от орудий лова, хищников и болезней	McLoughlin et al. [272]
Драга	<i>Placopecten sp.</i>	10–17		Caddy [184]
Сети	Pacific salmon	80–100	Совокупная смертность пойманной рыбы	Thompson et al. [342]
Сети	Pacific salmon	80	Смертность связана с повреждением чешуйного покрова и стрессом	Thompson, Hunter [343]
Крючковая снасть	<i>Oncorhynchus sp.</i>	12–69	Оценка смертности пойманной и сорванной рыбы	Vincent-Lang et al. [344]
Крючковая снасть	<i>Oncorhynchus sp.</i>	34–52 : 40–86	Coho salmon: Chinook salmon	Parker et al. [291]
Крючковая снасть	Rainbow trout	39 : 3–5	Крючок с растительной приманкой заглочен: использовалась искусственная приманка	Barwick [176]
Крючковая снасть	Chinook salmon	9–32	Мелкая рыба имела повышенную смертность	Wertheimer [352]
Крючковая снасть	Pacific salmon	41	У 34% рыб смертность наступила мгновенно, у 7% – через некоторое время	Mulen, Ball [273]
Ловушка	Snow crab	0,5	От доставленного на берег улова	Mallet et al. [266]
Донные сети	Ground fish		25 рыб + 48 крабов на одну сеть	Vienneau, Moriyasu [345]

\* В редакции автора

Во-вторых, есть необходимость оценить влияние различных стадий процесса облова на состояние рыб и измерить эффекты различных технологических усовершенствований конструкций, направленных на уменьшение вероятной промысловой смертности. К примеру, на крючковых (в том числе ярусных) и ловушечных промыслах требуется освобождать (отпускать) маломерных рыб.

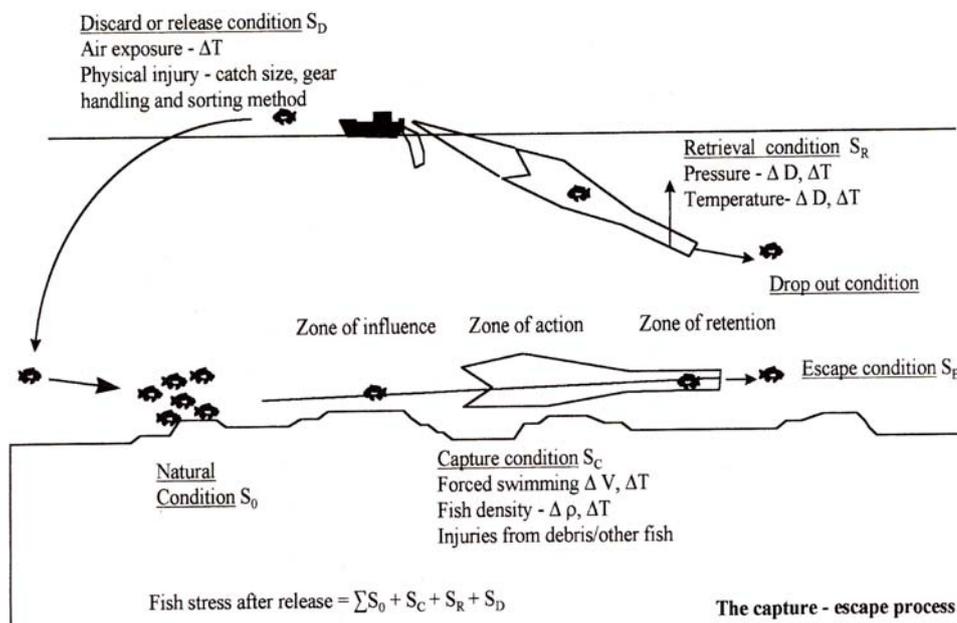


Рис. 8. Диаграмма различных стадий процесса лова тралом с соответствующими стрессовыми ситуациями для рыб (по Chopin et al.) [190]

Реформы в области управления рыболовством и технологические изменения процессов лова за последние тридцать лет достигли некоторых важных результатов в отношении уменьшения уровня приловов нецелевых видов и размеров на некоторых промыслах. Однако большинство этих усилий не были связаны с какими-либо мерами по уменьшению количества травмируемой в процессе лова рыбы, а сосредоточивались главным образом на одной категории рыболовства, вызывающей промысловую смертность – на выбросах.

Таблица 5

Оценка ежегодных выбросов добываемых гидробионтов в основных районах мирового рыболовства (по Alverson et al., 1994)[165]

Район	Выбросы, т
Северо-Западная Пацифика	9 131 752
Западно-Центральная Пацифика	2 776 726
Северо-Восточная Атлантика	2 671 346
Юго-Восточная Пацифика	2 601 640
Западно-Центральная Атлантика	1 600 897
Западный Индийский океан	1 471 274
Северо-Восточная Пацифика	924 783
Юго-Западная Атлантика	802 884
Восточный Индийский океан	802 189
Восточно-Центральная Пацифика	767 444
Северо-Западная Атлантика	685 949
Восточно-Центральная Атлантика	594 232
Средиземное и Черное моря	564 613
Юго-Западная Пацифика	293 394
Юго-Восточная Атлантика	277 730
Антарктика: атлантический сектор	35 119
индоокеанский сектор	10 018
тихоокеанский сектор	109
Всего	27 012 099

Восточная часть Охотского моря, входящая по схеме районирования ФАО в район СЗТО – основной район промысла минтая в пределах российской экономической зоны. В 1995–1997 гг. улов здесь превышал 1 млн т, а в 1999 г. уменьшился вдвое. Биомасса нерестового запаса восточноохотоморского стада снизилась по сравнению с 1996 г. более чем в 4 раза. До этого времени колебания численности минтая под влиянием изменений климато-океанологического фона с периодом 10–11 лет носили плавный характер, и столь резкого падения запасов ранее не отмечалось. Специалисты КамчатНИРО [32] связывают такое обвальное снижение биомассы минтая с интенсивным воздействием промысла, негативное влияние которого обусловлено переловом этого объекта сверх установленного общего допустимого улова (ОДУ). Кроме того, ежегодный прилов молоди минтая длиной менее промысловой меры (30 см) в 1992–1998 гг., по официальным данным, колебался от 2,9 до 35,7%.

Наблюдениями установлено, что сортировочные машины филейных линий на судах типа «Стеркодер» отбраковывают минтая длиной менее 32 см полностью или частично – в зависимости от величины и размерного состава уловов. В штучном выражении такая отбраковка составляет 55–70%, а по массе – 40–45% добычи. Поскольку учет вылова фактически ведется путем пересчета от количества готовой продукции, то реальный вылов таких судов примерно в два раза превышает официальные (зафиксированные в промысловом журнале) данные. Так, частично было уничтожено еще до вступления в промысел высокочисленное поколение 1995 г., с которым связывались надежды на увеличение запасов в 2000–2001 гг. В 1997 г. это поколение в возрасте двух лет составило 18,6% уловов, а в 1998 г. в возрасте 3 года – 35,9%.

По оценкам специалистов КамчатНИРО и ВНИРО [51], среднемноголетняя (до 1997 г.) интенсивность эксплуатации восточноохотоморского минтая составила 17%. По их мнению, такая интенсивность промысла на протяжении длительного периода стабильно обеспечивала сравнительно высокие уловы с периодами их снижения и роста в результате естественных колебаний численности, но без каких-либо признаков перелома, т. е. на биологически безопасном уровне. В 1998 г. интенсивность промысла с учетом выбросов молоди (по официальным данным, в среднем 18%) достигла 68%. По имеющимся оценкам [51], выбросы минтая непромысловых размеров могут составлять 45–50%. Совпадая по времени с фазой снижения численности урожайных поколений 1989–1990 гг., чрезмерная интенсивность промысла обусловила коллапс запаса. Промысловая биомасса минтая в 1999 г. определена в 1 685 тыс. т, а ее нерестовая часть – в 800 тыс. т.

При сохранении темпа эксплуатации на уровне последних лет (50%) численность и биомасса восточноохотоморского минтая могут сохраняться примерно на существующем уровне, но основная часть нерестовой популяции будет практически уничтожена. Промысел будет базироваться только на вновь вступающих в запас молодых особях.

По мнению специалистов [51], состояние ресурсов восточноохотоморского минтая можно характеризовать как неблагоприятное, а его изъятие в ближайшие годы не должно превышать 20% биомассы нерестового запаса. Кроме того, должны быть незамедлительно приняты меры к предотвращению неучитываемых выбросов путем обязательного взвешивания уловов наряду с другими мерами регулирования рыболовства, направленными на охрану запасов минтая.

Технологическая схема современной переработки минтая, обеспечивающая наибольший экономический эффект (прибыль), предусматривает разделку рыбы на филе в свежем виде на борту промыслового судна. На всех судах, имеющих технологические линии типа BAADER, улов предварительно разделяется на несколько фракций с помощью сортировочных машин. Технические характеристики такой линии при соответствующей настройке позволяют обрабатывать рыбу длиной 28 см и более.

При производстве обезглавленного минтая, как правило, используется рыба длиной 32 см и более. Удовлетворительное по качеству филе получается из рыб длиной как минимум 33 см. Причем мелкий минтай идет в обработку лишь в том случае, если нет возможности загрузить мощности завода более крупным сырцом. Наилучшая производительность линии достигается при ее загрузке минтаем длиной 40–45 см. Сырец, не отвечающий этим требованиям, отбраковывается.

Кроме того, около 30% улова не учитывается из-за использования неверных коэффициентов расхода рыбы-сырца на единицу готовой продукции. Эти коэффициенты зависят от размеров и физиологического состояния рыб.

Методика подсчета доли выбросов, применяемая в КамчатНИРО [32], заключается в измерении с точностью до 1 см по 300 особей перед обработкой (до поступления на сортировочную машину) отбракованных рыб, в том числе и минтая мелкой фракции. Определив процент отсор-

тированных рыб по размерным классам, вычисляют долю отбракованного улова в количественном и весовом выражении.

Для определения коэффициентов расхода рыбы-сырца на единицу готовой продукции 30 рыб каждого размерного класса в диапазоне 32–60 см пускают, предварительно взвесив, в обработку. Разделив массу особей каждого размерного класса на массу произведенного из них продукта, получают коэффициенты в зависимости от длины рыб. Зная размерный состав минтая в уловах, рассчитывают итоговый коэффициент.

По другой методике, по 100 кг минтая мелкой (35–46 см) и крупной (46–56 см) фракций обрабатывают на соответствующих технологических линиях (машинах). Частное от деления массы сырца на массу полученного продукта (филе или тушки) есть величина искомого коэффициента.

По результатам наблюдений отходы при производстве обезглавленного минтая составляют в среднем около 38%, а при производстве филе – 75% [32].

В Советской России во времена плановой экономики, когда основным критерием было количество добытой рыбы, существовали требования, по которым прилов, в том числе и мелкая нестандартная рыба, не выбрасывался. Часть прилова вместе с отходами обработки использовалась для производства рыбной муки. Другую часть замораживали на кормовые цели. В современных условиях рынка, когда основным критерием является прибыль, берется только товарная рыба, обладающая достаточной рыночной стоимостью. Остальная рыба как прилов вместе с отходами переработки выбрасывается. Производство рыбной муки ограничено в связи с ее низкой рыночной стоимостью. На некоторых промысловых судах рыбомучные установки отсутствуют. В некоторых случаях мощности рыбомучной установки оказывается недостаточно для переработки большого количества отбракованной рыбы. Только на плавучих базах (заводах) отходы и отбракованная рыба полностью перерабатываются на муку, потому что сырец от мелких и средних судов принимается по весу.

Согласно правилам рыболовства, касающимся промысла минтая, мешок разноглубинного трала частично должен иметь квадратную форму ячеи. Однако, на наш взгляд, эта мера неэффективна. В зоне разрежения потока воды между конусной частью трала и мешком рыба движется с ускорением, и большинство особей не успевают выйти через ячею. Достаточная селективность мешка достигается только тогда, когда весь мешок имеет квадратную форму ячеи. Высокая эффективность такого метода подтверждена результатами многочисленных исследований на промысле минтая, криля и других видов гидробионтов [40, 41, 89, 90, 95, 97, 107, 113, 238, 269–270, 287, 300–307, 333, 348].

## **Глава 5. СЕЛЕКТИВНОЕ РЫБОЛОВСТВО**

### **5.1. Интенсивность эксплуатации биологических ресурсов**

В условиях постоянно растущих потребностей человечества в продуктах питания интенсивность лова и вылова гидробионтов непрерывно возрастает. В результате недостаточно эффективного управления рыболовством запасы многих некогда традиционных объектов мирового промысла находятся в депрессивном состоянии. Несмотря на всеобщее признание концепции о необходимости эффективного регулирования промыслов, изучению интенсивности рыболовства до сих пор уделяется второстепенное внимание. Отсутствие общепринятой методологии оценки интенсивности рыболовства препятствует рациональной эксплуатации водных биоресурсов. Причиной несогласованности методических подходов является разобщенность целей.

Многочисленные попытки разобраться с проблемами рыболовства *post factum* были настолько вялыми, что их результаты в некоторых случаях лишь на короткое время приостанавливали развитие негативных процессов. Рекомендации, способные предупредить нарастание проблем, были настолько неубедительными или неэффективными, что сегодняшнее состояние рыболовства угрожает падением, и весьма болезненным. Яркий пример тому – ситуация, сложившаяся в рыболовстве России.

Проблематика современного рыболовства в общем виде выражается падением его эффективности на многих традиционных промыслах. Несмотря на увеличение ресурсного потребления в части социотехнического обеспечения, рыболовные комплексы снижают объемы производства продукции – главным образом из-за отсутствия в традиционных районах прогнозируемого объема природных ресурсов.

В конце концов производственные затраты рыбаков со всем их техническим оснащением, информационным обеспечением и временем, вложенные в объем обловленного пространства ( $V$ ), могут быть в этом выражении больше объема промыслового ареала добываемых биологических объектов ( $V_0$ ), т. е. интенсивность лова, выражаемая отношением

$$I = \frac{V}{V_0},$$

будет больше единицы. При этом следует напомнить, что общий промысловый ареал добываемых объектов, определяемый как произведение разведанной площади акватории на среднюю глубину залегания промысловых скоплений, – это тот ареал, в котором ведется или должен вестись промысел, а не тот, в котором может вообще встречаться добываемый объект [145].

Поскольку объем обловленного пространства ( $V$ ) фактически является промысловым усилием, то эффективность лова выражается отношением

$$E = \frac{C}{V},$$

где  $C$  – улов, полученный данным рыболовным комплексом в промысловом районе с определенным объемом распределения добываемых биологических объектов ( $V_0$ ).

В отношении интенсивности вылова Ю.В. Кадыльников [58], применив вероятностные методы и развивая идею Ф.И. Баранова, предложил пользоваться двумя крайними оценками:

– минимальной интенсивностью вылова, когда зоны действия рыболовных систем не пересекаются друг с другом:

$$P_{\Sigma(1)} = 1 - \exp\left[-\frac{BN}{B_0} P^0 \bar{P}\right];$$

– максимальной интенсивностью вылова, когда зоны действия рыболовных систем пересекаются:

$$P_{\Sigma(2)} = 1 - \exp\left[-\frac{BN}{B_0} (1 - (1 - P^0)^N (1 - (1 - \bar{P})^N)\right],$$

где  $B$  – средняя зона действия рыболовной единицы;

$N$  – количество рыболовных эталонных единиц;

$B_0$  – объем обитания рыб данной промысловой популяции;

$P^0$  – вероятность попадания рыбы или стаи в зону действия рыболовной единицы (общая уловистость);

$\bar{P}$  – вероятность поимки рыбы из числа попавших в зону действия рыболовной единицы (частная уловистость).

Действительная же интенсивность вылова лежит между этими оценками:

$$P_{\Sigma(1)} < I_F < P_{\Sigma(2)}.$$

Соответственно действительный первоначальный запас лежит между минимальной и максимальной его оценками с учетом суммарного вылова  $C_N$ :

$$Q_{(1)} < Q < Q_{(2)},$$

где

$$Q_{(1)} = \frac{C_N}{P_{\Sigma(1)}},$$

$$Q_{(2)} = \frac{C_N}{P_{\Sigma(2)}}.$$

При этом Ю.В. Кадильников [58] предлагает в комплексе решения задач регулирования рыболовства вычислять количество рыболовных единиц, при котором интенсивность вылова не превысит заданную  $P_{\Sigma(2)}$ , по формуле

$$N = \frac{B_0}{B} (1 - P_{\Sigma(2)}).$$

Очевидно, чем больше промысловый ареал обитания вида, тем в меньшей степени эффективность лова зависит от количества рыболовных единиц, сосредоточенных в данном районе. Однако в реальных условиях ограниченной численности промысловых скоплений для обеспечения эффективного лова его геометрическую интенсивность необходимо ограничивать (табл. 6).

Таблица 6

Количество рыболовных единиц в организованной группе при максимальном значении относительной эффективности промысла (по Кадильникову, 2001)[58]

$\Phi = \frac{B}{B_0}$	$\bar{P} = 0,9$				$\bar{P} = 0,2$			
	$P^0$							
	0,6	0,4	0,2	0,1	0,6	0,4	0,2	0,1
0,0001	18	19	38	73	38	38	41	73
0,001	14	15	27	51	27	27	30	51
0,01	9	10	17	29	17	17	20	29
0,1	5	6	8	11	8	8	10	13
0,2	4	5	6	8	6	6	8	10
0,4	3	4	5	6	4	5	6	7
0,6	3	3	4	5	4	4	5	6

Предваряя настоящую главу несколькими тезисами, касающимися интенсивности рыболовства, мы обращаем внимание на то, что в условиях интенсивного промысла требования к селективности лова должны возрастать. Не случайно в современной ситуации нарастания пресса на традиционные районы промышленной эксплуатации водных биоресурсов внимание к селективности на всех уровнях, включая избирательные свойства сетных оболочек орудий лова, неуклонно увеличивается. Развитие заметно как в теоретическом, так и в экспериментальном направлениях. Причем второе направление захватывает все больший диапазон видов и конкретных условий.

Селективность промысла определяется поведением биологического объекта при различных условиях и на различных этапах его жизненного цикла, размещением в пространстве и времени. Вероятность захвата объекта характеризуется вероятностью его встречи с орудием лова, которая варьирует в зависимости от изменения факторов, влияющих на этот процесс.

Селективность орудий лова характеризуется вероятностью удержания объекта лова определенных 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 карапакса), размер и форма ячей, материал сетной оболочки, конструкция орудия лова, степень блокирования ячеей уловом, активность и энергетические возможности объектов, их плотность в зоне удержания и др. В конечном счете вероятность удержания объекта лова зависит от соотношения между его размерами и периметром ячей.

Теоретические и экспериментальные исследования механики прохождения рыб через ячейю позволили сделать следующие выводы [144]:

- основными факторами, определяющими величину усилия, необходимого для прохождения ячейи, являются: отношение наибольшего обхвата к периметру ячейи, натяжение нитей, коэффициент раскрытия ячейи, форма поперечного сечения тела рыбы в месте наибольшего обхвата и форма ячейи, коэффициент трения между нитями ячейи и поверхностью рыбы;
- величина усилия, развиваемого рыбой при прохождении сквозь ячейю оболочки трала, соизмерима с натяжением нитей в конце тралового мешка в нормальных промысловых условиях (коэффициент раскрытия ячейи 0,5, отсутствие перекосов, скорость буксировки 4 узла);
- при  $\Phi_p/\Phi_y \geq 1$  усилие, необходимое для прохождения через ячейю, возрастает по мере сужения ячейи (уменьшения значения  $U < 0,707$ );
- усилие, необходимое для прохождения ячейи в отсеживающих орудиях лова, практически не зависит от конусности тела рыбы (формы продольного сечения).

Вопросу выживаемости биологических объектов лова, избежавших удержания путем выхода через ячейу, уделялось и уделяется большое внимание. Повышенный интерес к этой проблеме связан главным образом с ужесточением мер по регулированию промысла в форме увеличения размера ячейи или каких-либо других технических требований, повышающих селективные свойства орудий лова. Консерватизм рыбаков, предрекающих увеличение потерь в уловах и неизбежность существенных материальных затрат при этом, не имеет под собой достаточных оснований. Результаты исследований, многолетние наблюдения и опыт свидетельствуют, с одной стороны, о том, что при научно обоснованном увеличении размера ячейи в орудиях лова результаты промысла всегда изменяются в лучшую сторону (рис. 9), с другой – о том, что гибели рыб, прошедших сквозь ячейи, никогда не наблюдалось, в том числе и в таких водоемах, в которых всякая гибель от других причин никогда не оставалась незамеченной.

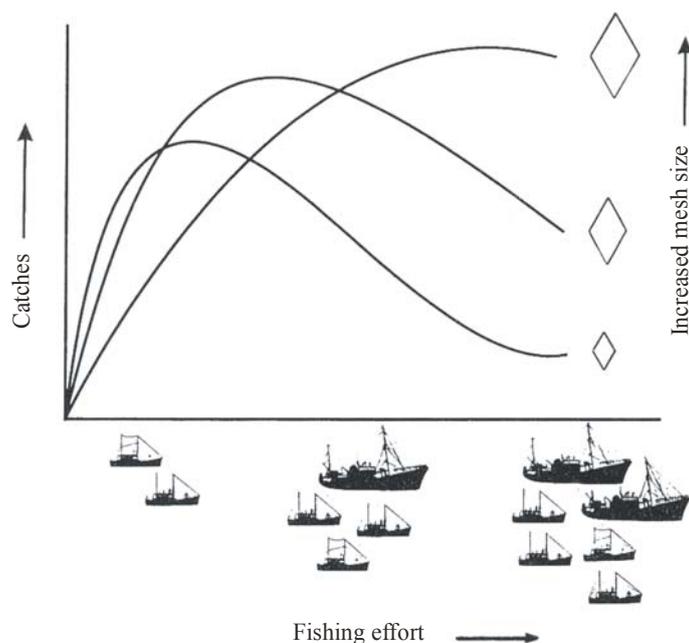


Рис. 9. Зависимость между уловом и промысловым усилием с увеличением размера ячейи (по Holden) [234]

Обобщая результаты исследований выживаемости рыб, избежавших удержания в процессе их облова, А.И. Трещев констатировал, что «имеющихся данных вполне достаточно, чтобы считать, что повреждения, получаемые рыбами при прохождении через ячейи, ни в какой мере не могут ставить под сомнение эффективность регулирования запасов рыб путем изменения размеров ячейи в орудиях лова. Это становится тем более очевидным, если учитывать, что из общего количества рыб, обычно просеивающихся через ячейи, только около 5% имеет обхват, близкий к периметру ячейи. Только эти рыбы проходят через ячейи с усилием, способным нанести им поверхностные повреждения. Но даже и они при той исключительно высокой восстановительной способности, которой по наблюдениям в природе и в аквариумах обладают рыбы, получившие травмы, могут быстро и полностью восстанавливать свою жизнеспособность» [144].

## 5.2. Методы определения селективных свойств орудий лова

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 при этом одной из главных целей ставится разработка единой методологии в данной области исследований. Одна из таких разработок выполнена по заказу ИКЕС международной группой экспертов [268]. О ней мы будем говорить более подробно в связи с исследованиями избирательных свойств траловых мешков.

Самым «древним» методом считается метод чередующихся тралений. Им пользовались ученые многих стран в первой половине XX столетия, однако насколько сопоставимы данные, полученные этим методом для разных тралов, оставалось неясным. Для получения наиболее

достоверных данных приходилось выполнять очень большое количество наблюдений, но несмотря на это численные оценки селективности разных тралов колебались в широких пределах. Ф. Девис, осуществлявший свои эксперименты в течение 12 рейсов на аналогичных траулерах с однотипными тралами и в одних и тех же районах, но лишь с различным размером ячеи в мешке, пришел к выводу, что нельзя сравнивать между собой уловы одного судна, полученные одинаковыми тралами с разными характеристиками в чередующихся тралениях, так как условия промысла никогда не остаются постоянными. «Каждое траление, разнящееся по времени и пространству, всегда отличается по составу рыб, подвергающихся облову» [201].

Несмотря на то что метод чередующихся тралений с точки зрения воздействия на объекты лова наиболее полно соответствовал действительным условиям промысла, многочисленные свидетельства не в пользу этого наиболее доступного метода привели к появлению средств получения более достоверной информации.

Обеспечение максимальной идентичности условий – одна из главных задач любого эксперимента. В этом отношении метод параллельных тралений признан более совершенным. При этом методе в отличие от чередующихся тралений практически исключается фактор различия по времени. Возможно, именно эта особенность параллельных тралений послужила причиной дальнейшего развития метода. В настоящее время сложность использования двух идентичных судов при проведении научных экспериментов ликвидирована путем использования схемы параллельных тралений с одного судна (рис. 10, 11).

В тех случаях, когда необходимо было исследовать селективные свойства только траловых мешков, различных по конструкции, размеру или форме ячеи, применяли двухкутковые тралы. Иногда такие тралы разделялись внутренней перегородкой (рис. 11).

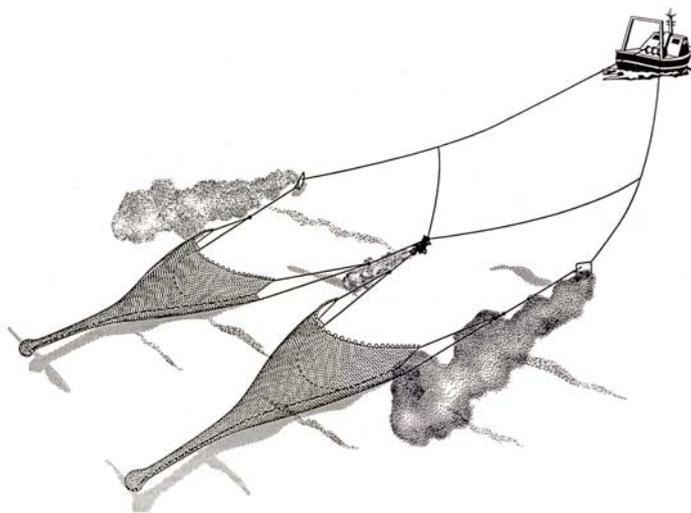


Рис. 10. Двухваерная схема спаренных тралов (по ИКЕС) [268]

Однако желаемая идентичность условий лова если и была обеспечена фактически, то результаты экспериментов в большинстве случаев исследователей не удовлетворяли. Чаще всего причиной недоверия была осязательная разность уловов, сконцентрированных в той и другой частях раздвоенного мешка. Наши собственные исследования, проводимые совместно с японскими специалистами в 1990 г., подтвердили факт такого различия в уловах между мешками с различной формой ячеи – ромбической и квадратной. Не удовлетворяла разность уловов в количественном выражении, особенно проявлявшаяся при оперативной обработке данных. Количество рыбы, удержанной мешком с квадратной ячеей, было всегда значительно выше, чем в параллельной части. Наблюдались различия и в размерном составе уловов. Для получения наиболее качественных данных требовалось либо многократное повторение контрольных тралений, либо увеличение периода лова более стандартного времени. В итоге раздвоенные мешки не нашли дальнейшего применения в наших совместных исследованиях, а полученные результаты использовались лишь частично.

Все-таки в борьбе за право считаться стандартным победил метод покрытий. Несмотря на присущий ему «маскирующий эффект», именно метод покрытия получил наибольшее распространение.

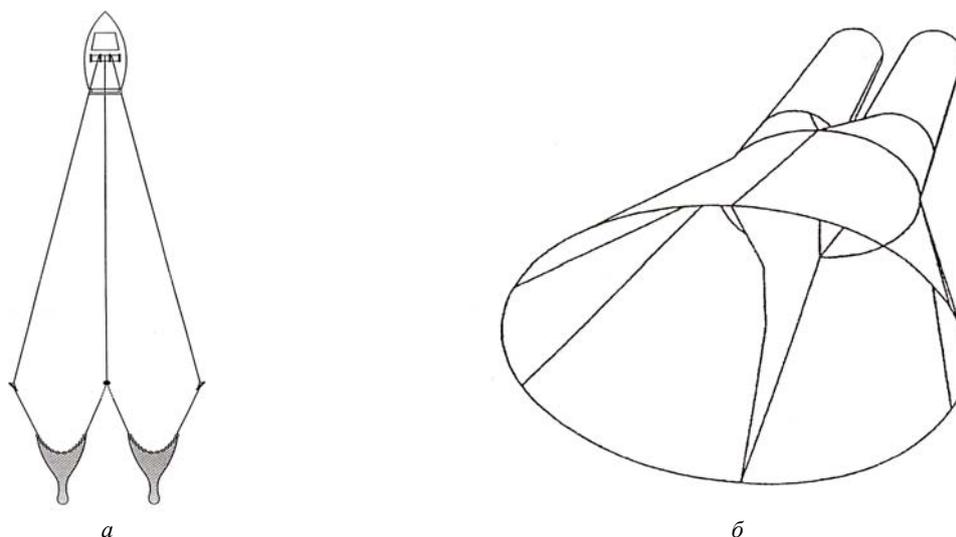


Рис. 11. Трехваерная схема спаренных тралов (а) и схема трала с раздвоенным мешком и внутренней перегородкой (б) (по ИКЕС) [268]

Вот что писал в защиту этого метода А.И. Трещев: «Метод покрытия – единственный, кроме подводных исследований, который позволяет наблюдать и анализировать не только улов, но и отсеивающуюся рыбу. Если, применяя другие методы, селективность сравниваемых тралов приходится оценивать лишь относительно друг друга, то в данном случае непосредственно определяется абсолютная селективность каждого трала по отношению ко всей захваченной им (пойманной и отсеянной) рыбе. Применяя однообразные покрытия, можно значительно уменьшить влияние маскирующего эффекта, так как оно будет во всех опытах примерно одинаковым и при сопоставлении результатов исключится. Кроме того, можно создать такие конструкции покрытий, маскирующий эффект которых будет значительно уменьшен» [144]. Дополнительно были отмечены следующие преимущества метода покрытий:

- каждое траление является законченным экспериментом;
- результаты экспериментов не зависят от эффективности работы трала и условий лова, а полностью определяются только теми уловами, которые попали в трал;
- это единственный метод, при помощи которого можно определять состояние и жизнеспособность отсеянных гидробионтов.

Мелкоячейное покрытие имеет много конструктивных разновидностей (рис. 12), к одной из которых относятся уловители (рис. 13). Последние применяются, как правило, в тех случаях, когда использование покрытий по всей площади сетной оболочки затруднено или практически невозможно.

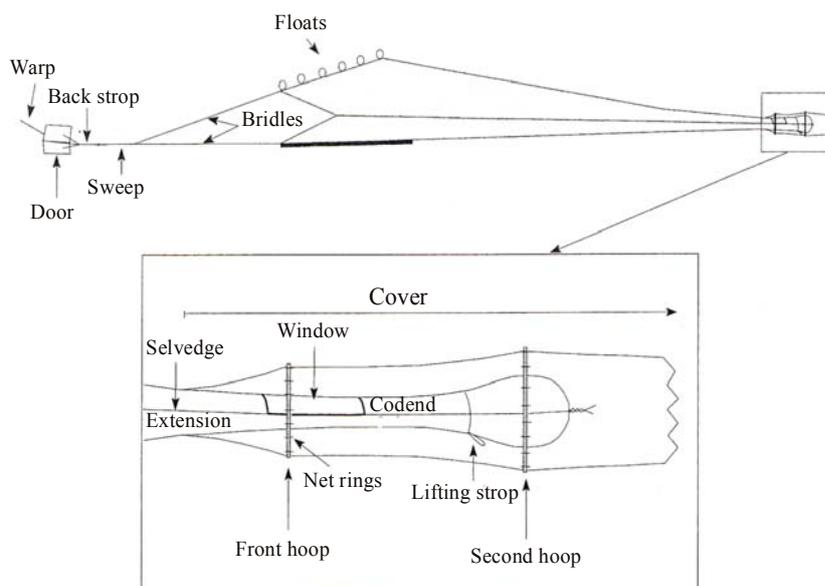


Рис. 12. Схема донного трала с покрытием на траловом мешке (по Madsen et al.) [262]

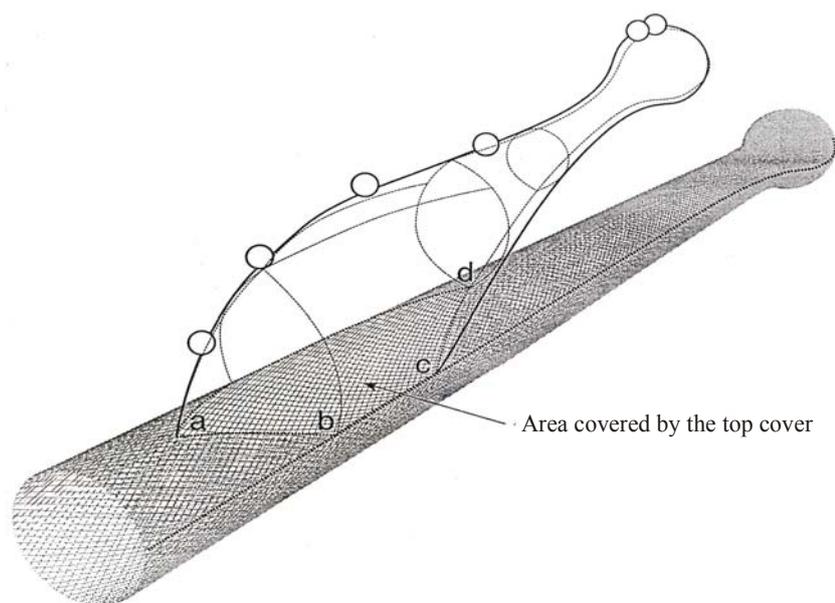


Рис. 13. Вариант уловителя на траловом мешке (по ИКЕС) [268]

### 5.3. Анализ данных селективности

Существующие методы экспериментальных исследований позволяют определять селективные свойства орудий лова, их функциональных частей или сетных оболочек с различными характеристиками путем сопоставления уловов из двух разных циклов лова, проведенных разными орудиями, или непосредственно из каждого цикла лова одним орудием. Полученные одним из экспериментальных методов данные в виде улова и отсева заносят в первичную таблицу (табл. 7).

Таблица 7

Усредненные данные селективности крылевых тралов с различной формой ячеи [287]

Длина крыля, мм	Ромбическая ячея		Квадратная ячея	
	Улов, кг	Отсев, кг	Улов, кг	Отсев, кг
21–25	0	105	0	19
26–30	148	592	47	550
31–35	1 761	1 840	577	826
36–40	2 362	1 138	1 273	324
41–45	1 452	335	834	52
46–50	437	68	191	9
51–55	55	6	55	2
56–60	4	0	12	0

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

Практика рыболовства и результаты исследований селективных свойств орудий лова свидетельствуют о том, что всегда имеется определенный диапазон размера рыб, в пределах которого происходит постепенный переход от полного отсева к 100%-ному удержанию. Это следствие совокупности причин, главными из которых являются физиологическое состояние рыбы и техническое состояние сетной оболочки орудия лова. Математическим языком можно сказать, что по мере уменьшения размера рыбы вероятность ее удержания постепенно уменьшается в опре-

деленных пределах. Очевидно, чем меньше этот предел (диапазон селективности), тем лучшими селективными свойствами обладает орудие лова.

Если в прямоугольной системе координат против каждого размера (возраста) облавливаемого объекта откладывать соответствующую ему вероятность удержания, то полученный таким образом график будет иметь форму сигмоиды (рис. 14). Экспериментальные кривые, полученные таким образом в идентичных условиях, обычно мало отличаются одна от другой. При изменении какого-либо параметра лова, характеристики сетного полотна или конструкции сетной оболочки форма графика селективности или его положение в системе координат также изменится соответствующим образом. Такая закономерность используется в целях управления рыболовством. Однако регулирующее воздействие оказывается эффективным только при условии проведения тщательного эксперимента по определению избирательных свойств орудия лова, соответствующего новым требованиям. Еще лучше, если органы управления рыболовством будут иметь достаточное количество достоверных данных о селективных свойствах широкого набора технических средств для более оперативной ликвидации проблем, возникновение которых на промыслах не всегда удается предсказать заранее.

При обработке экспериментальных данных для удобства их дальнейшего анализа и представления необходимо прежде всего установить соответствующие интервалы. К примеру, первичные результаты измерения длины рыб представляют в односантиметровых группах, а при работе с крилем, имеющим сравнительно малые размеры, удобнее пользоваться данными, представленными в пятимиллиметровых группах (табл. 7). Иногда используют перегруппировку данных или их выравнивание. В исследованиях по селективности орудий лова обычно пользуются общими способами выравнивания эмпирических рядов: графическим, скользящей средней и наименьших квадратов.

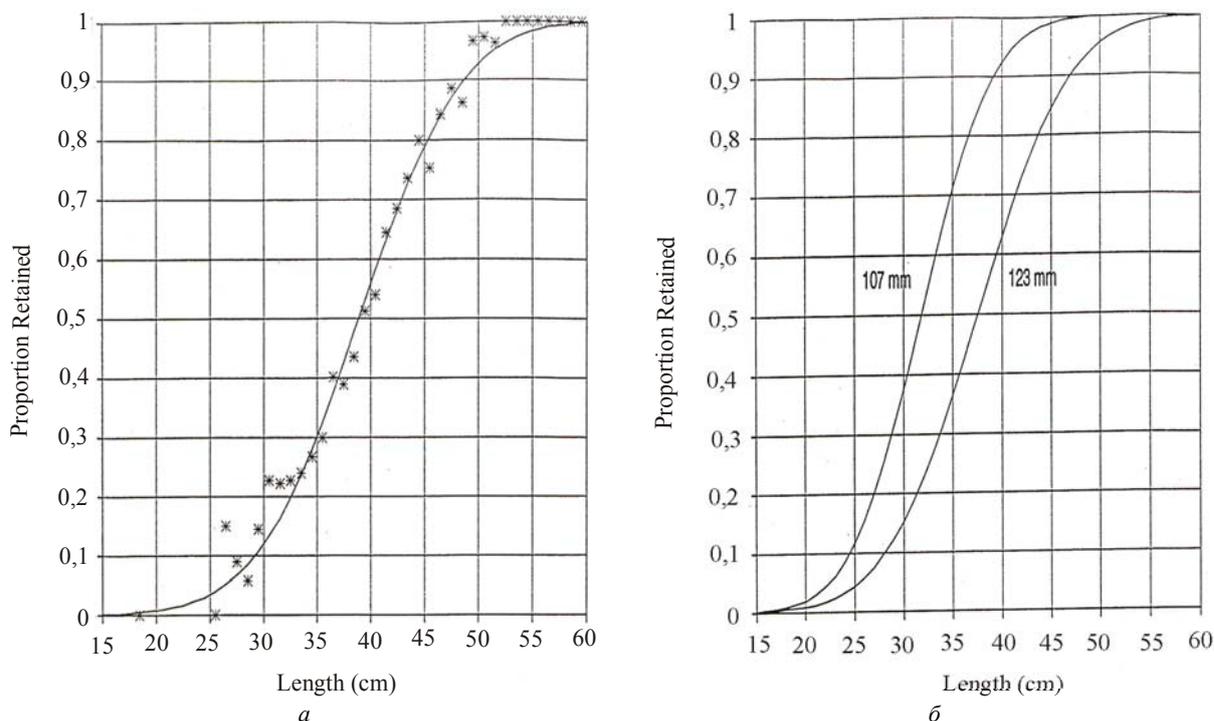


Рис. 14. Экспериментальные кривые селективности, полученные: а – по данным измерений; б – в идентичных условиях с различным размером ячеи (по ИКЕС)[268]

Для выравнивания функций определенного вида (параболических, асимптотических, логистических, периодических и асимметричных), применяемых для аппроксимации данных селективности, пользуются известными математическими методами, описанными в специальной литературе.

Глубокое изучение сути селективного отбора гидробионтов орудиями лова неизбежно приводило к заключению, что в основе избирательности лова различными техническими средствами, как и в основе селективности рыболовства в целом, лежат случайные процессы. Поскольку вероятности быть захваченными орудием лова и вероятности быть удержанными для различных гидробионтов и технических средств лова определяются разными факторами, в свое время была

высказана гипотеза о возможности применения для анализа данных по селективности закона нормального распределения Гаусса – Лапласа в интегральном виде:

$$F(x) = P(X < x) = \int_{-\infty}^x f(x) dx .$$

Величина  $F(x)$  есть вероятность того, что случайная величина  $X$  примет значение, которое меньше некоторого числа  $x$ . График этой функции имеет определенные сходства с экспериментальной кривой селективности. Если за единицу масштаба оси ординат принять  $F(+\infty) = 1$ , то по интегральной кривой можно графически находить вероятности удержания рыб, участвующих в процессе селективного отбора. Функция распределения вероятностей является возрастающей от 0 до 1, пригодна для задания закона распределения как дискретных, так и непрерывных случайных величин.

Впервые на сходство между графиком селективности орудий лова и интегральной кривой распределения вероятностей указал Бучинан-Волластон в 1927 г. Внешнее сходство этих кривых впоследствии было подтверждено многочисленными экспериментами, разными исследователями, для разных условий и по отношению к разным видам промысловых гидробионтов.

Начало кривой селективности находится в точке  $p = 0$ , но  $l \neq 0$ , точка перегиба соответствует значениям  $p \approx 0,5$  и  $l = b$ , где  $b$  равняется определенной величине, зависящей от селективных свойств орудия лова. Верхний конец кривой асимптотически приближается к линии  $p = 1$ . Сама кривая характеризуется постепенным увеличением  $p$  от 0 (при малых значениях  $l$ ) до единицы (при предельном значении  $l$ ). Обычно экспериментальные кривые селективности симметричны или почти симметричны относительно точки с ординатой  $p = 0,5$ .

Таким образом, селективность может быть определена как вероятность, являющаяся следствием вариации множества влияющих на нее причин, каждая из которых может быть положительной или отрицательной, но ни одна из них не является преобладающей. Следовательно, средние значения соответствующих размеров промысловых объектов, сгруппированных в определенных интервалах, являются случайными величинами. Численности удержанных объектов, выраженные в процентах от численности размерных групп, размещенных в порядке возрастания так, что их график образует огиву, будут аналогичны накопленной частоте теоретического распределения, подчиненного нормальному закону. После того как экспериментальный график построен, его ординаты могут представляться как условные накопленные частоты соответствующего нормального распределения. При этом может определяться степень соответствия между теоретической и экспериментальной кривыми.

Принимая, что «с заведомыми допущениями селективность все же может быть определена как вероятность», А.И. Трещев оговаривал, что «отбор рыб рыболовными орудиями является результатом сложения двух процессов: селективности рыболовства и селективности рыболовных орудий. Первый из этих процессов по своей природе не является чисто вероятностным. В нем существенную роль играет сознательная деятельность рыбаков, основанная на логической целесообразности ведения лова в том или ином районе, в то или иное время и т. д. Поэтому нормальное распределение как чисто механический закон массового случайного проявления признаков при данных условиях не всегда оказывается приемлемым, что выражается в более или менее значительном расхождении теоретической и экспериментальной кривых» [144].

Из других функций, графики которых симметричны относительно точки с ординатой  $p = 0,5$ , наиболее близкой к экспериментальным данным по селективности орудий лова является логистическая, которая носит название функции Ферхюльст – Пирля и в общем виде выражается формулой

$$y = \frac{d}{1 + e^{-(a+bx)}} + c ,$$

где  $a, b$  – параметры, определяющие наклон и изгиб логистической кривой;

$c$  – расстояние от оси абсцисс до нижней асимптоты;

$d$  – расстояние между асимптотами.

Для построения кривой селективности по ординате откладывают численность удержанных промысловых объектов  $p$ , по абсциссе – величины их характерного размера, сгруппированные в выбранных интервалах. В зависимости от того, в чем выражается  $p$  – в долях единицы или в процентах –  $d$  будет равно 1 или 100. Полагая, что  $c$  во всех случаях может быть принята равной нулю, получим формулу логистической функции в виде

$$p = \frac{1}{1 + e^{-(a+bl)}}.$$

Это выражение можно преобразовать в уравнение

$$p = (1 - p)e^{(a+bl)},$$

после логарифмирования которого получим

$$\ln\left(\frac{p}{1-p}\right) = a + bl,$$

или

$$\ln z = a + bl.$$

Для определения искомых величин  $a$  и  $b$  А.И. Трещев [144] предлагал решать полученное уравнение линейной функции способом наименьших квадратов из системы нормальных уравнений:

$$\left\{ \begin{array}{l} na + b \sum l = \sum \ln z, \\ a \sum l + b \sum l^2 = \sum l \ln z. \end{array} \right\}$$

Найдя из этих уравнений значения  $a$  и  $b$ , можно составить ряд величин  $a + bl$ , равных теоретическим значениям

$$\ln\left(\frac{p}{1-p}\right) = \lambda.$$

Величины  $\lambda$ , определенные по формуле  $\lambda = a + bl$ , называются логитами, а сам логистический метод анализа экспериментальных данных – методом наибольшего правдоподобия или максимальной вероятности.

Находя таким образом значения характерных точек на кривой селективности и сопоставляя их с соответствующими значениями, полученными другими методами, А.И. Трещев указывал, что «аппроксимация методом максимального приближения для подсчета параметров селективной кривой является наиболее эффективной» [144]. Оценка же наиболее важной в практическом отношении 50%-ной точки, вычисленная по методу максимального приближения, наиболее близка ее значению, полученному методом скользящей средней.

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.

Основная цель обобщений, сделанных экспертами ИКЕС [268], заключалась в том, чтобы в упрощенном виде представить базовую статистическую модель для анализа данных селективности буксируемых орудий лова и показать, как она усовершенствовала метод анализа данных размерной селективности.

Статистическое моделирование селективности буксируемых орудий лова заключается в том, что кривая селективности  $r(l)$  есть вероятность того, что рыба длиной  $l$  удержана, если она вошла в орудие лова.

Данное определение кривой селективности нельзя смешивать с особенностью поведения, т. е. со способностью избежать облова (удержания). В наблюдениях (экспериментах) со спаренными орудиями лова (сдвоенные, «штаны», чередующиеся или параллельные траления) такое поведение в условиях, соответствующих реальным рыболовным усилиям, и моделируется как дополнительный структурный компонент эксперимента.

Приведенное выше определение кривой селективности дает возможность с большой вероятностью предположить, что кривые селективности являются неубывающими функциями с диапазоном между 0 и 1.

Как отмечалось выше, кривая селективности, являющаяся графическим отображением логистической функции совокупного распределения случайных величин, наиболее распространена и может быть представлена в виде

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

где  $a$  и  $b$  – параметры, которые необходимо определить (оценить). Эту кривую иногда называют *logit*, потому что она может иметь вид

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

Если  $r(l_{50}) = 0,5$ , то

$$a + bl_{50} = \log_e \frac{0,5}{1 - 0,5} = \log_e(1) = 0.$$

Это соответствует тому, что  $l_{50} = -a/b$ .

Используя алгебраические выражения, можно определить, что диапазон селективности  $SR$  определяется по формуле

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

Если кривая селективности есть функция совокупного *нормального* распределения случайных величин

$$r(l) = \Phi(a + bl),$$

где  $\Phi$  – встроенная функция совокупного распределения стандартных нормальных случайных величин, то

$$a + bl = \Phi^{-1}(r(l)) \equiv \text{probit}(r(l)),$$

что и определяет название этой кривой – *probit* (нормальная вероятность).

Подобно кривой логистической функции, для  $\Phi$  можно записать следующие уравнения:

$$a + bl_{50} = \text{probit}(0,5) = 0,$$

а также

$$l_{50} = -a/b \text{ и } SR = l_{75} - l_{25} = \frac{2 \text{probit}(0,75)}{b} \approx \frac{1,349}{b}.$$

Кривая селективности Гомпертса представляется выражением

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

и может иметь вид

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

Поэтому она получила название кривой «*log-log*» (экстремальное значение). 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 (complimentary log-log) имеет вид

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

и может быть переписано как

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

Тогда

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

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 (Richards) включает в себя асимметрический параметр  $\delta$  в форме

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

Когда  $\delta > 1$ , то кривая удлиняется (смещается) влево от  $l_{50}$ , а при  $0 < \delta < 1$  – вправо. Когда  $\delta = 1$ , она уменьшается симметрично логистической кривой.

Формула кривой селективности Ричардса может быть записана как

$$a + bl = \text{logit}(r(l)^\delta),$$

следовательно,

$$l_{50} = \frac{\text{logit}(0,5^\delta) - a}{b},$$

а также

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

Кривые логистической функции, функций нормального, экстремального и негативного экстремального распределения величин принадлежат к классу обобщающих линейных моделей (generalised linear models – GLM) благодаря тому, что линейное выражение  $a + bl$  может быть представлено как функция  $r(l)$  (и более никакими другими параметрами) [268].

Кривые селективности логистической функции, функций нормального, экстремального и негативного экстремального распределения величин изображены на рис. 15. Параметры  $a$  и  $b$  каждой кривой были выбраны так, чтобы кривая имела значение  $l_{50}$ , равное 40, а диапазон селективности (SR) равнялся 10.

Две симметричные кривые (логистическая и нормальная) отличаются несущественно, причем нормальная имеет большую крутизну. В реальных условиях существует небольшая разница между сходимостью логистических и нормальных кривых с экспериментальными данными.

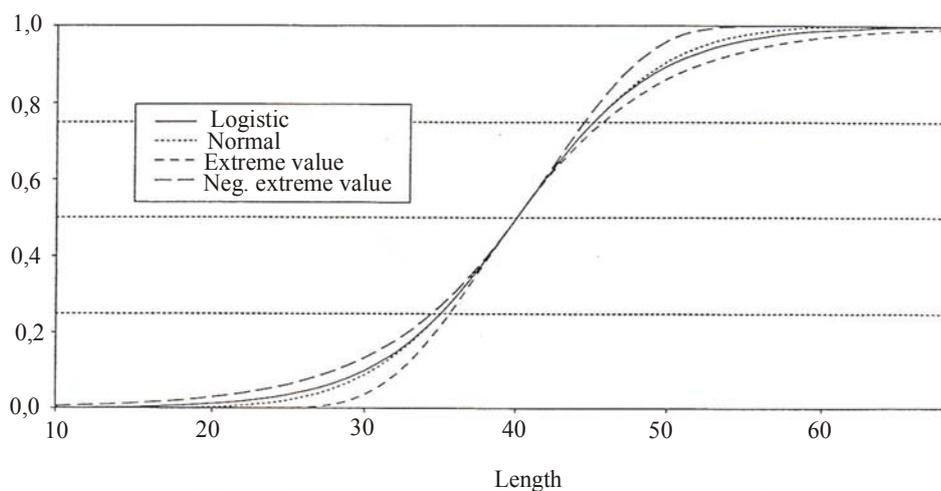


Рис. 15. Различные варианты аппроксимации экспериментальных данных селективности (по ИКЕС) [268]

Кривые Ричардса могут быть сильно асимметричными, с особенно большим отклонением

влево от  $l_{50}$  (при  $\delta \gg 1$ ) или вправо (при  $\delta$ , близком к 0).

Выше были определены параметрические кривые с использованием параметров  $a$  и  $b$  (а также  $\delta$  – в кривой Ричардса), тем не менее логические выводы о кривых селективности обычно связаны с параметрами  $l_{50}$  и  $SR$  (ДС). Статистические особенности (свойства) этих параметров могут быть логически выведены из статистических свойств параметров  $a$  и  $b$ , но в некоторых случаях более удобно работать непосредственно с параметрами селективности. Например, для использования в SAS Миллар описывает логистическую кривую селективности (уравнение 1) как

$$r(l) = \frac{\exp\left(\frac{k(l-l_{50})}{SR}\right)}{1 + \exp\left(\frac{k(l-l_{50})}{SR}\right)},$$

где  $k = 2\log_e(3)$  [279]. Это позволяет SAS иметь выход  $l_{50}$  и  $SR$ , а также их оценочные стандартные отклонения.

Непараметрические и полупараметрические кривые не следуют каким-либо предписанным параметрическим формулам, но обычно указываются через общие условия. Они могут включать гладкость, такую как ограничения по производным, широте диапазона сглаживания ядра [182, 227], промежуток локальной регрессии [194] или требование, чтобы кривая была симметрична.

Непараметрические кривые также могут быть сведены под требования общего вида, такие как необходимость для кривой быть симметричной и(или) сигмовидной [315]. Возможно также требовать, чтобы кривая селективности была неубывающей [175].

Хотя статистические модели для анализа селективности орудий лова по размерам рыб были разработаны независимо и специально для этого применения [251, 278, 279], аналогичные модели используются и в других областях исследования. Более того, методы параметрических оценок, использованные В.Ф.Дж. Манли [267], идентичны методам, представленным в этом разделе. Это методы максимальной вероятности.

При оценке сходимости кривых селективности с данными, полученными методом покрытий, основной предпосылкой является то, что данные распределяются биномиально. Это стандартный вывод для экспериментов со «смешиванием монет», что полностью соответствует методу покрытий. «Смешивание монет» соответствует входу рыбы в трал и наблюдаемому выходу (головой или хвостом), тому, что рыба удерживается в траловом мешке или в покрытии. Биноминальное распределение характеризуется двумя параметрами: количеством «подбрасываний монет» (т. е. количеством рыбы, входящей в трал) и вероятностью того, что монета выпадет «орлом» («орел» соответствует удержанию рыбы траловым мешком).

Биноминальное распределение предполагает, что «подбрасывания монет» независимы, т. е. судьба одной рыбы не зависит от судьбы другой. Это предположение может быть выверено через диагностику проверки модели. Кроме того, оценочные параметры модели устойчивы к нарушению этого вывода и при необходимости может быть произведено регулирование процедуры логических выводов [271].

Пусть  $n_{11}$  и  $n_{12}$  будут количеством длин  $l$  рыбы (т. е. рыбы с классом длин со срединной точкой  $l$ ), которая захвачена соответственно в мешок и покрытие, и пусть  $n_{1+} = n_{11} + n_{12}$  обозначает общий улов рыбы длиной  $l$ . Вероятность удержания в трале рыбы длиной  $l$  является (по определению) селективной вероятностью  $r(l)$ . Тогда, предположив, что  $n_{11}$  биномиально распределяется с параметрами  $n_{1+}$  и  $r(l)$ , *log-вероятностная функция* для данных определится как

$$\sum_l (n_{11} \log_e r(l) + n_{12} \log_e (1 - r(l))). \quad (2)$$

Максимальная вероятностная сходимость логистической (logit) или нормальной (probit) кривых с биномиальными данными является общей для многих других областей научных исследований, следовательно, наиболее хорошо известные статистические пакеты имеют такую способность. Программное обеспечение для случаев с другими параметрическими кривыми в настоящее время находится в стадии разработки, в том числе для отдельного применения к исследованиям селективности [197].

Если подходящее программное обеспечение недоступно, тогда максимальная вероятностная сходимость параметрических кривых может быть достигнута с использованием любой общецелевой оптимизирующей функции для максимизации уравнения (2) с отношением к параметрам, определяющим кривую. Альтернативно может быть использован алгоритм с применением повторяе-

мо-взвешенных наименьших квадратов и исключением кривой Ричардса [271, 196].

Соответствующая статистическая модель для анализа данных экспериментов со «спаренными орудиями лова» была разработана в 1990 г. [278]. Информация об этом была опубликована в основных литературных источниках по статистике [279], где новая метода характеризовалась как статистически традиционный подход. Эта методология сейчас наиболее широко используется для анализа данных по «спаренным орудиям лова» и, в общем, известна как SELECT (Share Each Lengths Catch Total) метод.

SELECT использует биномиальные предположения таким способом, который является естественным обобщением анализа данных, полученных с использованием покрытий. В ситуации со «спаренными орудиями лова» метод «подбрасывания монет» соответствует тому, была ли пойманная рыба захвачена исследуемым или контрольным средствами лова (траловыми мешками). Заметим, что здесь не рассматривается ненаблюдавшийся выход рыбы из исследуемого тралового мешка (статистически устойчивый элемент по методологии SELECT устанавливает это как должное). Так же как и при анализе данных, полученных с использованием покрытий, биномиальные предположения определяют, что «судьба» пойманной рыбы не зависит от «судьбы» другой пойманной рыбы. Здесь слово «судьба» означает, что рыба была поймана либо исследуемым траловым мешком, либо контрольным. Заметьте, что «судьба» рыбы определяется тем, в какой из двух мешков она вошла, дополнительно к ее способности избежать исследуемый траловый мешок, если она и вошла в него. Таким образом, «независимость» рыбы относительно к ее входу в оба мешка и способности избежать исследуемый мешок.

При определении вероятности того, что пойманная рыба захватывается в исследуемый траловый мешок, можно рассмотреть возможность разницы промысловых мощностей в отношении тестируемого и контрольного орудий лова.

Относительная промысловая мощность  $p$  исследуемого мешка является вероятностью того, что рыба вошла в него, равно как и в комбинированное орудие лова (тестируемое и контрольное).

Данное определение является специальным случаем «относительной промысловой интенсивности», которую R.V. Millar [279] использует, чтобы включить относительную промысловую мощность, разницу в рыболовных усилиях и локализованную концентрацию рыбы (Millar использует альтернативный термин «относительная промысловая эффективность» вместо «относительной промысловой мощности»). Относительная промысловая интенсивность также может быть использована для цифрового выражения разницы в пробах, когда уловы из траловых мешков не были измерены полностью.

Можно свести модель под предположение, что два траловых мешка работают с одинаковой мощностью, взяв  $p$ , равное 0,5. Тем не менее всегда необходимо также позволить модели оценить  $p$ , потому что, несмотря на небольшие усилия при проведении экспериментов по селективности, часто бывает, что два траловых мешка не работают с одинаковой мощностью.

С методами оценок вариаций стандартных погрешностей, остатков и проверки моделей можно познакомиться в специальной литературе, в том числе и в обобщенном отчете ИКЕС [268]. В большинстве же случаев, с которыми сталкиваются исследователи и специалисты (эксперты), эти оценки являются стандартными статистическими методами, включаемыми в пакеты общего статистического программного обеспечения.

В каждом из возможных случаев исследователь (эксперт) должен рассмотреть модификации анализов и при необходимости согласовать их. На этот счет кроме указанных выше методов существуют общепринятые рекомендации [268].

Примеры результатов анализа экспериментальных данных по селективности траловых мешков и их графическая иллюстрация приведены в табл. 8–11.

Таблица 8

Данные по уловам тресковых (по Pope et al.) [295]

Длина, см	Количество в мешке (улов), шт	Количество в покрытии (отсев), шт.	Сумма, шт.
23,5	15	60	75
25,5	6	14	20
27,5	14	11	25
29,5	16	3	19
31,5	11	1	12

Таблица 9

Приблизительная и полная максимальная сходимость логической кривой селективности с данными табл. 8\*

Параметры селективности	Приблизительное максимальное правдоподобие ML	Полное ML
$a$	-13,02	-12,60 (2,10)
$b$	0,4876	0,4725 (0,0810)
$l_{50}$	26,70 (0,44)	26,66 (0,44)
SR (диапазон селективности)	4,51	4,65 (0,80)
Отклонение модели		0,98
Степени свободы		3
Значения $p$ для сведения		0,81

\* Стандартные погрешности даны в скобках.

Таблица 10

Данные по альтернативным тралениям для экспериментального и контрольного мешков с размером ячеи соответственно 87 и 35 мм (по Pope et al.)[295]

Длина, см	Контрольные данные, экз.	Экспериментальные данные, экз.	Пропорции в экспериментальном варианте
24	1	0	0,000
25	1	0	0,000
26	3	0	0,067
27	14	1	0,143
28	30	5	0,279
29	49	19	0,326
30	60	29	0,505
31	50	51	0,565
32	70	91	0,526
33	108	120	0,573
34	88	118	0,560
35	84	107	0,534
36	68	78	0,580
37	37	52	0,548
38	33	40	0,586
39	12	17	0,773
40	5	17	0,700
41	6	14	0,500
42	10	10	0,800
43	1	4	0,500
44	6	6	0,500
45	2	2	0,833
46	1	5	1,000
47	0	1	1,000

Таблица 11

Сходимость максимального правдоподобия логической кривой селективности для альтернативных данных по вылову тресковых исследуемого тралового мешка с размером ромбической ячеи 87 мм (даны параметрические оценки для равных и неравных относительных рыболовных мощностей, стандартные погрешности и степень правдоподобия)

Параметры селективности	$p = 0,5$	$p =$ оценочное
Классы длины	24	
Количество рыб	1 526	
$a$	-36,3	-27,7
$b$	1,23	0,92
$p$	0,5	0,57 (0,02)
$l_{25}$	28,5	29,0 (0,3)
$l_{50}$	29,4	30,2 (0,4)
$l_{75}$	30,3	31,4 (0,6)
$H_0$ : откл. модели	36,0	14,8
$d.o.f.$	22	21
$p$	0,03	0,83
$H_0$ : $p = 0,5$ отклон.		21,2

<i>d. o. f.</i>		1
<i>p</i>		< 0,001

Относительная промысловая мощность  $p$  является количественным выражением эффекта возможных различий в промысловой мощности двух траловых мешков при условии, что разница является одинаковой для всех размеров рыбы.

При фиксированном  $p = 0,5$  отмечается недостаточная сходимости логистической кривой с данными селективности. Очевидно, что относительное количество крупной рыбы, удержанной в исследуемом траловом мешке, превышает 0,5. Введя в модель оценку  $p$  по фактическим данным, удалось добиться лучшей сходимости кривой селективности с данными эксперимента.

Когда уловы большие, измерить каждую рыбу не представляется возможным в силу трудоемкости процесса. В этом случае для сравнения результатов эксперимента отбираются пробы. Как правило, отсев измеряется полностью, а проба из улова должна быть равна количеству рыбы в покрытии (или во всех уловителях). Затем оценивается доля взятой пробы в улове, чтобы при расчетах свести данные к реальным количественным показателям.

Иногда для анализа результатов парных тралений со сравнительно большими уловами в модель вводят параметр  $p$  в качестве меры относительной промысловой мощности. При этом производится анализ немодифицированных (не взвешенных) данных.

R.V. Millar [282] рассматривает вариант, когда кривая строится по необработанным (не взвешенным) данным, и полученные при этом параметры  $a^*$  и  $b^*$  соотносятся с параметрами логистической кривой селективности  $a$  и  $b$  как

$$a = a^* - \log_e(q) \text{ и } b = b^*, \text{ где } q = p_1/p_2.$$

Здесь же отмечается, что отбор одинаковых количеств или одинаковых частей (т. е.  $p_1 \approx p_2$ ) из мешка и покрытия предпочтительнее отбора равных весов. При отборе проб рекомендуется соблюдать условие:  $q$  должно быть не менее 1/3 и не более 3.

Иногда в реальных условиях промысла возникает необходимость определить селективность орудий лова методом чередующихся тралений. При этом могут сравниваться, например, траловые мешки с различным размером ячеи, результаты тралений разной продолжительности или эффективность применения специальных устройств (решеток, вставок, «окон» и т. п.), повышающих избирательность траловых мешков.

Предположим, что каждое траление адекватно описано параметрической кривой селективности  $r$ , и пусть  $v_h = (v_{h1} \dots v_{hr})^T$  являются селективными параметрами для траления  $h$ . Для моделирования параметров селективности траления  $h$  можно применить линейное соотношение

$$v_h = X_h \alpha, \quad (5)$$

где  $X_h$  – известная матрица  $r \times q$ , зависящая от технических характеристик тралового мешка, использованного при тралении  $h$ ;  $\alpha$  – вектор  $q \times 1$  неизвестных оцениваемых параметров.

Выбор необходимой формы для  $X_h$  является проблемой, общей для многих регрессивных моделируемых ситуаций, и, к сожалению, исключить все случайности при этом не удастся. Обычно природа эксперимента предполагает выбор сходных моделей, например в известных случаях при сравнении селективности двух разных траловых мешков [218] или при изменении размеров ячеи, диаметра или длины тралового мешка [297]. Иногда существует некоторое количество конкурирующих моделей, которые обеспечивают адекватное описание данных и между которыми виртуально невозможно провести разграничение.

Возможно это или нет – зависит от цели эксперимента. Например, опыт показывает, что выбор модели не подвергается критике при идентификации главных эффектов, таких как эффект раскрытия ячеи. И все-таки если данные будут использоваться для целей прогнозирования, в особенности для нежелательных, но неизбежных целей экстраполирования вне диапазона данных, тогда необходимо близкое рассмотрение поведения каждой конкурирующей модели [219].

Предположим, что использовались два различных траловых мешка (например, с различным размером ячеи) и что параметры селективности ( $l_{50}$  и диапазоны селективности) должны быть пропорциональны размеру ячеи. Если размеры ячеи  $m_1$  и  $m_2$  соответствуют  $l_{50,1}$  и  $l_{50,2}$ , а также диапазонам селективности  $SR_1$  и  $SR_2$ , тогда эти требования позволяют определить величины  $l_{50,2}$  и  $SR_2$ :

$$l_{50,2} = \frac{m_2}{m_1} l_{50,1} \text{ и } SR_2 = \frac{m_2}{m_1} SR_1.$$

Что касается параметров  $a_1$ ,  $b_1$  и  $a_2$ ,  $b_2$  двух логистических кривых селективности, то это соответствие может быть достигнуто при условии

$$a_2 = a_1 \text{ и } b_2 = \frac{m_1}{m_2} b_1.$$

Если допустить, что  $\alpha = (a_1, b_1)$ , тогда имеем

$$\begin{pmatrix} a_1 \\ b_1 \end{pmatrix} = v_1 = \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} a_1 \\ b_1 \end{pmatrix},$$

$$\begin{pmatrix} a_2 \\ b_2 \end{pmatrix} = v_2 = \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & \frac{m_1}{m_2} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} a_1 \\ b_1 \end{pmatrix}.$$

Если исследовались спаренные орудия лова, тогда они могут рассматриваться при моделировании относительно рыболовной мощности двух траловых мешков. При этом необходимо принять во внимание, что мешок с мелкой ячеей имеет такое же отношение промысловой мощности, как и с крупной.

Сходимости селективных кривых с данными из индивидуальных (отдельных) тралений могут рассматриваться, если они объяснены различиями в орудиях лова. Чтобы выполнить линейную модель в выражении (6), необходимо предположить, что частная оценка параметров селективной кривой есть нормальное распределение, т. е.

$$\hat{v}_h \sim N_r(X_h \alpha, R_h), \quad (6)$$

где  $v_h$  есть вектор  $r$ , содержащий оцениваемые параметры для отдельного траления  $h$ . Предположение нормальности будет соответствовать предположению о том, что измерено достаточное количество рыб из орудия лова.

Этот подход можно существенно упростить, ограничив внимание только на одном параметре селективной кривой, скажем, на  $l_{50}$ . Например, в упрощенных анализах J.R. Clark [193] (сходимость кривых селективности на глаз) по данным тралений продолжительностью 20, 40, 60 и 80 мин предлагалось, что значение  $l_{50}$  увеличивается с увеличением продолжительности траления. Группа авторов исследовала влияние массы улова на значение  $l_{50}$ , и в одном из трех выполненных экспериментов обнаружила статистически существенное уменьшение ( $p$ -value < 0,01)  $l_{50}$  с увеличением массы улова [334].

Анализы данных чередующихся тралений усложняются широко распространенными допущениями о том, что в практике селективность сетей меняется от лова к лову даже несмотря на то, что сеть не претерпевала изменений в какой-либо из своих характеристик (свойств, параметров). Причины вариаций результатов ловов неясны, но можно полагать, что они являются следствием неконтролируемых изменений таких факторов, как направление течения, скорость ветра, глубина и т. д., или изменений в облавливаемых скоплениях по составу, плотности и т. д. Даже если различие между ловами не является прямым следствием технологических особенностей орудий лова, они должны быть учтены (оговорены) при анализе данных селективности, чтобы избежать неправильных статистических выводов об эффектах от контролируемых изменений в сетях. Из-за игнорирования различия между результатами ловов могут возникнуть серьезные проблемы [218].

Данные уловов серии тралений (без контролируемых изменений), скомбинированные вместе, анализируются как при отдельном тралении. Кроме того, при рассмотрении межтраловой вариабельности необходимо учитывать, что анализы данных уловов, скомбинированных по всем тралениям, могут восприниматься как оценки по усредненной кривой селективности для исследуемого орудия лова. Усредненная кривая селективности может быть определена как кривая, описывающая весь процесс лова. Поэтому если уловы моделируются, то необходимо считать оценки суммарных уловов из каждого траления, прежде чем их комбинировать. Из этого следует, что для больших уловов усреднение кривой селективности подходит больше, чем для малых.

#### 5.4. Коэффициент селективности

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 недопустимо, в первую очередь, с точки зрения принципов рационального рыболовства. Лишь в единственном случае – при оценке биологических ресурсов траловым методом – может быть оправданно желание иметь трал со 100%-ной уловистостью. Во всех других случаях для обеспечения рациональной эксплуатации запасов орудие лова должно обладать необходимыми селективными свойствами.

По определению А.И. Трещева, «уловистость есть отношение количества пойманных рыб к количеству рыб, находившихся перед орудием, по размеру (возрасту) равных и больше допустимого к вылову предела, соответствующего 50%-ной точке графика селективности» [144].

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). Здесь понятие «промысловые гидробионты» подразумевает только те биологические объекты, добыча которых целесообразна с точки зрения их дальнейшего использования.

Если промысловая мера на рыбу будет устанавливаться с учетом темпа ее 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 определение видового состава и количества биологических объектов, находящихся в зоне облова, связано с чрезвычайными трудностями, а в некоторых случаях и вовсе невозможно, на практике эффективность орудия лова чаще всего определяют через отношение улова к промысловому усилию. Для сравнения качества (производительности) различных орудий лова этого бывает вполне достаточно.

В исследовательских целях, например для оценки запаса методом траловых съежек, необходимо знать весь биологический состав обловленного пространства. В этих случаях могут применяться различные технические средства лова и регистрации биологических объектов, но чаще всего наиболее доступные донные и разноглубинные тралы в сочетании с гидроакустическим зондированием зоны облова.

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 расчеты коэффициента уловистости, всегда точно не известного, не дает 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.

Опыт предыдущих исследований показал, что между величинами, характеризующими длину рыб и размер ячеи, имеет место зависимость, близкая к прямой пропорциональности. Это послужило основанием условно характеризовать селективность сетных орудий лова отношением длины рыбы  $l_{50\%}$ , соответствующей 50%-ному удержанию, к внутреннему размеру ячеи  $B$ . Таким образом, коэффициент селективности  $k_s$  условно было принято определять по формуле

$$k_s = \frac{l_{50\%}}{B}.$$

В графическом выражении коэффициент селективности представляет собой тангенс угла наклона графика функции  $f(B, l_{50\%})$ .

Несмотря на общее признание такой интерпретации процесса селективного отбора гидробионтов орудием лова, следует еще раз подчеркнуть ее условность и приближенность. Эта модель более или менее может подходить к оценке селективности тралового мешка (кутка) с однородными характеристиками сетного полотна, но не всего орудия лова (трала).

Известно, что селективный отбор гидробионтов в процессе траления происходит не только в траловом мешке, но и в конусной части сетной оболочки, где характеристики сетного полотна могут существенно отличаться от зоны накопления улова. В некоторых случаях селективные свойства орудий лова зависят от особенностей поведения объектов лова и их взаимодействия с сетным полотном. Наконец, избирательные свойства сетных полотен существенно зависят от формы ячеи, а увеличение ее размера при малом раскрытии не обеспечивает желаемого результата.

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 удобнее пользоваться коэффициентом селективности, представляющим собой отношение периметра наибольшего сечения объекта лова плоскостью ячеи к ее внутреннему периметру:

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

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

При обработке данных по селективности иногда бывает достаточно построить график и получить по нему характерный размер объекта лова, соответствующий 50%-ному удержанию, определить диапазон и коэффициент селективности. С практической точки зрения, особенно при регулировании рыболовства, чаще всего приходится сравнивать селективные свойства орудий лова с различными характеристиками сетного полотна (например, для обоснования их изменения с целью ужесточения режима промысла). В таких случаях обработка и анализ данных по селективности осуществляются по специальным методикам. Две из них, на наш взгляд, достойны особого внимания.

Первый из выделенных нами методов достаточно подробно представлен выше. Это современный подход, предлагаемый для применения в международной практике по обработке и анализу данных по селективности траллирующих орудий лова. В полном виде это, по сути, инструкция, предназначенная для использования международными рыбохозяйственными организациями в их деятельности по управлению рыболовством в различных районах Мирового океана. Разработка документа выполнена по заказу ИКЕС группой экспертов в 1996 г.

Второй метод, разработанный А.И. Трещевым тридцатью годами раньше, основан на анализе данных многочисленных экспериментов, выполненных сотрудниками лаборатории промышленного рыболовства ВНИРО.

Было установлено, что основные параметры селективности (размер при 50%-ном удержании, диапазон и коэффициент селективности) имеют близкую к линейной зависимость с количеством рыб в диапазоне селективности, а также с числом и продолжительностью тралений. Согласно разработанному на основании этих наблюдений методу средневзвешенное значение коэффициента селективности определяется по формуле

$$\bar{k}_s = \frac{n_1 t_1 N_1 k_1 + n_2 t_2 N_2 k_2 + \dots + n_n t_n N_n k_n}{n_1 t_1 N_1 + n_2 t_2 N_2 + \dots + n_n t_n N_n},$$

где  $\bar{k}_s$  – средневзвешенный параметр (коэффициент) селективности;

$n_1, n_2, \dots, n_n$  – число тралений (ловов) в 1, 2, ...,  $n$ -м экспериментах;

$t_1, t_2, \dots, t_n$  – продолжительность траления (лова) в течение одного цикла в соответствующих экспериментах;

$N_1, N_2, \dots, N_n$  – число рыб в диапазоне селективности в соответствующих экспериментах;

$k_1, k_2, \dots, k_n$  – соответствующие каждому эксперименту коэффициенты селективности.

Вот как характеризует этот метод сам А.И. Трещев [144]: «Таким образом, при применении данной формулы числовые значения параметров селективности, определенные разными экспериментаторами, не подвергаются пересмотру и не исключаются, а применяются такими, какими их нашли сами авторы. При этом надо считать, что на величине каждого частного параметра селективности отразились и неоднородность облавливаемых популяций, и величина улова, и особенности орудия и процесса лова, а также способ обобщения данных из разных ловов, способ построения графиков и подсчета коэффициентов и многие другие факторы».

Этот метод получил название метода многокомпонентного взвешивания. Он был разрабо-

тан в результате количественного анализа экспериментальных данных по селективности тралов, собранных советскими исследователями в период с 1959 по 1966 гг., а также зарубежными авторами в международных экспедициях в Баренцевом море в 1959 г. и в районе Исландии в 1962 г. В настоящее время данный метод получил распространение в практике не только отечественных, но и зарубежных научных исследований. Так, в 1969 г. при помощи метода многокомпонентного взвешивания была выполнена обработка всех экспериментальных данных, собранных за весь период исследований селективности тралов в северо-восточном и северо-западном районах Атлантики.

Следует иметь в виду, что при увеличении селективности орудий лова за счет увеличения размера ячеи могут прогнозироваться потери в уловах. Однако эти потери будут носить временный характер. Более того, если увеличение селективности обеспечивается улучшением избирательных свойств сетного полотна за счет изменения или стабилизации формы ячеи, приводящих к уменьшению диапазона селективности и, как следствие, к повышению эффективности лова, то потери могут быть весьма незначительными или вовсе отсутствовать. Так или иначе, продолжение периода, в течение которого, возможно, будут иметь место потери, зависит от темпа роста объекта промысла и разницы в селективных свойствах старых и новых средств лова. По мере подрастания рыб, выпускаемых ячеей с лучшими селективными свойствами, их значение в улове возрастет, потери (если они будут) уменьшатся до нуля, а затем уловы станут нарастать до предела, соответствующего новому соотношению между размерами объекта лова и минимальным размером ячеи. Установившееся к концу переходного периода превышение уловов над предыдущими будет носить уже постоянный характер и при прочих равных условиях будет сохраняться все последующие годы.

### 5.5. Методы оценки эффективности орудий лова

Проблема механических повреждений бентосных организмов донными орудиями лова возникает в связи с тем, что эти животные в отличие от рыб, как правило, малоподвижны. Некоторые из них (мидии, устрицы) живут в прикрепленном состоянии. Исключение могут составить лишь некоторые виды ракообразных.

Подводные наблюдения и исследования качества уловов в традиционных районах донного промысла показывают, что донные оттер-тралы, бим-тралы и драги достаточно часто, чтобы считать это проблемой, повреждают бентосные организмы, не удерживая их в улове. Оснащенные траловыми досками, тяжелыми грунтопадами, цепями, зубьями и другими деталями оснастки, эти орудия лова с определенной силой давят на грунт или, более того, врезаются в него, нанося травмы попавшим на их пути животным. От наличия травмированных экземпляров в улове может пострадать лишь качество продукции. Оставшиеся же на дне травмированные животные в большинстве случаев погибают от полученных физических повреждений.

Актуальность проблемы заключается не столько в гуманитарных соображениях, сколько в обнищании сырьевой базы, вызванным понижением уровня биологической продуктивности традиционных районов промысла по причине уменьшения численности промысловых видов и изменения экологических условий не в пользу последних.

С точки зрения регулирования рыбохозяйственной деятельности принятие крайних мер нежелательно. Тем более оно нежелательно из коммерческих соображений. Компромисс можно найти с помощью тщательных исследований и достаточно точных оценок. В этой связи применяемые в рыбохозяйственных исследованиях и в гидробиологии методы требуют уточнения, в том числе и метод определения уловистости донных тралов. Особенно трудно определить количество объектов, попавших в зону облова, для драг. Многие двустворчатые моллюски (например, *Mareatrix lusoria* или *Tapes philippinarum*), обитают в толще грунта, и учесть их с помощью визуальных методов невозможно. Некоторые объекты донного промысла маскируются под грунт, наслаиваются друг на друга, скрываются в зарослях морской травы и водорослей. Их численность также очень сложно оценить визуальными подводными методами.

Достаточно достоверный результат можно получить, используя метод повторных обловов, применяемый на севере России специалистами ПИНРО [138]. Этот метод достаточно эффективен при исследованиях в отношении малоподвижных донных биологических объектов. Убедиться в правильности оценки коэффициента уловистости этим методом нам позволил несложный математический расчет результативности лова последовательных тралений (до предела вероят-

ности улова) с заданным отношением уловов. Результаты использования этих двух моделей относительно определения коэффициента уловистости оказались адекватными.

Для осуществления экспериментов с повторным ловом можно использовать несколько схем, в том числе и схемы, предложенные Л. И. Серебровым [138].

Во всех случаях улов второго орудия лова  $C_2$  будет меньше предыдущего  $C_1$ , а вероятность попадания объектов в первый трал будет соответствовать коэффициенту его уловистости, т. е.

$$K_e = \frac{C_1 - C_2}{C_1}.$$

Если количество объектов с механическими повреждениями будет больше в уловах второй драги исключительно за счет повреждения их первой драгой, то разность между относительными долями поврежденных объектов в уловах второй и первой драг характеризует относительный прирост  $d$  числа поврежденных объектов в скоплении после прохождения по нему первой драги:

$$d = \frac{C_{2d}}{C_2} - \frac{C_{1d}}{C_1},$$

где  $C_{1d}$  и  $C_{2d}$  – количество поврежденных объектов в первой и второй драгах.

Долю поврежденных объектов  $K_d$  относительно их общего исходного числа в скоплении можно найти по  $d$  и соотношению уловов второй и первой драг:

$$K_d = d \frac{C_2}{C_1} = \frac{C_2}{C_1} \left( \frac{C_{2d}}{C_2} - \frac{C_{1d}}{C_1} \right).$$

Коэффициент уловистости  $K_e$  и показатель (коэффициент) повреждаемости  $K_d$  могут быть найдены по предложенным формулам как в среднем для объектов данного промысла, так и дифференцированно в отношении любых видов и их размерных групп, имеющих в уловах обоих орудий лова.

Определив  $K_e$ , по величине улова трала или драги можно с достаточной точностью оценить численность различных биологических объектов  $Q_i$  в зоне лова:

$$Q_i = \frac{C_{ii}}{K_e}.$$

Плотность скопления данного объекта  $\rho$  в зоне облова можно вычислить по формуле

$$\rho_i = \frac{Q_i}{S} \text{ или } \rho_i = \frac{Q_i}{tvL},$$

где  $S$  – площадь зоны облова;

$t$  – период траления;

$v$  – скорость буксировки драги;

$L$  – горизонтальное раскрытие драги.

Для учетных съемок в паре удобнее использовать небольшие научно-исследовательские орудия лова (тралы или драги). Бывает необходимо оценить результат работы больших промысловых орудий лова, но их габариты представляют определенную трудность работы в паре. Тогда для экспериментальных целей можно использовать также небольшие однотипные орудия лова, расположив их последовательно или параллельно. Можно пользоваться одной параллельной (боковой) драгой, но лучше использовать две. Такая схема обеспечит более высокую точность результатов эксперимента, чем с одной боковой контрольной драгой, а также данный вариант буксируемого комплекса будет более устойчив при одноаерном тралении.

Для комплексного варианта (с боковыми драгами) расчет коэффициента уловистости осуществляется по результатам лова контрольными тралами (небольшими драгами) по формуле

$$K_e = \frac{C_{1k} - C_{2k}}{C_{1k}} = \frac{C_{1k}^r + C_{1k}^l - C_{2k}}{C_{1k}^r + C_{1k}^l},$$

где  $C_{1k}$  и  $C_{2k}$  – уловы контрольных тралов;

$C_{1k}^r$  и  $C_{1k}^l$  – уловы правого и левого контрольных тралов.

Последующие расчеты (численности, плотности скопления и др.) с использованием полу-

ченного коэффициента уловистости осуществляются по данным лова и техническим характеристикам большой промысловой драги.

Провреждаемость объектов лова можно определять с учетом результатов лова как большой промысловой, так и контрольных драг. Это возможно, поскольку расчеты осуществляются по относительным величинам.

Метод последовательных (парных) тралений может быть использован также для определения селективных свойств сетных оболочек донных тралов или драг. Для этой цели второе орудие лова должно иметь меньший размер ячеи, чем первое.

## 5.6. Некоторые данные по селективности пассивных орудий лова

Проблемы, связанные с травмированием и гибелью животных, имевших контакт с орудиями лова, но избежавших попадания в улов, распространяются не только на активные средства лова (тралы, драги, невода), но и на жаберные сети, крючковые снасти и даже ловушки. Аргументы не в пользу сетей вполне обоснованы и доказаны. Что же касается крючковых орудий лова (ярусов), то, как ни странно, проблема возникает главным образом из-за птиц. Оказалось, что дать количественную оценку этой проблеме сравнительно легко. Однако более существенными для биологических ресурсов рыболовства могут быть потери, связанные с тем, что достаточно часто рыбы, заглотившие наживку (приманку) с крючком, обрывают его и тем самым избегают попадания в улов. Дать достоверную оценку вероятности того, что особи, получившие таким образом травмы, погибают, пока не удастся. Но поскольку такая вероятность существует, то с развитием ярусного промысла абсолютные потери здесь будут возрастать.

Изучением и совершенствованием процессов ярусного лова заняты многие специалисты в разных странах [36]. Нас в данном случае интересует увеличение эффективности лова за счет уменьшения потерь рыбы, которая «попробовала» наживку с крючком.

Результаты экспериментов с вертикальными ярусами, полученные японскими исследователями [36], показывают потери рыбы после попадания на крючки, которые, с одной стороны, снижают эффективность промысла, а с другой – могут являться причиной гибели рыбы и зависят от концентрации объектов лова на данном участке водоема, расположения крючков относительно дна и времени застоя яруса. Эмпирическая формула относительного попадания рыбы на крючок выглядит следующим образом:

$$R_C = 1 - \exp \{-0,0501 h^{-1,18} t\},$$

где  $R_C = N_C/N_r$  – отношение числа крючков, с которыми рыба вступила в контакт, к общему числу крючков;

$h$  – расстояние крючка от грунта;

$t$  – период застоя яруса.

Что касается избирательных свойств ловушек, то их изучение существенно отстает по сравнению с исследованием тралового лова и его избирательности в отношении рыб. Дело в том, что ловушки, за исключением ставных неводов и вентерей, в основном применяются на промысле беспозвоночных (крабов, креветок, моллюсков, морских ежей). Как показывают подводные наблюдения, механизм выхода этих объектов из ловушки отличается от целенаправленного выхода рыбы через ячею орудия лова. Крабы и креветки способны находить выход в обратном направлении, т. е. через входное отверстие ловушки, а процесс селективного отбора моллюсков ближе к простому просеиванию.

Экспериментальные исследования японских специалистов [36], проведенные на промысле *Neptunea arthritica* различными типами ловушек, позволили сделать некоторые обобщающие выводы. Отмечено, что при контакте с сетным полотном сам моллюск целиком уходит в раковину, так что селективные свойства ловушки определяются соотношением между формой и размерами ячеи и формой и размерами раковины. Существенную роль играет их взаимная ориентация при контакте.

Для ромбической ячеи с коэффициентами посадки 0,50 и 0,29 получены уравнения регрессии:

$$P_n = \frac{2}{1 + e^{2,74 - 6,40(1/2a)}} - 1 \quad \text{при } U = 0,50;$$

$$P_n = \frac{2}{1 + e^{3,78 - 7,50(l/2a)}} - 1 \quad \text{при } U = 0,29,$$

где  $P_n$  – суммарная вероятность того, что моллюск не выйдет через ячейку сетного полотна ловушки;

$l$  – длина раковины;

$a$  – шаг ячейки.

При сравнении избирательности ловушек и драг, используемых японскими рыбаками на промысле *Neptunea arthritica*, было установлено, что наилучшими селективными свойствами обладают орудия лова с квадратной формой ячейки, в частности ловушки, имеющие форму прямоугольного параллелепипеда.

В заключение приведем график (рис. 16), характеризующий избирательность промысла черного палтуса (*Reinhardtius hippoglossoides*, Waibaum) донными тралями, ставными сетями и ярусами в районе Шпицбергена [237].

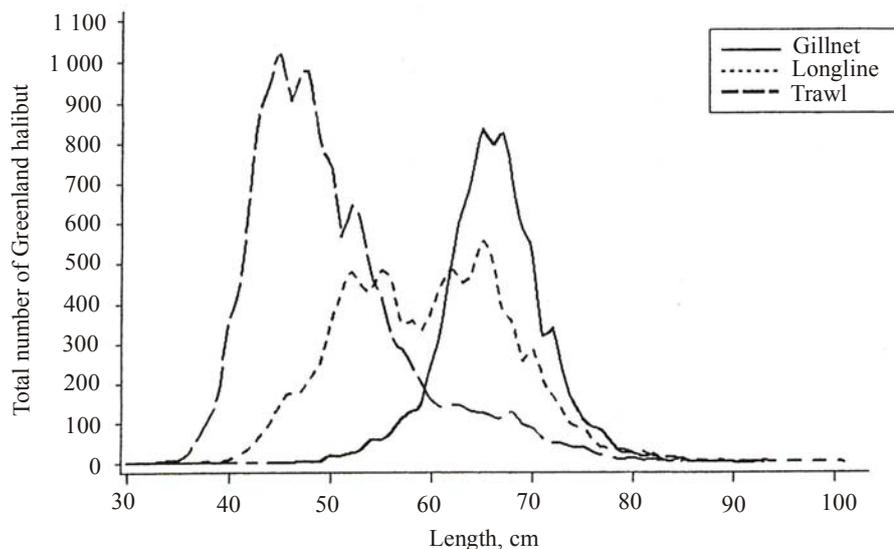


Рис. 16. Размерный состав уловов сетей, ярусов и тралов, используемых на промысле черного палтуса

Графики размерного состава уловов палтуса, принадлежащие различным орудиям лова, существенно различаются. Это говорит о том, что избирательность тралов, ярусов и сетей даже по отношению к одному промысловому виду неодинакова. Как правило, донные тралы, предназначенные для многовидового промысла, являясь отцеживающим орудием лова, имеют сравнительно небольшой размер ячейки в траловом мешке, селективность которого если и предусматривается конструктивно, то только для основного объекта лова. В данном случае палтус, вероятнее всего, составлял прилов. Селективность ярусов обычно регулируется размером крючков для конкретного объекта лова, и их избирательность близка к нормальному распределению по отношению к размерному составу скопления. Размер ячейки сетей подбирается для облова близких по размеру особей промыслового объекта и, как правило, крупных. Молодь в таких сетях может только случайно запутаться, как и многие другие животные, нередко попадающие в эти орудия лова.

## Глава 6. СЕЛЕКТИВНЫЕ СВОЙСТВА СЕТНЫХ ОБОЛОЧЕК С КВАДРАТНОЙ СТРУКТУРОЙ

### 6.1. Особенности промысла минтая

Одной из важнейших проблем современного отечественного рыболовства является неудовлетворительная точность учета и оценки величины прилова при ведении монопромысла некоторых традиционных видов, прежде всего минтая и трески.

Эта проблема особенно близка дальневосточникам в связи с состоянием ставшего более чем традиционным промысла минтая и возрождающегося, некогда бывшего традиционным промысла сельди.

Наши исследования последних десяти лет, 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 путем уничтожения некондиционной части улова, а точнее – добытой рыбы. Как правило, «улов» показывается уже в «обработанном» виде. По этой причине статистика не учитывает масштабы фактических выбросов прилова. Отсутствие или неполнота данных о величине и видовом составе выброшенного прилова не позволяет получать реальное представление о фактическом изъятии биоресурсов, что отрицательно сказывается на точности промыслового прогнозирования.

Совместные исследования на иностранных рыболовных судах позволили нам оценить соотношение производимой продукции, фиксируемой как «улов», и выбросов маломерной части добываемого минтая. Один из характерных примеров приведен на рис. 17. Процесс сортировки зафиксирован на японском судне, работавшем в экономической зоне России по специальному соглашению.

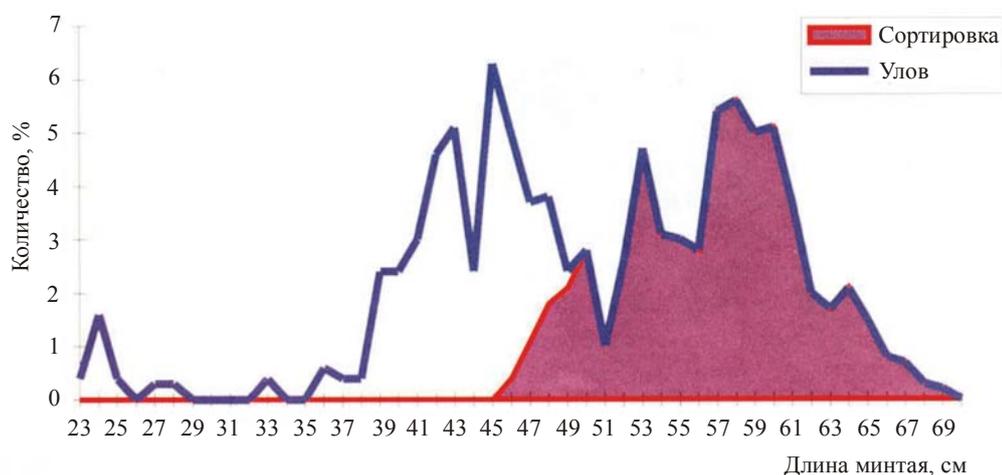


Рис. 17. Избирательность при ручной сортировке улова

В данном случае минтай не являлся «специализированным» видом, а входил в дифференцированную по видам квоту. Важно отметить, что оставляется и фиксируется в «улове» только представляющая товарную (коммерческую) ценность рыба. Кроме младших возрастных групп минтая выбрасывается мелкая треска, камбалы (в зависимости от вида), практически все виды, не оговоренные квотой (сельдь, корюшка, навага и др.) или не предусмотренные как «прочие». Исключение составляют виды, чьи скопления в данном промысловом районе однородны по размерному составу (терпуг, окуни). Как правило, эти виды не смешаны с другими объектами, добываются в особых районах и только в пределах объемов, оговоренных квотой.

Как видно из рис. 17, процентное отношение выбросов к улову (35% – по массе и 50% – по количеству) вполне согласуется с цифрами, приведенными в некоторых источниках, например в материалах МИК (30–50%) [80]. Но обращает на себя внимание существенная деталь: в нашем случае долю выбросов составляют особи длиной менее 45 см (в пределах 45–50 см оставляется 65% особей), а в упомянутых материалах приводятся цифры, соответствующие прилову молодежи минтая, т. е. особей длиной менее 30 см.

Если «карательные меры Госрыбвода в целом не решают проблемы», то «вероятно, потребуются создание орудий лова с повышенной селективностью», при этом «необходимо разрабатывать свод правил для каждого из промыслов, учитывающих его специфику» [80]. Актуальность

этих выводов и рекомендаций НКС МИК не вызывает сомнения. Необходимость объединения интеллектуальных сил, в том числе остатков отраслевой науки, для решения общей проблемы тем более очевидна.

Применение различных технических средств с целью регулирования промысла приносит свои плоды. Эти средства все шире используются в качестве эффективных мер ужесточения требований к эксплуатации биоресурсов Мирового океана. Наряду с различного рода и масштаба конструктивными решениями предлагаются и эффективно используются на первый взгляд незначительные изменения технических характеристик сетных оболочек орудий лова. Это могут быть изменения размера ячеи, изменения структуры сетного полотна, изменения материала и т. д. Достаточно эффективным считается использование в траловых мешках различных приспособлений («окон», решеток, цилиндрических вставок) с квадратной формой ячеи, обеспечивающих как размерную, так и видовую избирательность лова. В этом отношении наша позиция остается неизменной, т. е. мы всегда рекомендовали и продолжаем рекомендовать селективные траловые мешки, цельновыполненные из сетного полотна с квадратной формой ячеи. Эта позиция обоснована результатами экспериментальных исследований, и прежде всего результатами исследований избирательных свойств сетных оболочек с квадратной структурой.

На дальневосточном бассейне беспокойство по поводу размерно-видового смещения в промысловых скоплениях, в основном касающегося минтая и сельди, нарастает с каждым годом. Вместе с тем наши предложения по использованию траловых мешков с квадратной структурой сетного полотна, обладающие повышенными селективными свойствами, остаются без внимания.

Тема квадратной ячеи 30 лет была на слуху дальневосточных специалистов всех уровней. Пройдя классический путь развития от предварительных исследований на основании теоретических разработок Ф.И. Баранова [15] и экспериментальных исследований до внедрения на промысле криля в 1985 г., эта тема приобрела солидный багаж научного материала и практических результатов. На основании таких важных в рыболовстве критериев, как материалоемкость, избирательность, травмирующее воздействие на объект лова, выбор в пользу квадратной структуры не вызывает сомнений специалистов. Материалы исследований, подтверждающие эффективность использования сетных оболочек с квадратной структурой, опубликованы в целом ряде научных и информационных статей, неоднократно обсуждались на авторитетных кворумах, в том числе и за рубежом [269, 270, 287]. Вместе с работами иностранных специалистов, появившимися в начале 80-х г. [300, 301, 303–307], наши результаты составляют уже достаточно солидную базу знаний об использовании квадратной ячеи на промысле различных объектов, в том числе на промысле криля, где получен фактический экономический эффект.

В связи с реальной перспективой возрождения и развития промысла криля в открытых районах Мирового океана (к чему, хотя и с некоторым опасением, призывает ФАО)<sup>1</sup>, хотелось бы обратить внимание специалистов на некоторые экспериментальные данные, характеризующие эффект от применения квадратной ячеи в крилевых тралах (табл. 12).

В ответ на озабоченность ФАО следует заметить, что «опасность нанесения ущерба морским экосистемам» существует при любых видах промысла. Задача специалистов заключается в том, чтобы путем эффективного регулирования добычи гидробионтов, в том числе и криля, исключить эту опасность или свести ее к минимуму. Правильная организация промысла, рациональная тактика лова и применение соответствующих технических средств как составные части эффективного управления рыболовством смогут обеспечить человеку изъятие своей «законной» доли биопродукции океана без ущерба для природы. Кроме того, осваивая и развивая такие виды промысла, как крилевый, можно надеяться и на определенную пользу за счет передислокации избыточной добывающей мощности из традиционных северных районов в южные, некогда весьма привлекательные для советских рыбаков, тем самым сняв пресс с интенсивно эксплуатируемых популяций и экосистем.

Если быть точным, то о проблеме промысла минтая, прилове и выбросах правильнее было бы сказать, что речь пойдет о проблеме уничтожения остатка от разности «улов – (продукция + отходы)». Эта часть улова выбрасывается за борт уже в процессе сортировки, т. е. практически не участвует в технологической обработке, в результате которой отходы неизбежны. В тех случаях, – к сожалению, не единичных, – когда сортировка представляется нецелесообразной, в графе «улов» показывается «0». Уничтоженная таким образом часть добываемых гидробионтов прак-

<sup>1</sup> Рыбное хозяйство. – 1998. – № 2. – С. 26.

тически не попадает в информационное поле. А та часть улова, которая не утилизируется, но все-таки показывается как прилов и отходы обработки, составляет в мировом рыболовстве, по данным ФАО, в среднем около 25% добычи.

Специфика промысла минтая заключается в том, что обнаружить промысловое скопление, более или менее однородное по размерному составу, в необходимом диапазоне не всегда удается. Причин этому несколько:

- прежде всего, это естественное состояние популяции в данном районе и в данный период времени, характерное для минтая;
- отсутствие оперативной и достоверной информации о распределении и структуре промысловой популяции в пространстве;
- отсутствие гидроакустических приборов, способных с необходимой точностью идентифицировать фиксируемые скопления по размерному и видовому составу;
- большая скученность промысловых судов на ограниченной акватории;
- отсутствие у определенной части рыбаков достаточного опыта.

Отсутствие должного регулирования промысла и контроля способствует принятию безответственных решений отдельными рыбаками. Как известно, метод проб и ошибок, предусмотренный Правилами рыболовства, неэффективен. Более того, в данной ситуации он губителен для части промысловой популяции, а значит, неприемлем 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.

Приводимый здесь материал основан на экспериментальных исследованиях, которые осуществлялись в 1987–1992 гг. в районе Южных Курил, Охотском и Беринговом морях в нагульный (летне-осенний) и преднерестовый (зимний) периоды на различных по размерной структуре скоплениях минтая. В экспериментах использовались сетематериалы с различными характеристиками и технологиями изготовления. Технологический шаг ячеи используемых делей был представлен следующим рядом: 20, 30, 37, 40, 45, 50, 55 и 60 мм. Однако, следуя классической терминологии, далее мы будем использовать понятие «размер ячеи» ( $B = 2a - d$ ), которое соответствует половине внутреннего периметра квадратной ячеи ( $P = 2(2a - d)$ ).

Для определения отсева через ячею траловых мешков применялся метод покрытия. Специальным устройством из мелкоячеистого сетного полотна накрывалась концевая часть мешка длиной около 10 м. В конусной части перед мешком отсев был определен при помощи уловителей, которые нашивались на сетное полотно удерживающей части трала и вдоль цилиндра тралового мешка (до покрытия). Подробно с методикой оценки параметров селективности можно ознакомиться в специальных инструкциях [82, 268].

Исследования интенсивности выхода минтая через ячею сетного полотна в различных частях трала проводились в процессе определения избирательных свойств сетных оболочек с размером ячеи 54 мм ( $a = 30$  мм;  $d(\times 2) = 3$  мм;  $P = 108$  мм).

Контрольные траления проводили в укороченном режиме, тем самым преследуя несколько целей:

- возможность наиболее точного измерения улова при малом объеме;
- предотвращение аварий уловителей и покрытий из-за их переполнения отсеянной рыбой;
- избежание блокировки ячей мешка в зоне отсева накопившейся и уплотнившейся рыбой;
- избежание блокировки ячей мешка при касании поверхности покрытия под избыточной нагрузкой от накопившейся отсеянной рыбы.

Следует заметить, что метод покрытий наиболее точно отражает избирательность сетной оболочки всего тралового мешка, поскольку за пределами покрытия, т. е. за пределами концевой части мешка при малых уловах интенсивность отсева невелика, а при больших уловах зона интенсивного отсева по мере накопления рыбы постепенно смещается по длине цилиндрической части, не меняя характера процесса.

Если говорить о потерях товарной рыбы в процессе избирательного лова, то следует обратить внимание на конусную часть трала 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, ее размер и угол атаки сетного полотна конусной части на участке перед мешком;
- форма и размер ячеи сетной части мешка;
- наличие дополнительных слоев оболочки мешка (рубашка, каркас).

Наши исследования показали, что замена ромбической структуры оболочек траловых мешков на квадратную существенно сказывается и на результатах лова. Этот эффект был отмечен на промысле криля и мавроликуса тралами с мелкоячейными вставками, а также на промысле минтая, в том числе при работе раздвоенным мешком («штанами»). В пользу замены ячеи трала говорят следующие аргументы:

- 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; отсутствие блокировки ячеи);
- квадратная структура сетной оболочки мешка, обладая лучшей фильтрацией, значительно уменьшает гидродинамический эффект, причем зона интенсивного выхода рыбы за пределы трала в его конической части значительно сокращается;
- опыты с раздвоенным мешком показали, что в части с квадратной ячеей скопления рыбы (величина улова) во много раз больше, чем в параллельной с ромбическим сетным полотном;
- серия промысловых тралений показала, что по выходу готовой продукции (без учета последствий сортировки) результативность работы мешком с квадратной ячеей ( $B = 90$  мм) более чем на 40% выше, чем с обычным мешком с ромбической ячеей ( $B = 80$  мм).

Последний аргумент может показаться парадоксальным и неубедительным при отсутствии достаточного статистического обоснования, однако несмотря на то, что данная серия контрольных тралений ставила своей целью только получение предварительного результата, эффект был настолько очевиден, что начальник лова (работы проводились на японском судне) настоял на том, чтобы оставить экспериментальный мешок в работе до конца промыслового периода рейса. Одной из причин преодоления традиционного консерватизма рыбаков явилось, наряду с объективным количественным показателем, исключение из общего промыслового процесса трудоемкой операции сортировки улова с экономией времени на отдых экипажа.

В этом небольшом эпизоде мы еще раз обращаем внимание на проблему массовых выбросов некондиционной части улова и реальный путь решения этой проблемы.

Приведенные здесь иллюстрации (рис. 18–20) представляют собой фрагменты результатов экспериментальных исследований избирательных свойств траловых мешков с квадратной структурой оболочек, полученных в различных условиях промысла минтая и для различных характеристик сетных полотен (материалов).

Рис. 19 иллюстрирует избирательность траловых мешков с квадратной структурой оболочек, технологический шаг ячеи которой равнялся 40 мм. На различных по степени смещения скоплениях минтая использовались мешки японского производства из безузловой дели на полиэтиленовой монооснове (рис. 19а, б) и отечественные экспериментальные конструкции из узловой дели на основе двойной комплексной капроновой нитки (рис. 19в).

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 монооснове и не менее 80 мм для узловых двойных делей на комплексной основе.

При более жестких требованиях, специфике и особых условиях промысла размер квадратной ячеи необходимо увеличивать до 90 мм. Увеличение размера ячеи до 110 мм целесообразно только на специализированном промысле икраяного минтая, поскольку оно будет связано со значительными потерями части товарной рыбы (рис. 20).

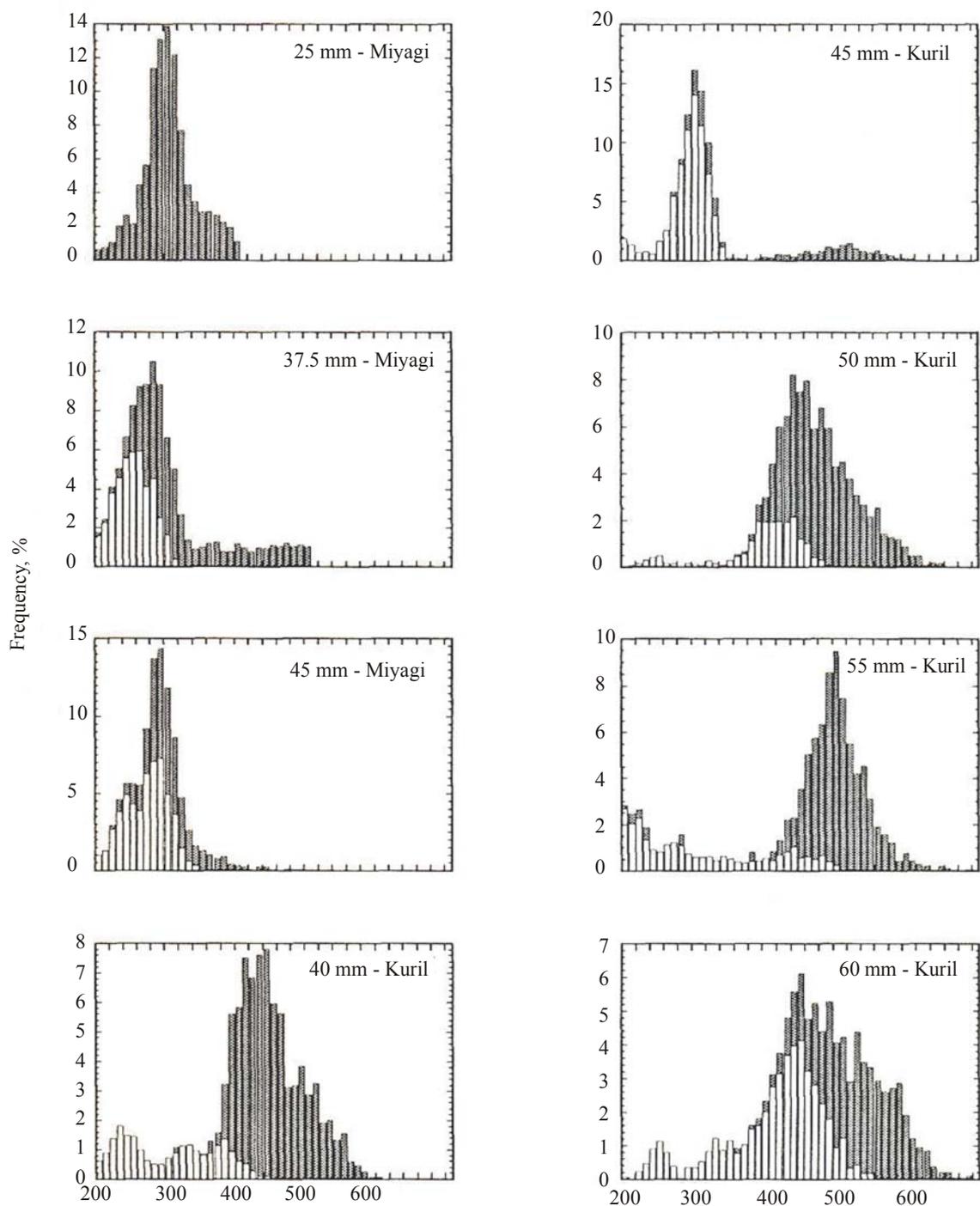
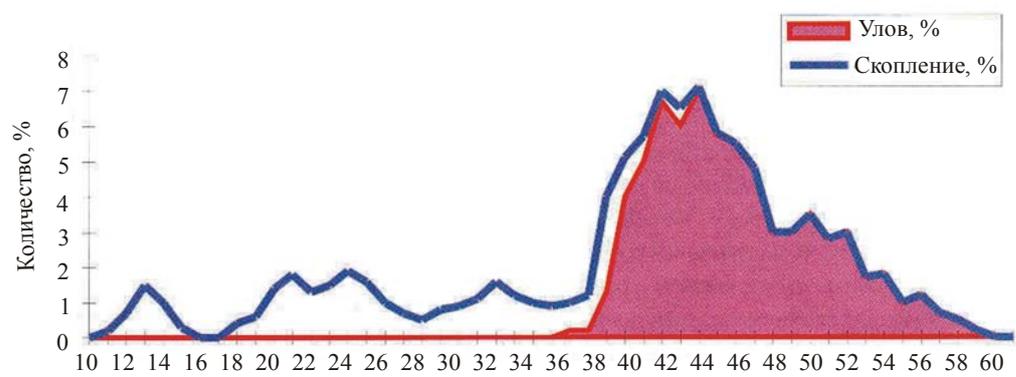
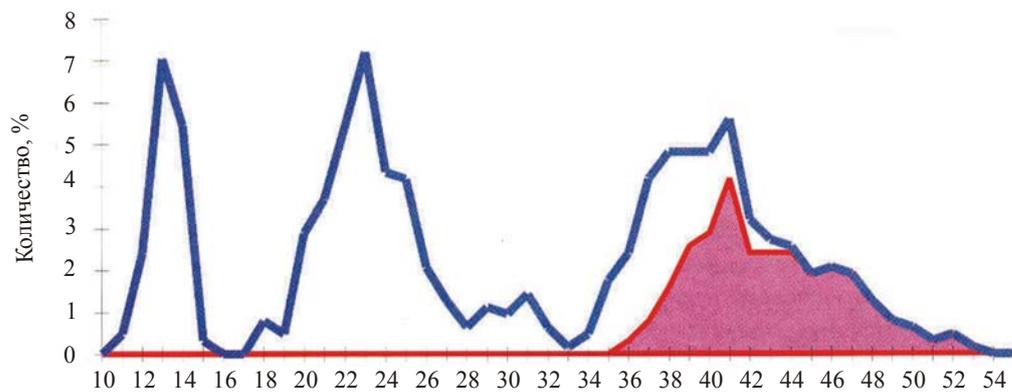


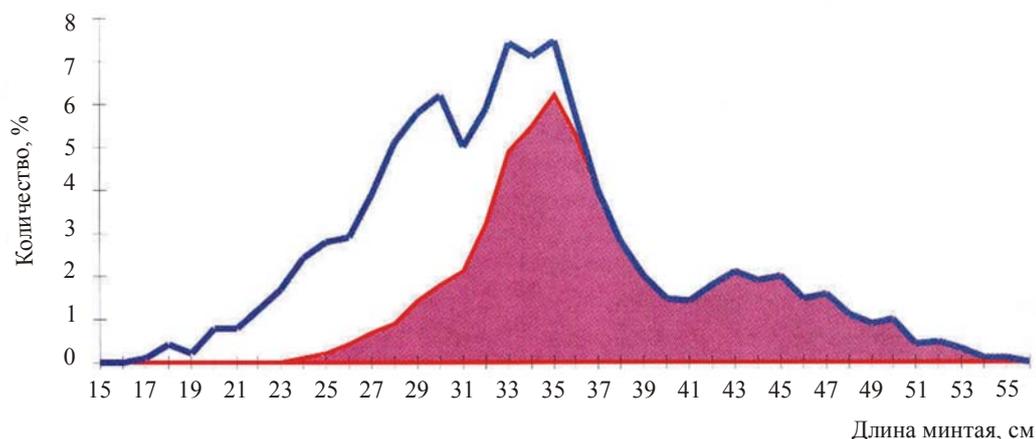
Рис. 18. Зависимость избирательности траловых мешков с квадратной структурой от размера (шага) ячеи при облове мятая в районах Мияги и Северных Курил



а



б



6

Рис. 19. Зависимость селективных свойств траловых мешков с квадратной структурой ( $a = 40$  мм) от условий промысла и материала, из которого они изготовлены: верхний и средний графики – при различной степени смешения скоплений, траловый мешок изготовлен из полиэтиленовой безузловой дели; нижний – траловый мешок отечественной конструкции из капроновой узловой дели с двойной комплексной ниткой

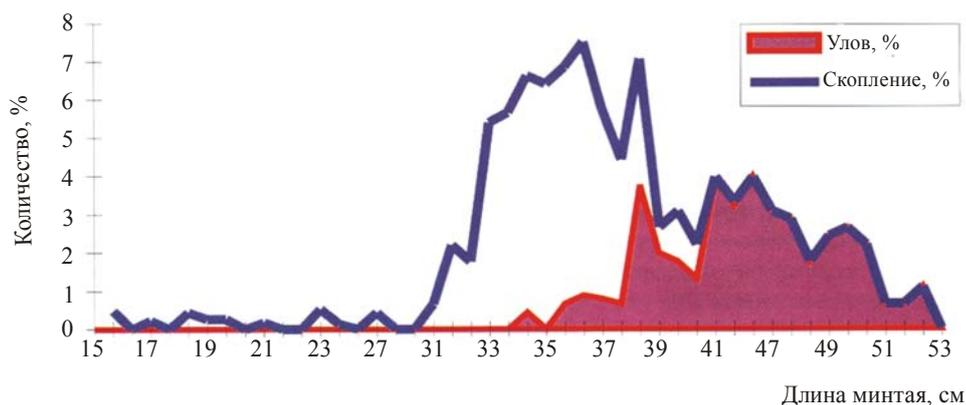


Рис. 20. Возможные потери товарной рыбы при чрезмерном увеличении размера ячеи

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 существующих Правил рыболовства с учетом 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, затрачиваемого на сортировку улова.

## 6.2. Особенности облова донных рыб

Обсуждаемые выше материалы исследований избирательных свойств сетных полотен с квадратной формой ячеи на промысле минтая и антарктического криля относятся главным образом к объектам пелагического промысла. Ниже предполагается обсудить некоторые данные экспериментальных исследований, полученные в отношении донных и придонных объектов: трески, камбалы, терпуга и шипощека.

Два последних вида относятся к окуням, форма тела и «оперение» которых определенным образом отличаются от других рыб. Видимо, именно поэтому и возникло мнение, что окуни очень плохо поддаются селективному отбору ячеей в процессе лова. Возможно, при взаимодействии с ромбической ячейей и волокнистыми материалами (например, с капроновой комплексной ниткой) наличие жестких плавников и острых шипов не позволяет окуням достаточно свободно проходить сквозь ячейю, делая попытки их селективного отбора неэффективными. Наши же эксперименты показывают, что квадратная форма ячейи сетного полотна, изготовленного на монофиламентарной основе из «скользящего» полиэтилена, вполне обеспечивает селективный отбор окуневых с распределением вероятностей их отсева (или удержания) в рамках общих для данной постановки задачи закономерностей.

Исследования проводились по совместной программе согласно решению советско-японской комиссии по рыболовству о необходимости развития двухстороннего научно-технического сотрудничества в области изучения и освоения методов рациональной эксплуатации биоресурсов СЗТО. Кроме биологических исследований на борту японского судна, имевшего статус научно-исследовательского, осуществлялись работы по технике добычи рыбы.

Поскольку программа траловых съемок позволяла выполнять, кроме пелагического лова, и донные траления, в процессе исследований можно было получить данные не только по основному виду (минтаю), но и по другим (донным) видам. На шельфе юго-восточной части Камчатки (на глубинах 100–200 м) в уловах донного трала наряду с минтаем в значительном количестве присутствовали треска (*Gadus macrocephalus*) и несколько видов камбал, в основном белобрюхая (*Lepidopsetta mochigarei*). На участках со сложным рельефом восточнее Северных Курил облавливали скопления терпуга (*Pleurogrammus monopterygius*). В незначительном удалении от этих районов в ночное время донные траления осуществлялись на материковом склоне (на глубинах 400–600 м), где основную массу улова составлял шипошек (*Sebastolobus macrochir*).

Количество, видовой и размерный состав отсеянных рыб определяли стандартным методом мелкаячейного покрытия. Периоды тралений выбирали таким образом, чтобы воздействия массы улова на процесс отсева и форму покрытия были минимальными. Три однотипные конструкции траловых мешков с шагом ячейи 40, 50 и 60 мм, изготовленные из плетено-плетеного сетного полотна, применялись в зависимости от видового и размерного состава исследуемых скоплений.

В нижней части рис. 21–24 показан размерный состав данного объекта в скоплении (верхний контур) и в улове (контур над заштрихованной областью).

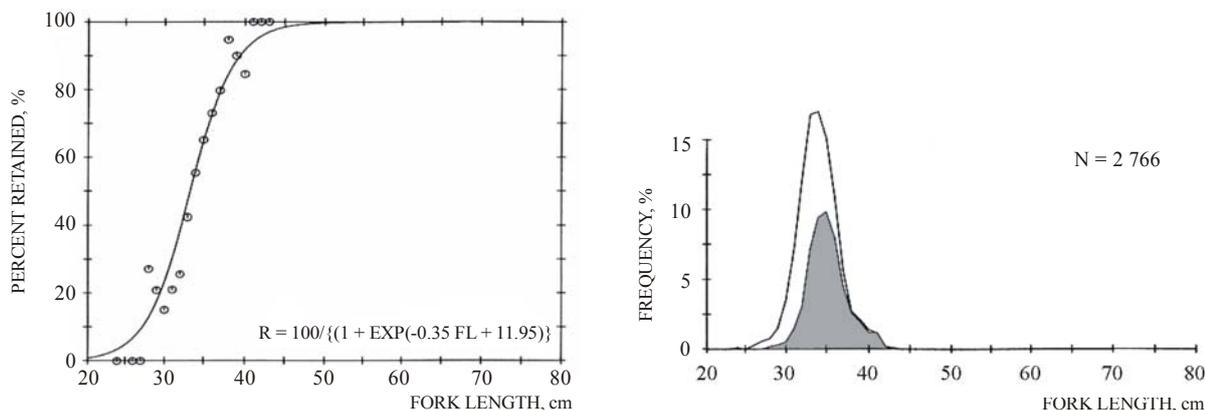


Рис. 21. Основные показатели селективных свойств сетного полотна с квадратной формой ячейи ( $a = 50$  мм) по отношению к шипошку (*Sebastolobus macrochir*) при облове скопления с данным размерным распределением

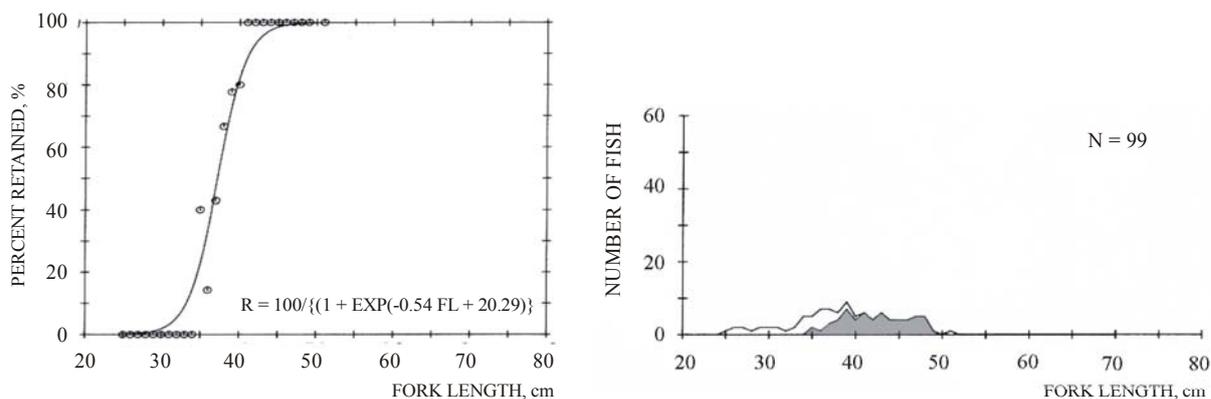


Рис. 22. Основные показатели селективных свойств сетного полотна с квадратной формой ячейки ( $a = 60$  мм) по отношению к трепугу (*Pleuronectes torguensis*) при облове скоплений с данным размерным распределением

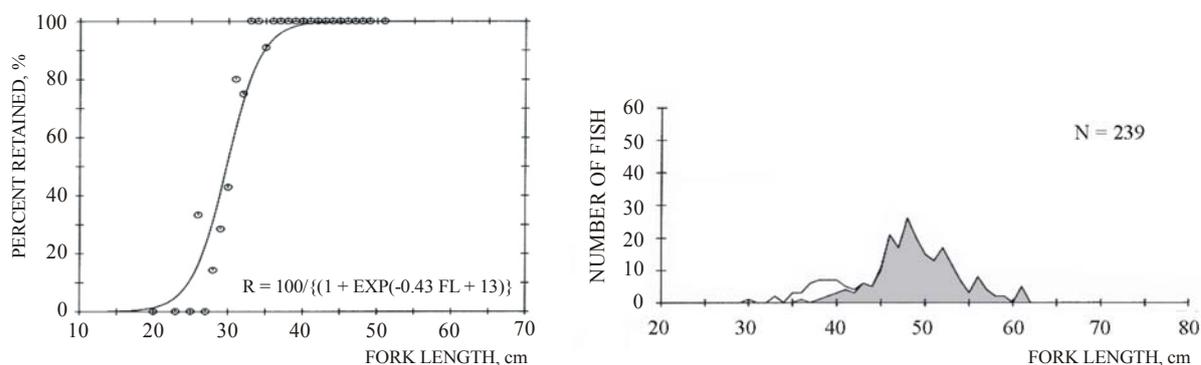


Рис. 23. Основные показатели селективных свойств сетного полотна с квадратной формой ячейки ( $a = 40$  мм) по отношению к белобрюхой камбале (*Lepidopsetta toschigareii*) при облове скопления с данным размерным распределением

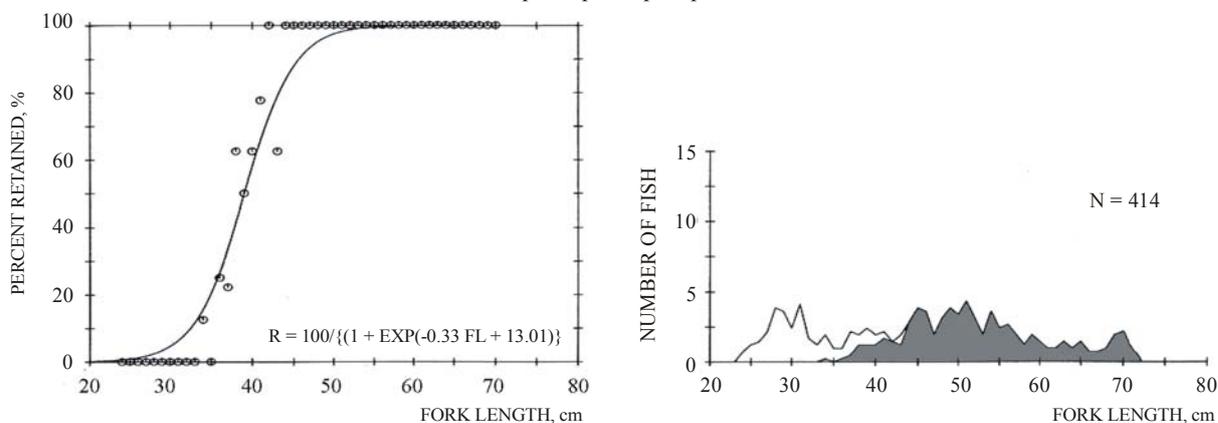


Рис. 24. Основные показатели селективных свойств сетного полотна с квадратной формой ячейки ( $a = 60$  мм) по отношению к треске (*Gadus macrocephalus*) при облове скоплений с данным размерным распределением

Как видно из графических иллюстраций, наименьшим диапазоном размерного состава скопления (наименьшей степенью размерного смешения) обладает шипошечек. Можно полагать, что взрослые особи данного вида имеют ограниченный рост и обитают отдельно от неполовозрелой части популяции. Такое распределение шипошечка удобно для ведения промысла, причем данные эксперимента показывают, что во избежание больших потерь улова шаг ячейки тралового мешка следует уменьшить по крайней мере до 40 мм.

Обсуждение результатов исследований по трем другим видам может быть более конструктивным, потому что относительно этих видов официально определены промысловые меры, т. е. минимальные размеры особей, допустимые к изъятию. Для трески, трепуга и камбалы (без конкретизации видов) они соответственно равны 40, 25 и 21 см.

Судя по данным, приведенным в нижней части рис. 21–24 (по размерному распределению), обловленные скопления терпуга и камбалы (белобрюхой) практически не содержали особей, запрещенных к вылову. Однако приловом считаются не только те особи, длина которых меньше допустимой меры, но и те, которые по коммерческим или технологическим соображениям считаются некондиционными (нетоварными). В данном случае при облове белобрюхой камбалы использование в траловом мешке ячеи с меньшим шагом не повлекло за собой существенного прилова маломерных особей, равно как и применявшийся шаг ячеи 40 мм не явился причиной больших товарных потерь. В отношении же терпуга можно сказать, что применение сетного полотна с квадратной структурой и шагом ячеи 60 мм в траловых мешках при его облове нецелесообразно из коммерческих соображений. В аналогичных условиях промысла достаточно ограничиться 40 мм шага квадратной ячеи без опасения за возможный прилов молоди или некондиционной рыбы.

Обловленное скопление трески в данном районе, как и скопление минтая, имело высокую степень смешения по размерному составу. Причем более чем на треть оно состояло из молоди, запрещенной 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.

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  $L_{50\%} = 39$  см, т. е. немного меньше требований. При смешанном лове, как было в нашем случае, когда промысловое скопление составляли также минтай, камбалы и другие виды, на такое незначительное отклонение вряд ли обратили бы внимание. При специализированном же лове трески донным тралом, когда с целью рационального использования ресурсов должны учитываться, кроме правовых требований, технологические и коммерческие соображения, шаг квадратной ячеи тралового мешка рекомендуется выбирать не менее 70 мм.

Приведенные здесь данные и комментарии к ним не претендуют на окончательные рекомендации, но обращают внимание на то, что регулирование промысла с помощью изменений технических характеристик сетного полотна в траловом мешке должно осуществляться на основе полноценного анализа результатов исследований, проведенных в более широком диапазоне изменяющихся природных условий и с более широким варьированием технических характеристик орудий лова.

### **6.3. Промысел криля**

#### *6.3.1. Общая характеристика промысла криля*

Экономическая целесообразность и эффективность лова криля (*Euphausia superba*) определяются стайным образом жизни этого антарктического рачка в периоды его биологического цикла, удобные для ведения промысла в антарктических водах. По данным отечественных и зарубежных исследований, запасы криля колеблются от 500 млн до 3,2 млрд т, ежегодное изъятие может составить от 50 до 100 млн т [76–79, 83, 84]. Однако образование, распределение и поведение скоплений криля зависят от целого ряда факторов, знание которых необходимо для успешного обнаружения и облова этих скоплений. Кроме того, исследования в области рациональной эксплуатации скоплений криля необходимы для научного обоснования целесообразности этого вида промысла. В этом смысле можно найти решение экономических и экологических проблем, которые существуют на сегодняшний день.

Анализ многолетнего опыта работы научно-исследовательских экспедиций показывает, что определяющим фактором образования промысловых скоплений криля является поле течений. Наиболее мощные концентрации криля приурочены к зонам сходимости течений, круговоротов, поверхностных циркуляций, вблизи фронтальных зон подъема и опускания вод, возникновение которых обусловлено течениями, рельефом дна, температурными и ледовыми режимами. Отмечается также, что большое значение имеет температура поверхности воды, однако широкий предел изменения температуры, при которой встречаются скопления криля (от  $-1$  до  $+4^{\circ}\text{C}$ ), не позволяет использовать ее в качестве океанологического параметра для поиска данного объекта. Наличие же слоя скачка плотности существенно помогает при поиске криля и оценке промысловой обстановки, так как он представляет собой естественную границу верти-

кального распределения фитопланктона, который является кормовой базой криля, оказывает существенное влияние на его концентрацию и вертикальные миграции в летне-осенний период. Определенное значение на образование поверхностных скоплений и вертикальные миграции криля оказывает освещенность. Максимальное количество поверхностных скоплений наблюдается при освещенности 100–8 000 лк. Существенное влияние на поведение криля, определяющее стабильность его скоплений, оказывают изменения метеоусловий. Многочисленными наблюдениями отмечалось, что за 12–24 часа до наступления шторма скопления криля распадались, и только после стабилизации погоды они появлялись вновь.

В отличие от других освоенных промыслом ракообразных криль как планктонный организм имеет некоторые биологические особенности: малый размер тела, низкие скорости плавания, пассивный дрейф, распределение в толще воды и способность образовывать скопления, характеризующиеся многообразием форм и широкими пределами по величине.

В зависимости от условий среды и своего биологического состояния криль в большинстве случаев концентрируется в верхнем 100-метровом слое. Такое распределение криля характерно для индийского и тихоокеанского секторов Антарктики. В атлантическом секторе скопления криля отмечаются и в придонных слоях до 300 м и более.

Стайное поведение и образование скоплений криля имеет защитно-приспособительное значение. Время образования и размер скоплений связаны с процессом питания криля, в котором четко выражен суточный ритм с двумя максимумами интенсивности – дневным и ночным. Скопления образуются в те часы суток, когда криль имеет минимум интенсивности питания.

Японскими исследователями выделено семь видов скоплений криля. Наиболее результативным считается траловый промысел скоплений криля, вытянутых вдоль горизонтального слоя, иногда приуроченного к зоне термоклина в дневное время на глубинах 30–50, реже 70–100 м [164].

Скопления в виде полей (пятен) очень часто встречаются на самой поверхности, особенно в летний период. Размеры и конфигурация пятен неодинаковы. Глубина залегания криля в таком скоплении достигает 15 м, причем с приближением к поверхности увеличивается плотность (до 15 кг/м<sup>3</sup>).

Стаи криля встречаются на протяжении более длительного периода, чем пятна. Конфигурация и размеры стаи также разнообразны. Ярко выраженный скачок плотности является нижней границей распространения и суточных вертикальных перемещений стаи. Нередко отмечается распределение отдельных стай в два слоя. Верхний слой – в горизонтах 10–30 м, нижний – в горизонтах 50–80 м, причем ближе к поверхности концентрируется молодь, а половозрелые особи расположены ниже. Плотность стаи, так же как и поверхностных скоплений, различна и зависит от многих факторов. В районе островов Баллени облавливали стаи, плотность которых составляла около 150 г/м<sup>3</sup>, причем размерный состав их был неоднороден – от 20 до 55 мм. По другим данным, средняя плотность криля в таких скоплениях составляет от 1,0 до 2,3 г/м<sup>3</sup>, максимальная – до 4,6 кг/м<sup>3</sup> [83].

В индийском и тихоокеанском секторах Антарктики встречаются, а иногда преобладают разреженные скопления криля, обитающие в толще воды с горизонтами распространения по вертикали до нескольких десятков метров. В большинстве случаев эти скопления приурочены к слою скачка плотности и регистрируются гидроакустическими приборами в виде звукорассеивающего слоя (ЗРС) большой протяженности. Облов таких скоплений разноглубинными тралами позволяет получать стабильные результаты. Однако величина уловов при этом не превышает трех тонн на один час траления.

Интересные данные о характере скоплений криля были получены с использованием глубоководного ОПА «Север-2» в море Скотия. В результате непосредственных подводных наблюдений за поведением криля удалось выделить два типа концентраций этого антарктического рачка: поляризованную стаю и аморфное скопление.

Для поляризованной стаи характерно однозначно-ориентированное расположение особей, согласованно-синхронное движение, одновременное реагирование на раздражители, целеустремленное перемещение всей массы. У скоплений этого типа хорошо выражены границы. Внутри скопления наблюдаются неоднородности – мелкомасштабные агрегации, расстояние между которыми составляет 0,8–1,0 м, размер агрегации – 1,0–1,5 м. При среднем расстоянии между особями 5 см движение отдельной особи является стабилизированным. При расстоянии между особями в скоплении 15–20 см каждый отдельный рачок движется зигзагообразно. Скорость перемещения криля в более плотном скоплении выше, чем в разреженном. При среднем расстоя-

нии между особями более 0,5 м поляризация стаи выражена слабее.

В случае, когда рачки в скоплении ориентированы неоднозначно, двигаются в разных направлениях и траектории их движения представляют сложные кривые, скопление квалифицируется как бессистемное (аморфное). Распределение криля в аморфном скоплении отличается от носительной однородностью. Скопление не совершает суммированного перемещения, несмотря на то, что каждая особь может активно двигаться. Границы такого скопления выражены слабо. Для этого типа скоплений, по свидетельству наблюдателей, характерна оптомоторная реакция, выражавшаяся попыткой сопровождать подводный аппарат.

Существует мнение, что скопления криля, в первую очередь поверхностные, малоподвижны, на шум судна и трала не реагируют, отдельные особи не боятся надвигающегося сетного полотна, свободно проникая через его ячей. На основании собственных наблюдений автор может подтвердить, что отдельные особи или их мелкие группы, действительно, практически не реагируют на двигающееся судно, находясь в поверхностном слое. Однако криль обладает способностью передвигаться. В лабораторных экспериментах было выяснено, что рачки в невозбужденном состоянии перемещаются со скоростью 0,03–0,136 м/с, а при механическом раздражении их скорость доходит до 0,33–1,50 м/с. Непосредственные подводные наблюдения за поведением криля в зоне действия траловой системы свидетельствуют о том, что стаи криля сравнительно активны, способны избегать препятствия со скоростью до 0,5 м/с. Отдельные особи реагируют на приближение деталей трала с расстояния 1,0–1,5 м, делая резкие броски в вертикальном направлении на 10–15 см со скоростью до 1,5 м/с и активно работая движительными органами. Отмечен также направленный выход криля через ячей сетного полотна. Большое и плотное скопление криля рассыпается, меняя свою конфигурацию, при прохождении через него трала.

С наступлением осени скопления криля становятся мельче, активность их повышается. В этот период они чаще обнаруживаются и облавливаются под полем битого льда, вдоль кромки сплошного льда и вблизи айсбергов.

Таким образом, образование скоплений криля, их величина, характер распределения и поведение всецело зависят от состояния внешней среды и физиологических особенностей этого представителя зоопланктона. Поэтому совершенствование техники и тактики добычи криля, направленное на повышение эффективности и рациональности промысла, должно строиться на основе глубоких знаний взаимосвязей этих факторов, их динамики, а также с учетом научных прогнозов и современного состояния технических возможностей.

### *6.3.2. Технические средства и тактические приемы тралового промысла криля*

Особенности тактики лова криля продиктованы особенностями распределения скоплений, их поведением, биометрическими характеристиками особей и технологическими требованиями к сырью.

Промысел криля в толще воды не представляет особых трудностей и не требует специальных приемов, за исключением некоторых особенностей, влияющих на результативность лова. Специальные рекомендации относятся в основном к приемам лова криля в поверхностных слоях. При обычной оснастке трала вывод его на поверхность затруднителен, а при малом количестве ваеров происходит существенная деформация входного устья, что является причиной недоиспользования проектной промысловой мощности орудия лова. Кроме того, установлено, что кильватерная струя судна оказывает отрицательное влияние на результативность поверхностного лова. В этой связи рекомендуется применять облегченные траловые доски больших размеров для увеличения горизонтального раскрытия входного устья трала. Например, японские и немецкие специалисты в процессе освоения промысла криля использовали крыловидные распорные доски массой 500 кг, оснащенные емкостями с положительной плавучестью.

По данным экспериментов, в том числе исследований удерживающей способности крилевых тралов с использованием непосредственных подводных наблюдений, установлено, что скорость траления на промысле криля не должна превышать 1,5 м/с. Даже незначительное увеличение скорости ведет к резкому увеличению отсева криля сквозь ячей сетного полотна и уменьшению улова. При скорости траления выше указанного предела криль отсеивается больше, чем удерживается в мешке. Однако промысловый флот, несмотря на рекомендации и стремясь повысить уловы за счет увеличения процеженного объема в единицу времени, работает на максимальных режимах, достигая скорости траления 2 м/с и более. С точки зрения экономичности и рациональности лова выбор такого режима не оправдывается: во-первых, потому, что увеличение результативности при этом не гарантировано, – оно скорее мнимое, чем реальное; во-

вторых, значительно возрастают энергетические затраты и износ промыслового оборудования; в-третьих, с возрастом интенсивности отсева увеличивается гибель рачков, попадающих между нитями сетного полотна с ромбической структурой.

В зарубежных работах относительно скорости облова криля также нет единого мнения. Японский флот облавливал скопления криля со скоростью 0,8–1,1 м/с. В результате опыта 1-й Антарктической экспедиции специалисты ФРГ пришли к выводу, что скорость траления можно увеличить до 1,5–2,0 м/с с целью увеличения облавливаемого объема в единицу времени на разреженных скоплениях [120, 159, 161, 162, 164].

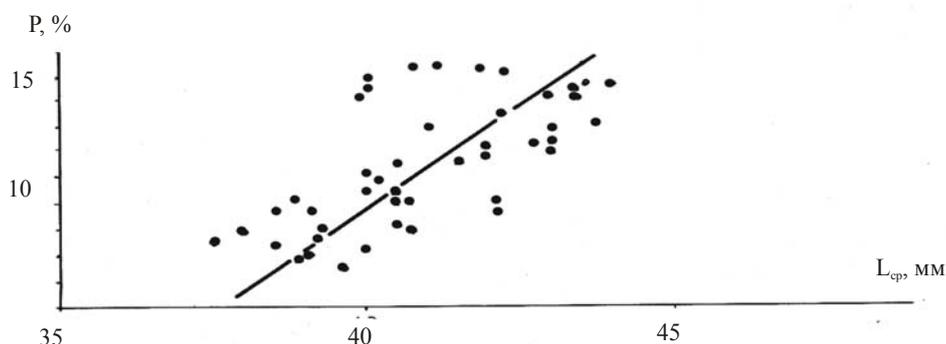
В связи с введенными ограничениями на период траления и величину улова на промысле криля (ТИ 15–058–83) возросла значимость соотношения между непроизводительным временем траления, которое затрачивается на постановку и выборку трала, и непосредственно временем облова скопления. Так, при работе на плотных скоплениях, когда для достижения улова 5–6 т достаточно 5 и менее минут буксировки трала, непроизводительное время превосходит полезное в 3–5 раз. На разреженных скоплениях непроизводительное время составляет 20–30% от введенного регламента.

На скоплениях с низкой плотностью практикуются траления на противоположных галсах без выборки трала на циркуляции в процессе одного цикла. Эффективность такого тактического приема, так же как и увеличение скорости траления на разреженных скоплениях, статистически не подтверждена. А эксперименты, проведенные в этих условиях, показывают, что удерживающая способность сетного полотна тралов с уменьшением плотности скоплений уменьшается за счет увеличения отсева относительно единицы времени и величины улова. Кроме того, наблюдается снижение качества сырца.

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 существенное внимание уделяется, наряду с совершенствованием технологических процессов и оборудования, и качеству сырца. Например, согласно ТИ 15–058–83 при выпуске пищевой продукции из криля лимитируется продолжительность траления (не более 1 ч 20 мин) и величина улова (не более 6 т).

В экспедициях 1980–1984 гг. на НПС «Профессор Дерюгин», БМРТ «Лотос» и УПС «Глобус» были проведены научно-исследовательские работы с производственными испытаниями опытных образцов линий по переработке криля для консервного производства на линиях НЗ-ИЛБ и Н6-ИЛА, в результате которых было установлено существование зависимости выхода «мяса» от размерного состава уловов и содержания в них травмированных рачков (рис. 25).

Установлено, что на выход готовой продукции, 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).



a

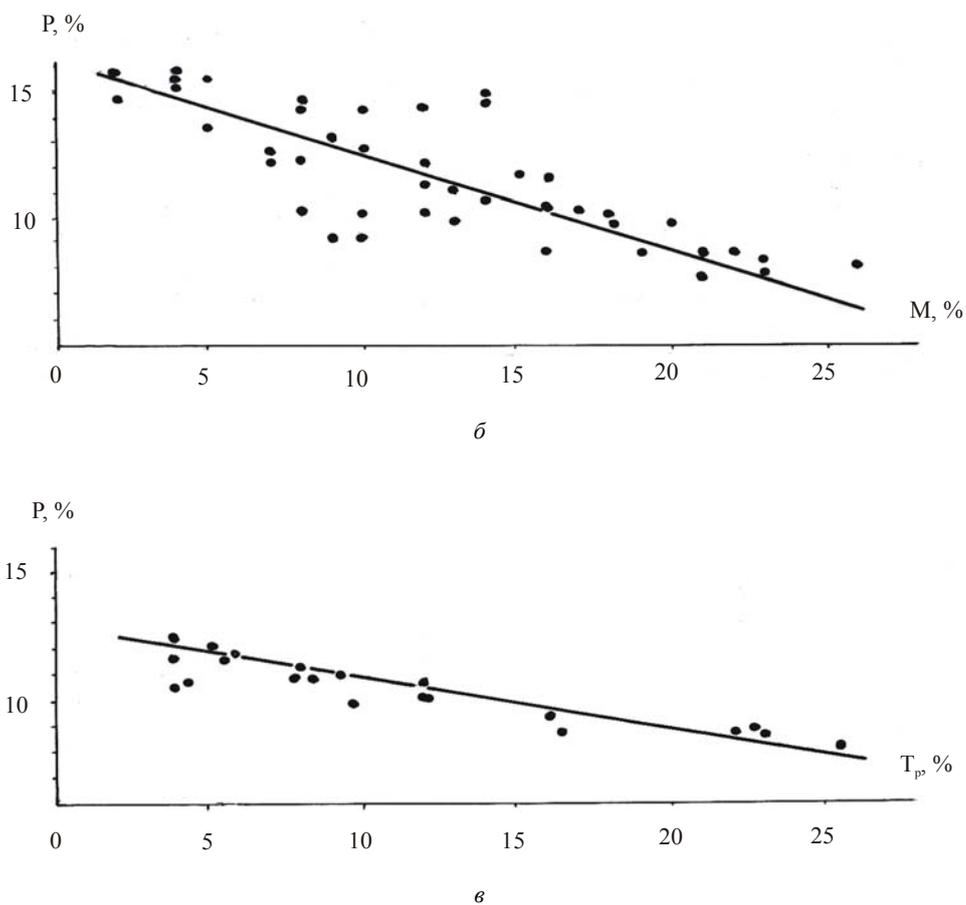


Рис. 25. Зависимость выхода готовой продукции на линии Н6-ИЛА от среднего размера криля (а), содержания молоди (б), содержания травмированных рачков в улове (в)

Из всего многообразия способов лова (кошельковые невода, конусные сети, близнецовые и бортовые тралы с рыбонасосом и без него), испытанных на промысле криля, наиболее эффективным и универсальным при облове поверхностных и заглубленных скоплений оказался лов разноглубинными тралами. В сущности, основной конструктивной особенностью крилевых тралов можно считать только наличие мелкочейного сетного полотна в удерживающей части и мешке.

Исследования конструктивных особенностей крилевых тралов с использованием ОПА «Тетис» на НПС «Зунд» показали, что определяющее влияние на отсев криля через сетное полотно в процессе траления оказывает шаг ячеи в удерживающей части и ее конусность. Максимальный шаг ячеи, при котором криль практически не отсеивается, равен 7 мм.

В разное время на промысле криля использовали более двух десятков разноглубинных тралов различных конструкций, в том числе и экспериментальный трал конструкции ТИНРО 21/72 м, главной отличительной особенностью которого являлась квадратная структура сетного полотна. На рис. 26 показано условное деление тралов на конструктивные участки, появлением которых сопровождалось совершенствование этих орудий лова.

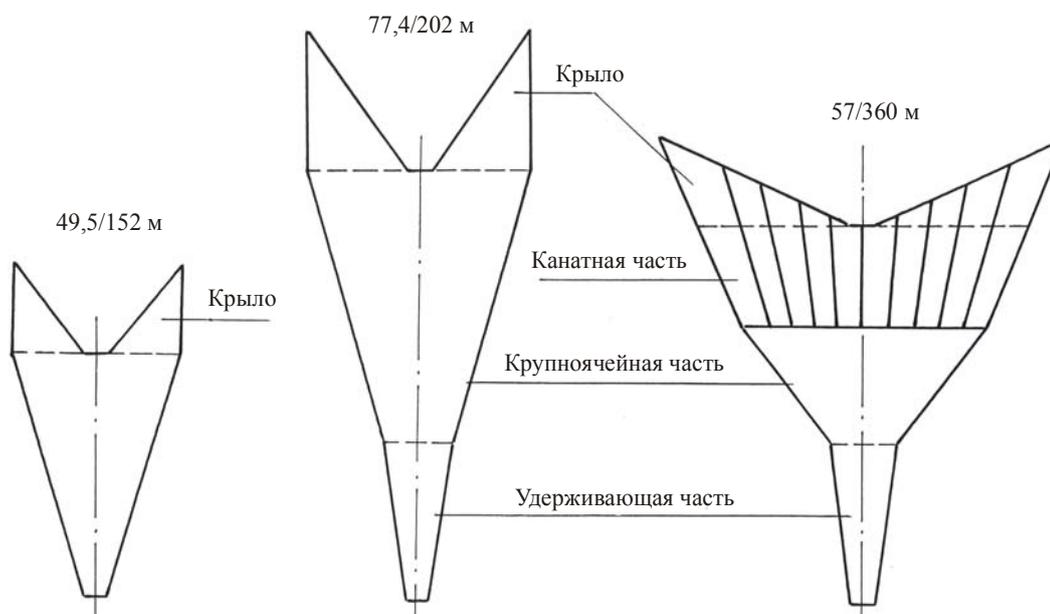


Рис. 25. Схема условного деления крилевых тралов на конструктивно-функциональные части

Таким образом, следствием технического совершенствования конструкций крилевых тралов явилось существенное изменение (увеличение) передних частей, т. е. появление крупноячейных, а затем и канатных участков, а также экспериментальное применение сетного полотна с квадратной структурой в удерживающих частях и траловых мешках. Промышленные конструкции удерживающих частей и траловых мешков (с ромбической структурой) практически не изменились.

Первые попытки экспериментальной проверки сетного полотна с квадратной формой ячеек на промысле криля были предприняты автором в 1977 г. на НПС «Тихоокеанский». В период кратковременных испытаний экспериментальный трал ТИПРО (21/72 м) показал хорошие промысловые результаты, не уступающие промысловой конструкции (трал 41/117 м), которая по материалоемкости была в 2,5 раза «тяжелее».

На основании анализа научных работ и экспериментальных исследований самого автора можно сделать вывод о том, что для успешного облова криля нет необходимости увеличивать габариты трала. Экономически целесообразнее, сохраняя его оптимальные параметры, уменьшать материалоемкость конструкций и повышать качество криля-сырца за счет выбора правильной тактики лова и применения прогрессивных материалов в качестве оболочек удерживающих частей и траловых мешков, в частности применения оболочек с квадратной структурой.

### 6.3.3. Влияние структуры траловых оболочек на процесс лова криля

В результате экспериментальных работ, проведенных в промысловых условиях на скоплениях криля, удалось проследить процесс формирования улова и выявить некоторые закономерности этого процесса.

Применение сетного полотна с шагом ячеек 10–20 мм в удерживающей и концентрирующей частях трала предполагает потери части облавливаемого криля за счет отсева. Как выяснилось в процессе исследований, распределение и величина отсева, а также размеры отсеиваемого криля зависят от конструктивных особенностей сетной оболочки трала, скорости траления и размерного состава облавливаемой популяции (скопления).

Если бы масса отсева была несоизмеримо мала по сравнению с массой улова, то вопросы селективности по отношению к крилю можно было бы пренебречь и не рассматривать их даже с точки зрения рациональности промысла (общей концепции рационального рыболовства). Однако, как показали опыты, это величины одного порядка. Более того, при больших скоростях траления криля отсеивается больше, чем удерживается. Кроме того, отсеивается преимущественно молодь криля. В связи с этим можно было бы исключить отсев, увеличивая результативность лова и полагая, что молодь, прошедшая сквозь сетное полотно, обречена. С другой стороны, борясь за ка-

чество сырца при оптимальных уловах, можно использовать отсев как сортировку облавливаемых рачков по размерному составу, исключив вероятность их гибели при прохождении сквозь ячейу.

Для повышения эффективности производства пищевой продукции из криля и сохранения сырьевых ресурсов второй путь представляется наиболее рациональным. Реализация его оказалась возможной в определенной степени за счет применения в крилевых тралах сетных оболочек с квадратной структурой.

Предпосылками для изучения селективных свойств сетных полотен с квадратной формой ячейки на скоплениях криля послужили первые опыты использования упомянутого выше трала 21/72 м на промысле этого объекта в 1977 г. Тогда было отмечено абсолютное отсутствие ячейки сетного полотна с квадратной ячейей и зафиксировано в результате биологических анализов существенное увеличение среднего размерного состава уловов этого трала по сравнению с уловами серийных тралов (с ромбической ячейей). Это сравнение в дальнейшем было взято за основу исследований эффективности применения сетного полотна с квадратной структурой путем изучения свойств того и другого вариантов траловой оболочки.

Прежде всего необходимо рассмотреть общие закономерности, характеризующие процесс лова криля разноглубинным тралом или, точнее, теми его частями, которые предназначены для удержания облавливаемых рачков и их накопления.

На графике (рис. 27) показана общая картина распределения отсева криля по длине мелкоячейной части трала. Характер кривых соответствует усредненному распределению интенсивности отсева, полученному по результатам многочисленных наблюдений на каждом конкретном участке. Основываясь на общих признаках, можно констатировать, что отсев по длине мелкоячейной части трала распределяется неравномерно. Основная масса отсева приходится на участок протяженностью 30–35 м с максимумом интенсивности 2–3 кг/м<sup>2</sup>. В начале удерживающей части, где диаметр поперечного сечения равен 8–10 м, независимо от шага ячейки, который здесь варьирует в пределах 12–20 мм, отсеивается незначительная масса криля: в среднем 0,01–0,04 кг/м<sup>2</sup>. В цилиндрической части тралового мешка отсев составляет в среднем 0,1–0,2 кг/м<sup>2</sup>.

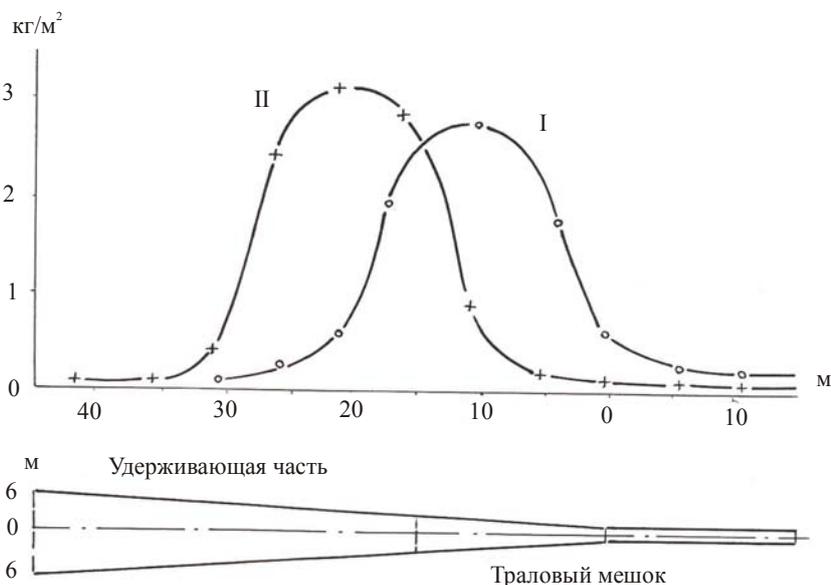


Рис. 27. Распределение отсева криля по длине трала: I – сетное полотно с квадратной структурой; II – сетное полотно с ромбической структурой

Таким образом, процесс формирования уловов происходит в основном на участке трала длиной 30–35 м с конической формой сетной оболочки и диаметром поперечного сечения от 1,5 до 8 м. При этом зона максимальной интенсивности отсева у трала с квадратной структурой сетного полотна приурочена к более узкому участку сетного конуса.

Необходимо заметить, что распределение отсева в крилевых тралах находится в соответствии с теми представлениями, которые были получены при исследовании поля скоростей обтекания сетных оболочек разноглубинных натуральных тралов и их моделей [68]. В частности, по результатам исследований распределения поля скоростей потока в тралах с различными конструктивными особенностями отмечалось смещение зоны относительного уменьшения скорости потока у тралов с квадратной структурой оболочки в сторону тралового мешка при нахожде-

нии этой зоны в более широкой части сетного конуса у обычных тралов с ромбической ячейей.

Сопоставляя эти факты, мы вправе полагать, что распределение и интенсивность отсева криля через сетное полотно существенно зависят от гидродинамических процессов, происходящих в трале при буксировке. Причем гидродинамический фактор, влияющий на процесс лова, можно регулировать конструктивным путем. Так, в нашем случае при использовании сетного полотна с ячейей квадратной формы достигнуто смещение зоны интенсивного отсева в сторону с меньшей площадью сетной оболочки, что при равной средней величине отсева на единицу площади обеспечивает уменьшение потерь относительно улова на 15–20 %.

При регулировании процесса лова нельзя не учитывать и фактор взаимодействия объекта лова с сетным полотном. В данном случае это взаимодействие определяется размером криля и геометрическими характеристиками ячейи сетного полотна.

Из всего многообразия наблюдений нам удалось получить зависимость удерживающей способности сетного полотна с шагом ячейи 12 мм от длины криля (рис. 28). Следует отметить, что у трала с ячейей квадратной формы эта зависимость четко выражена, о чем свидетельствуют значения коэффициента корреляции в 95%-ном доверительном интервале ( $0,78 < r_1 < 0,95$ ).

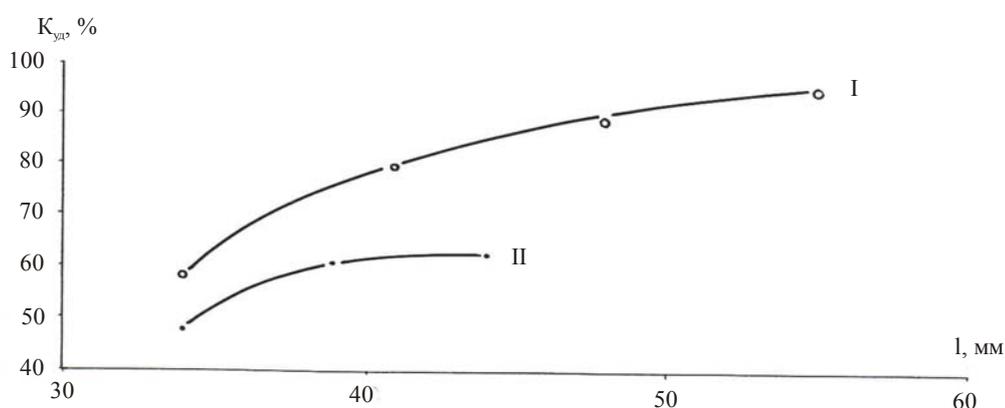


Рис. 28. Зависимость удерживающей способности сетного полотна трала от длины криля в облавливаемом скоплении: I – квадратная структура; II – ромбическая структура

У трала с ромбической ячейей эта зависимость выражена значительно слабее, что определенно указывает на вероятность различия взаимодействия криля с ячейей ромбической и квадратной форм.

Особо хотелось бы выделить влияние на отсев криля еще двух факторов, имеющих место в процессе облова. Первый из них – скорость траления, о которой уже упоминалось в связи с тактикой лова – оказывает существенное влияние на динамику водной массы, а вместе с ней и на облавливаемых рачков, находящихся внутри сетной оболочки. Второй – это плотность облавливаемой стаи, которая в процессе продвижения в сетном конусе попавших в зону облова рачков вынужденно увеличивается до противоестественных пределов, что, в свою очередь, также влияет на динамику процесса лова.

На рис. 29 зависимость удерживающей способности тралов от скорости траления дана в трех вариантах: I – для трала с ячейей квадратной формы; II – для трала с ячейей ромбической формы в условиях нашего эксперимента; III – для трала с ячейей ромбической формы по данным Дальневосточного филиала НПО промысловства. Несмотря на то что эти зависимости получены для разных конструктивных вариантов и в разных условиях, характер их остается одинаковым: с увеличением скорости траления интенсивность отсева увеличивается. Этот факт имеет особенно большое значение при выборе тактики лова, как и тот факт, что зависимость интенсивности отсева от плотности скопления имеет обратный характер. Оба эти факта связаны сложным гидродинамическим процессом, который еще подлежит изучению. Поэтому, упоминая о влиянии плотности скопления на результативность лова, мы воздерживаемся от его количественной интерпретации, поскольку измерить этот параметр с достаточной точностью нам не представилось возможным. Косвенная же его оценка по результату лова в единицу времени давала нам возможность ориентироваться при учете других факторов для обеспечения чистоты эксперимента.

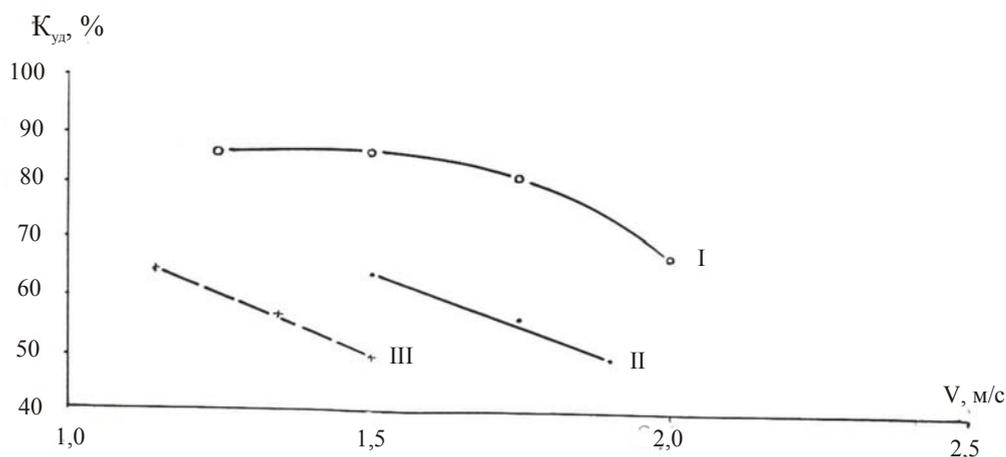


Рис. 29. Зависимость удерживающей способности сетного полотна от скорости траления: I – квадратная структура; II, III – ромбическая структура

Исключительно важным фактором при оценке избирательных свойств орудий лова, особенно при их сравнении, является размерный состав облавливаемых популяций или скоплений. Поэтому если требовалось соблюдение идентичности размерного состава обловленного криля, например для исследования селективных свойств ячеи с различной формой, то из всего множества наблюдений (контрольных тралений) делалась выборка сопоставимых данных. Как правило, это были данные, полученные в результате чередующихся тралений или серий по 3–5 тралений в каждом из сравниваемых вариантов. 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.

В табл. 12 приведены средние показатели состояния отсеянного криля и его качества в уловах, полученные в результате статистической обработки данных 60 контрольных тралений, сделанных тралами с идентичной передней частью и оснасткой устья, но имеющих различную структуру сетной оболочки (квадратную и ромбическую) в удерживающей части и траловом мешке. Весь материал получен в реальных условиях при работе судна в промысловом режиме.

Таблица 12

Средние показатели состояния отсеянного и удержанного криля при работе тралами с ячеей квадратной и ромбической форм

Форма ячеи сетного полотна трала	Удержанный криль			Отсеянный криль	
	Средняя длина, мм	Содержание молоди, %	Содержание травмированных особей, %	Содержание травмированных особей, %	Содержание живых особей, %
Квадратная	43,6	5,6	15,4	1,2	33,0
Ромбическая	39,2	21,6	33,8	37,1	2,9

Наиболее важными показателями с практической точки зрения являются показатели состояния удержанного криля, т. е. те, которые характеризуют качество сырья. Два из них: средний размер и содержание молоди – зависят главным образом от избирательных свойств сетного полотна. Однако изначально абсолютные величины этих показателей определенным образом определяются размерным составом облавливаемого скопления. Так, для данных биологических условий промысла в уловах серийного трала (с ромбической ячеей) содержалось 21,6% молоди криля ( $l < 36$  мм) при среднем размерном составе улова 39,2 мм. Трал с ячеей квадратной формы имел в уловах лишь 5,6% молоди при среднем размере криля 43,6 мм. При облове скоплений с уменьшенным размерным составом разница значений этих показателей уменьшалась. Однако во всех случаях избирательность тралов с квадратной структурой сетной оболочки по сравнению с серийным вариантом оставалась лучшей по всем показателям.

Выборочные данные для анализа избирательных свойств сравниваемых вариантов усреднены и сведены в табл. 13 и 14.

**Таблица селективности крилевого трала с квадратной структурой сетной оболочки удерживающей части и тралового мешка**

Длина криля, мм	Количество криля						Удержание, %	
	удержанного		отсеянного		обловленного		грубое	выравненное
	кг	%	кг	%	кг	%		
21–25	0	0	19	0,4	19	0,4	0	0
26–30	47	1	550	11,5	597	12,5	7,9	16,3
31–35	577	12,1	826	17,3	1 403	29,4	41,1	42,9
36–40	1 273	26,7	324	6,8	1 597	33,5	79,7	71,7
41–45	834	17,5	52	1,1	886	18,6	94,1	89,8
46–50	191	4	9	0,2	200	4,2	95,5	95,4
51–55	55	1,2	2	0,0	57	1,2	96,5	97,3
56–60	12	0,3	0	0	12	0,3	100	100
Сумма					4 771	100		

Таблица 14

**Таблица селективности крилевого трала с ромбической структурой сетной оболочки удерживающей части и тралового мешка**

Длина криля, мм	Количество криля						Удержание, %	
	удержанного		отсеянного		обловленного		грубое	выравненное
	кг	%	кг	%	кг	%		
21–25	0	0	105	1,0	105	1,0	0	0
26–30	148	1,4	592	5,7	740	7,2	20,0	23,0
31–35	1 761	17,1	1 840	17,9	3 601	35,0	48,9	45,5
36–40	2 362	22,9	1 138	11,0	3 500	34,0	67,5	65,9
41–45	1 452	14,1	335	3,3	1 787	17,3	81,3	78,4
46–50	437	4,2	68	0,7	505	4,9	86,5	86,0
51–55	55	0,5	6	0,1	61	0,6	90,2	92,2
56–60	4	0	0	0	4	0,0	100	100
Сумма					10 303	100		

По этим данным построены графики селективности (рис. 30). Несмотря на то что в выборку попали данные лова на скоплениях с относительно малым размерным составом, требования идентичности условий максимально соблюдены. Так, средневзвешенная длина криля, обловленного экспериментальным и серийным тралами, составила в среднем 36,8 мм при содержании молоди 42,8 %. Отношение средневзвешенных длин удержанного и отсеянного криля для трала с квадратной ячейей составило 39,3/32,6 мм, а для трала с ромбической ячейей – 38,4/34,5 мм. Соответственно, содержание молоди в уловах составляло 13,1 и 18,5 %.

Результаты анализа экспериментальных данных показывают, что кривые селективности, принадлежащие двум 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.

В известных случаях (для рыб) подобное взаимное расположение кривых избирательности наблюдалось в тех случаях, когда один и тот же объект облавливался однотипными орудиями при сохранении постоянного режима лова, и определялось главным образом варьированием обхвата рыб, вызванным разной степенью их упитанности и накормленности, а также свойствами материалов, из которых эти орудия были изготовлены [144].

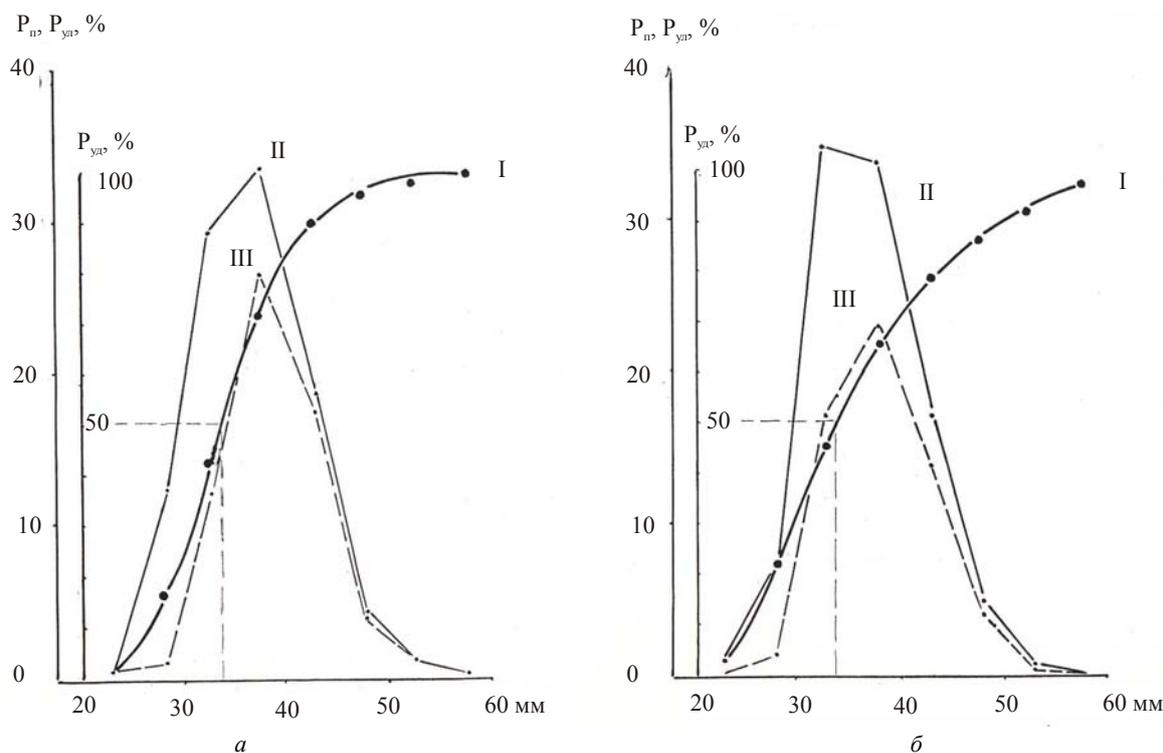


Рис. 30. Показатели селективности тралов с ячеей квадратной (а) и ромбической (б) форм:

I – кривые избирательности лова; II – размерный состав облавливаемой популяции;

III – размерный состав удержанного криля

В нашем случае перечисленные выше условия идентичности, в том числе и физиологическое состояние криля, соблюдались. При аналогии материалов, из которых были изготовлены сетные полотна, имело место различие лишь в форме ячеей. Таким образом, можно предположить, что определенная особенность в прохождении криля сквозь ячейю связана с механизмом этого взаимодействия. При чем избирательные свойства сетного полотна по отношению к размеру рачков зависят от формы ячеей.

#### 6.3.4. Взаимодействие криля с сетным полотном

Попробуем разобраться в том, что же является причиной эффекта квадратной ячейи при взаимодействии криля с сетным полотном. Попытаемся представить себе процесс выхода криля через ячейю ромбической и квадратной форм теоретически, исходя из имеющихся данных и косвенных наблюдений. Обратимся к графикам, иллюстрирующим зависимость экстерьерных показателей криля от его длины (рис. 31), и схемам (рис. 32). Эти иллюстрации помогут нам сопоставить линейные размеры криля и ячейи, а также их взаимное расположение при взаимодействии.

Позволим себе предположить, что криль, попав в зону облова в пределах мелкочейной сетной оболочки, хотя бы один раз окажется в непосредственной близости от сетного полотна и будет увлечен потоком в просвет ячейи. При этом рачок будет находиться в плоскости, перпендикулярной плоскости ячейи, и ориентирован либо вдоль продольной, либо вдоль поперечной ее оси. В силу биологических особенностей формы криля он может вписаться в просвет ячейи соответствующего размера либо по длине карапакса, либо по дуге абдомена с хордой, равной длине карапакса. В силу же своих геометрических особенностей квадратная ячейя имеет одинаковые продольный и поперечный размеры, равные внутреннему шагу ячейи, а в ромбической ячейе соотношение этих размеров зависит от коэффициента ее раскрытия ( $2aU_1$  и  $2aU_2$  – соответственно поперечный и продольный размеры ромбической ячейи).

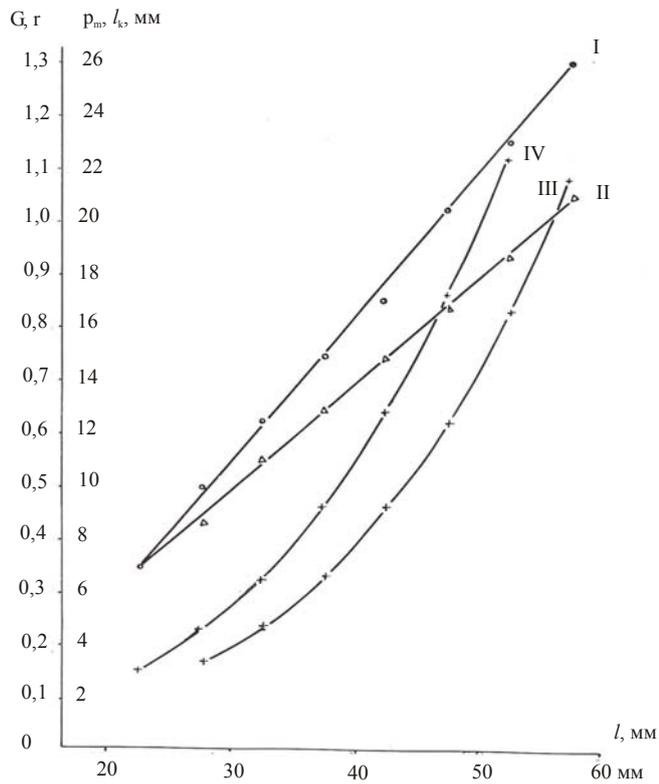


Рис. 31. Экстерьерные показатели крыла: I – периметр в наибольшем обхвате ( $P_m = 0,54l - 5,2$ );  
 II – длина карапакса ( $l_k = 0,4l - 2,34$ ); III – масса в феврале ( $G_1 = 2,67 \times 10^{-5}l^{2,62}$ );  
 IV – масса в марте–апреле ( $G_2 = 7,78 \times 10^{-5}l^{2,41}$ )

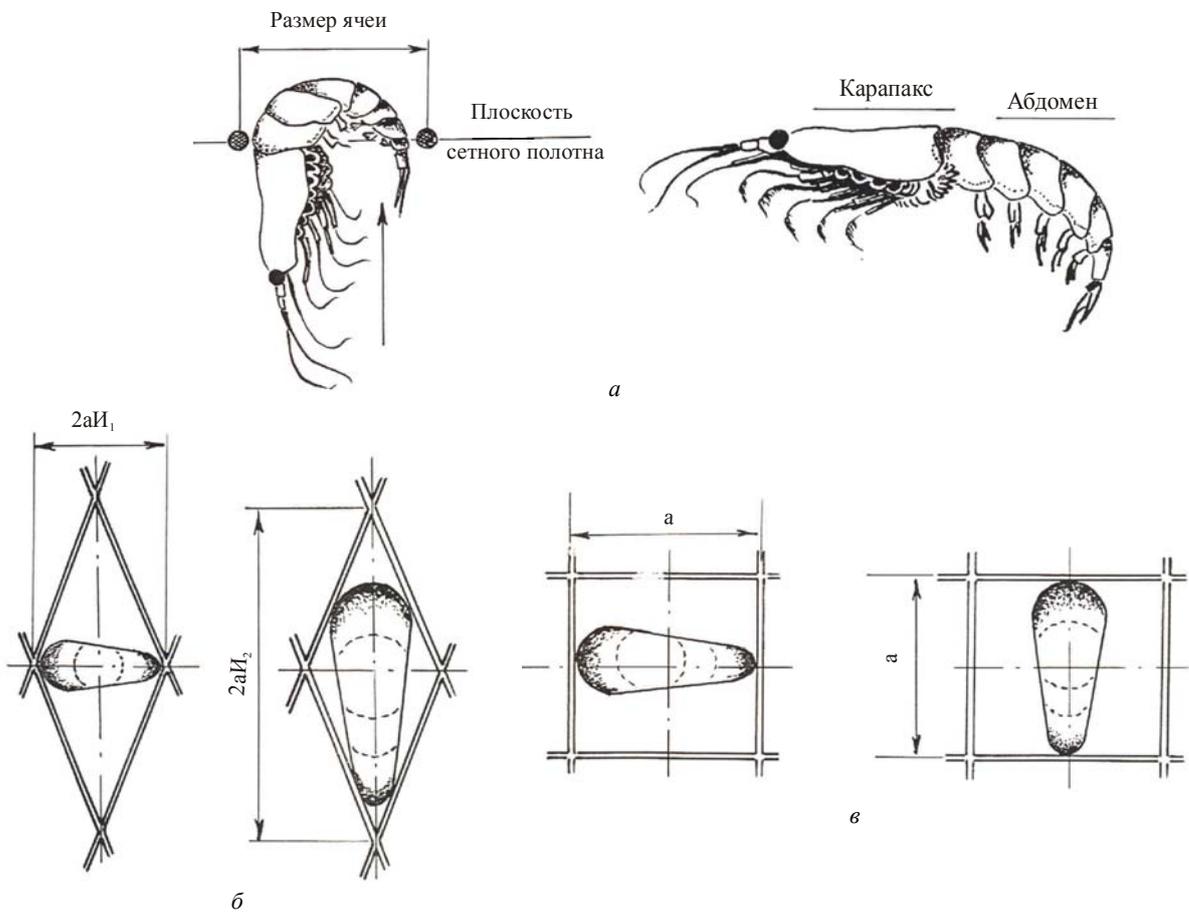


Рис. 32. Схема взаимодействия крыла с ячейей сетного полотна: положение рачка относительно ячейи при отсеве (а),  
 через ромбическую (б) и квадратную (в) ячейю

Допустим еще одно предположение. Будем считать, что 50% всех обловленных рачков при контакте с мелкоячейным сетным полотном ориентируется в продольном направлении, а другая их половина – в поперечном. Тогда при взаимодействии с ромбическим сетным полотном из первой части обловленных рачков будут удержаны те, размер карапакса которых больше продольного размера (диагонали) ромбической ячей ( $l_k > 2aU_2$ ), а для второй части рачков условие удержания будет иметь вид  $l_k > 2aU_1$ . При взаимодействии же с квадратной ячейей удержанными окажутся, независимо от собственной ориентации, все рачки с длиной карапакса больше внутреннего шага ячей ( $l_k > a$ ). Однако реальный процесс лова далек от аналогии с просеиванием неживых частиц через обычное сито, хотя приведенная выше версия и напоминает его. Гибкость, присущая взаимодействующим объектам криль – сетное полотно, позволяет нам оперировать не жестко фиксированными размерами, а определенными пределами около их величин. В целях развития наших представлений о процессе отсева криля через сетное полотно весь размерный ряд облавливаемых рачков можно поделить на четыре группы: I –  $l_k < 2aU_1$ ; II –  $2aU_1 < l_k < a$ ; III –  $a < l_k < 2aU_2$ ; IV –  $l_k > 2aU_2$ , – которым будут соответствовать средние значения длины криля  $l_1, l_2, l_3$  и  $l_4$ . Тогда удержание для каждой из этих размерных групп составит (%): для трала с квадратной ячейей  $l_1 - 0, l_2 - 0, l_3 - 100, l_4 - 100$ ; для трала с ромбической ячейей  $l_1 - 0, l_2 - 50, l_3 - 50, l_4 - 100$ .

На основании наших рассуждений можно построить графики избирательности, используя значения длины криля  $l_1, l_2, l_3, l_4$  как абсциссы точек, соответствующих средним значениям определенных размерных групп, равномерно распределенных во всем размерном ряду (рис. 33). Полученную ломаную линию избирательности ромбической ячейи можно заменить прямой, проходящей через крайние точки и центр среднего горизонтального участка. Таким образом, в первом приближении мы можем считать эти две наклонные прямые графической интерпретацией наших теоретических представлений об избирательных свойствах сетного полотна крилевых тралов с ячейей квадратной и ромбической форм.

Построим графики селективности для реальных линейных размеров ячейи и экстерьерных характеристик криля. Для фактического раскрытия ( $U_1 = 0,3$ ) продольная и поперечная диагонали ромбической ячейи с шагом 12 мм будут соответственно равны 23 и 7 мм. Из уравнения  $l_k = 0,4l - 2,3$  или соответствующего ему графика (рис. 31) определим реальные размеры криля, аналогичные предельным значениям интервалов длины криля со средними  $l_1, l_2, l_3, l_4$ . Приблизительно они будут равны 25, 35, 45, 55 мм. Аппроксимируя экспериментальные данные прямыми линиями, проходящими через наиболее достоверные точки, соответствующие 25, 50 и 75%-ному удержанию, мы можем сравнить наши теоретические представления с результатами эксперимента (рис. 33).

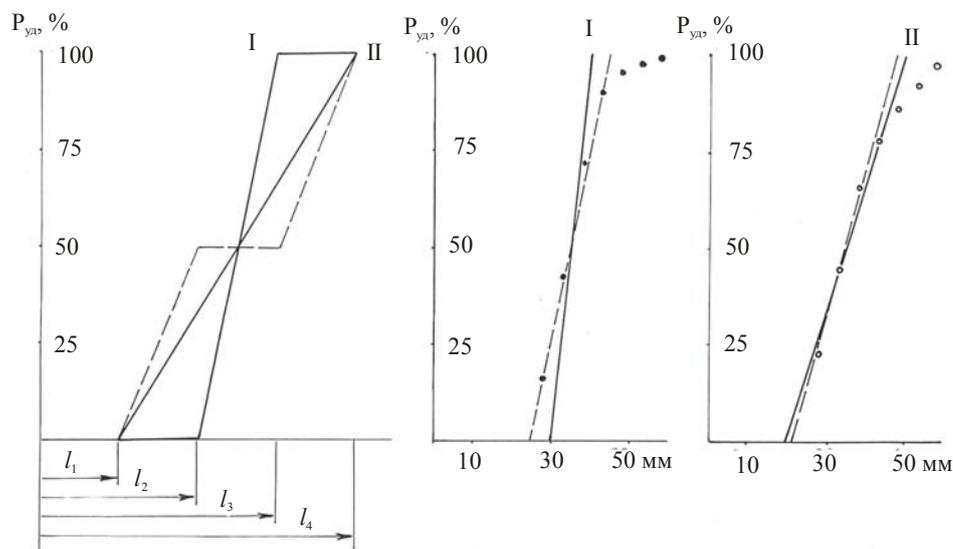


Рис. 33. Линейная аппроксимация теоретических и экспериментальных данных по селективности тралов с ячейей квадратной (I) и ромбической (II) форм

Несмотря на то что линейная аппроксимация в данном случае является приближенной, она дает определенное представление о природе селективности сетных полотен с ячейей различной формы по отношению к крилю, указывая на различия избирательных свойств сетных оболочек с квадратной и ромбической структурами. В плане теоретических исследований и сопоставлений необходимо также отметить, что 50%-ному удержанию соответствует криль с длиной карапакса, равной внутреннему шагу ячейи использованного при его облове сетного полотна. Проводя аналогию с другим представителем ракообразных, такой же вывод можно сделать по результатам наблюдений американских исследователей, получивших значение 50%-ного удержания креветки, соответствующее длине карапакса 18,6 мм, для трала с внутренним размером ячейи 38 мм (шаг – 19 мм) [284].

Из графических представлений механизма отсева криля через ячейю (рис. 31б) очевидно, что диапазон избирательности сетной оболочки с ромбической структурой по отношению к длине карапакса рачков соответствует разности значений фактических коэффициентов ее раскрытия ( $U_2 - U_1$ ). Чем ближе значения продольного и поперечного коэффициентов раскрытия ячейи, тем уже диапазон избирательности, чему соответствуют свойства квадратной ячейи. На основании этих представлений можно сделать вывод о том, что шагом ячейи определяется (и может задаваться) размер рачков, соответствующий 50%-ному удержанию, а диапазон избирательности зависит от формы ячейи. В связи с этим использование орудий лова с квадратной структурой сетных оболочек при облове криля и креветки дает возможность регулировать промысел этих объектов в зависимости от требований, предъявляемых экологическим состоянием популяции, а также требований рынка или технологических требований, предъявляемых к сырью.

Наши рассуждения о взаимодействии криля с сетным полотном можно продолжить в связи с вопросом о жизнеспособности отсеянных рачков. В табл. 12 приведены два показателя, соответствующие содержанию в отсеве живого и травмированного криля. Причем специально выделено содержание в отсеве «рваных» рачков. Судя по характеру травмы, можно с уверенностью сказать, что отторжение карапакса от живота является следствием воздействия нитей ромбической ячейи на рачков, увлекаемых потоком за пределы сетной оболочки трала. Как показали наблюдения за обьячеенным крилем, рачки при прохождении через ячейю ориентированы животом в направлении «вперед». Об этом же свидетельствует преобладающее количество животов в уловителях (в отсеве). Возникает образная аналогия с ножницами: нити ромбической ячейи как бы «стригут» отсеивающихся рачков.

При отсеве криля через ячейю квадратной формы подобного эффекта не происходит. Об этом свидетельствуют, во-первых, абсолютное отсутствие обьячейки сетного полотна с квадратной структурой; во-вторых, отсутствие рваных рачков в уловителях. Дело, очевидно, в том, что на пути криля, выходящего через квадратную ячейю, встречается только одна поперечная нитка, которая при контакте с рачком может служить ему лишь опорой для вращения вокруг нее. При этом зажимающее, удерживающее воздействие нитей на рачка отсутствует.

Положительные результаты наблюдений за жизнеспособностью отсеянного криля дают основание считать, что гибель отсеянных рачков является следствием лишь травматического воздействия нитей сетного полотна, т. е. следствием разрыва рачка, отторжения живота от карапакса. В связи с этим количественная оценка выживаемости отсеянного криля составляет в среднем для трала с ромбической ячейей 62,9%; для трала с квадратной ячейей – 98,8%.

Таким образом, сетная оболочка с квадратной структурой обладает еще одним важным свойством, существенным как с позиции рационального использования биоресурсов, так и с точки зрения воздействия тралового промысла на среду.

### *6.3.5. Особенности производства пищевой продукции из криля*

Содержание травмированного (мятого) криля в улове не является следствием селективных свойств сетного полотна, однако значение этого показателя зависит не только от величины улова (рис. 34). Причина меньшего повреждения криля в траловом мешке, изготовленном из сетного полотна с квадратной структурой, кроется в его геометрических и механических свойствах.

Как известно, под действием продольных нагрузок ромбическая ячейя вытягивается, вызывая поперечное сжатие сетного полотна. Это происходит и с сетным полотном тралового мешка в процессе наполнения его крилем. При выборке мешка с уловом из воды на палубу этот эффект

многократно усиливается. При уменьшении площади сетного полотна уменьшается объем мешка. При этом вода полностью вытесняется и нагрузка от сжатия передается непосредственно на сконцентрированных в цилиндрической части мешка рачков. При выборке мешка на палубу сжимающие нагрузки возрастают настолько, что защитный покров криля не выдерживает, мнется, нарушается целостность хитинового покрова, теряется масса рачков.

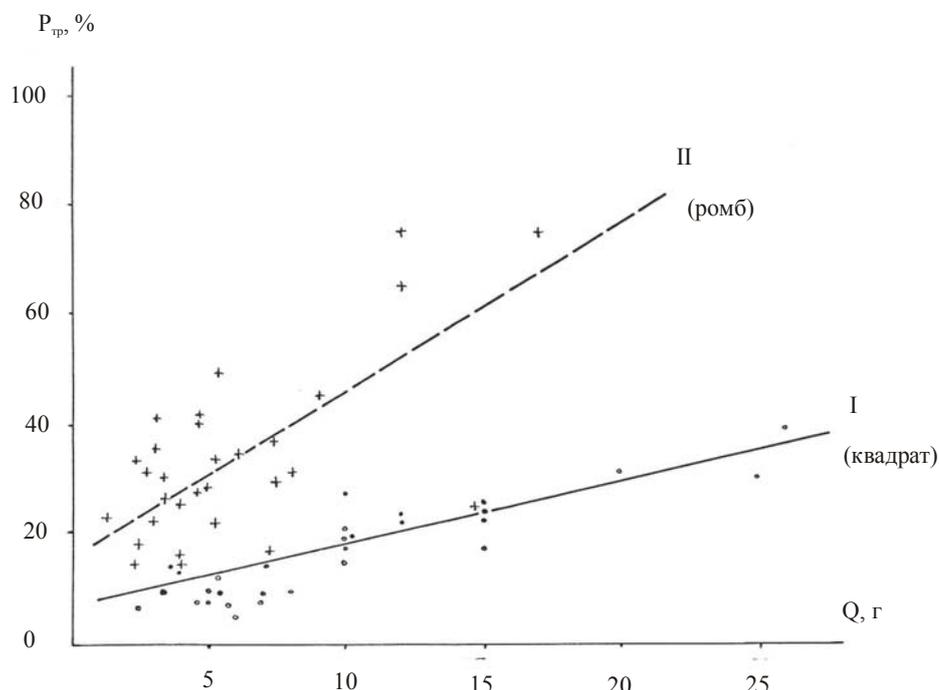


Рис. 34. Влияние величины улова на содержание в нем травмированных рачков

В траловых мешках с ячейей квадратной формы подобного явления не происходит благодаря свойству квадратной структуры сохранять свою форму независимо от распределения нагрузок. Объем такого мешка сохраняется постоянным в процессе всего траления; вода начинает оттеживаться из него только при подъеме по слипу и частично сохраняется даже при полной выборке на палубу. Находясь в водной массе, криль предохраняется от травмирования, а если оно и происходит, то только при непосредственном контакте с сетным полотном.

Выпуск пищевой продукции из криля обеспечивает определенную перспективу развития промысла в антарктических водах, обладающих огромными потенциальными запасами биологического сырья. Эффективность этого производства может быть достигнута только при условии комплексной переработки криля-сырца на высокомеханизированных линиях с максимальным выходом пищевой продукции.

Задачу рационального использования добытого криля можно решить, с одной стороны, совершенствованием технологических процессов и оборудования, с другой – сохранением качества сырца в улове.

Как отмечалось выше, технологическими исследованиями установлено, что существует зависимость выхода чистого пищевого продукта («мяса») от размерного состава обрабатываемого криля и содержания в улове травмированных особей (рис. 34). В связи с этим возникли предпосылки для разработки способа сортировки криля по размерному составу в процессе траления.

В совместных экспедициях ТИНРО – ТУРНИФ (1980–1984 гг.) на НПС «Профессор Дерюгин», БМРТ «Лотос» (БАМР) и УПС «Глобус» были проведены научно-исследовательские работы с производственными испытаниями опытных образцов линий (НЗ-ИЛА и Н6-ИЛА) по получению «мяса» криля для дальнейшего консервного производства. В результате исследований получен большой статистический материал, позволяющий оценить влияние размерного состава и прилова молоди криля на выход и качество «мяса». Выход «мяса», содержание в нем остатков панциря и глаз являются основными показателями качества процесса шелушения – важнейшего в технологическом цикле. Этот процесс предусматривает следующие условия:

- при прохождении через шелушительное устройство панцирь криля должен быть слегка подорван зубьями ротора до состояния, обеспечивающего отделение его от тканей («мяса») при эжектировании;
- через шелушительное устройство не должен проходить недошелушенный криль;
- режим работы шелушительного устройства должен обеспечивать минимальное дробление панциря и тканей.

Выполнение этих условий достигается установкой зазора между ротором шелушительного устройства и подвижными шибберными заслонками на обечайке устройства. Величина зазора зависит от размера криля, направленного на обработку. Согласно ТУ 15–01–467–76 средний размер криля должен быть не менее 39 мм.

Установлено, что на выход «мяса», содержание в нем панциря и глаз весьма существенно влияет наличие большого количества прилова молоди, т. е. особей длиной менее 36 мм, а также еще двух размерных групп: 36–42 мм и свыше 42 мм. При установлении зазора шелушительного устройства на размерную группу до 36 мм более крупный криль, особенно свыше 42 мм, подвергается сильному дроблению. При значительном дроблении панциря головогруды происходит отрыв глаз, которые не отделяются в гидросепараторе от мышечных тканей, а вместе с ними в значительном количестве поступают на виброотделитель, где их количество снижается незначительно. При сильном дроблении тканей выход продукции снижается на 30–40%.

Значительно снижается качество шелушения при поступлении на линию травмированного криля. Деформация панциря рачков происходит от смятия улова в траловом мешке в процессе подъема его на палубу и выливания в бункер. С увеличением массы улова травмированность криля увеличивается. Согласно данным, полученным на УПС «Глобус», при улове 8 т на шелушительное устройство поступает полуфабрикат с содержанием травмированных рачков более 40%.

Параллельно с технологическими исследованиями в Антарктике на судах ТУРНИФ, как отмечалось выше, проводили исследования и по технике добычи криля. В результате экспериментальных работ в реальных условиях промысла криля было установлено, что применение сетного полотна с квадратной формой ячеи в удерживающей части трала и траловом мешке снижает содержание молоди в уловах (табл. 15).

Данные по оценке основных параметров процесса лова показывают, что применение квадратной формы ячеи в траловом мешке обеспечивает улов с более крупным размерным составом криля и уменьшенным содержанием в нем молоди (на 12,4%) по сравнению со стандартным мешком с ромбической ячеей (табл. 15).

Таблица 15

**Некоторые характеристики процесса лова криля с использованием стандартного и экспериментального траловых мешков**

№ п/п	Улов, т/мин	Период лова, мин	Скорость траления, узл	Улов, т	Средний размер криля в улове, мм	Средний размер криля в отсеве, мм	Доля молоди в улове, %
Стандартный 41-метровый мешок с ромбической формой ячеи							
1	0,1	35	2,8	3	36,5	31,8	54,0
2	0,2	20	3,2	5	37,6	29,5	22,8
3	0,2	40	3,0	8	38,8	31,6	20,0
4	0,3	10	3,0	3	40,4	32,6	18,0
5	0,3	14	3,0	4	37,3	29,8	40,8
6	2,2	4	2,9	9	40,8	35,5	7,0
7	2,4	5	2,9	12	39,8	35,4	18,0
Ср.	0,8	18,3	3,0	6,3	38,8	32,3	25,8
Экспериментальный 35-метровый мешок с квадратной формой ячеи							
1	0,1	32	2,9	4	40,8	33,8	20,0
2	0,4	5	3,0	2	40,4	36,9	9,6
3	0,5	10	3,0	5	39,4	35,9	17,0
4	0,6	7	3,0	4	38,3	35,9	21,3
5	0,8	10	2,9	8	38,7	36,2	15,0
6	1,0	5	3,0	5	38,9	36,3	23,0
7	1,4	5	3,0	7	40,7	37,4	15,5
8	1,4	5	3,0	7	43,4	37,2	5,5
9	1,6	5	2,8	8	41,8	38,5	7,1
10	2,2	5	3,0	11	43,5	39,7	2,2
11	2,6	5	2,8	13	42,7	39,0	11,8
Ср.	1,2	8,6	3,0	6,7	40,8	37,0	13,4

Траловый мешок с ромбической формой ячеи в основном играет роль накопителя, в то время как отсев происходит главным образом в конусной (удерживающей) части трала. При использовании тралового мешка с квадратной ячеей распределение отсева значительно изменяется: 60% отсева приходится на цилиндрическую часть, а остальные 40% зафиксированы в конической части.

В 1983 г. на НПС «Мыс Дальний» были проведены сравнительные производственные испытания сетных полотен с квадратной и ромбической формами ячеи на базе стандартного промыслового трала 77,4/202 м. Результаты испытаний подтвердили высокую эффективность использования сетных оболочек тралов и траловых мешков с квадратной структурой.

В 1985 г. на НИС «Профессор Дерюгин» (ТУРНИФ) в результате внедрения разработанного в ТИНРО нового тралового мешка с квадратной структурой оболочки выход пищевой продукции из криля на линии Н6-ИЛА увеличился на 25%.

Подводя итог изложенному в этом разделе сравнительному анализу экспериментального материала, на основании статистических критериев его оценки с достаточной достоверностью можно утверждать, что применение сетного полотна с ячейей квадратной формы (вместо традиционной ромбической) в крилевых тралах обеспечивает увеличение среднего размерного состава уловов, уменьшение содержания молоди и травмированных рачков в улове, оказывает минимальное травмирующее воздействие на отсеивающийся криль, обеспечивая его выживание в процессе селективного отбора. Отмеченные положительные свойства сетного полотна с квадратной структурой особенно хорошо проявляются при облове маломерных объектов промысла и, как главный результат, обеспечивают повышение эффективности производства продукции при минимальном воздействии на экосистему промыслового района.

## Глава 7. СВОЙСТВА СЕТНЫХ ОБОЛОЧЕК С КВАДРАТНОЙ СТРУКТУРОЙ

### 7.1. Особенности оболочечных систем

Разнообразные оболочечные сооружения стали одним из наиболее распространенных инженерных решений многих технических проблем современности. Особое место среди них занимают сетные конструкции, лежащие в основе большинства орудий рыболовства.

С понятием оболочки в первую очередь ассоциируется представление о геометрической поверхности. В науке о прочности материалов – механике деформируемого твердого тела – классификация объектов основана на особенностях их геометрической формы, определяющий признак которой связан с соотношением характерных размеров. Тела, у которых один размер намного меньше остальных, образуют класс оболочек и пластин. Оболочка – это тело, ограниченное двумя криволинейными поверхностями, расстояние между которыми (толщина) мало по сравнению с другими размерами.

Оболочка как геометрическая поверхность характеризуется в любой точке двумя взаимно перпендикулярными радиусами кривизны, которые называются главными радиусами кривизны и обозначаются как  $R_1$  и  $R_2$ .

В теоретических исследованиях принято представлять оболочку ее срединной поверхностью, которую наделяют всеми геометрическими и физическими свойствами, присущими ее толщине.

Один из важнейших показателей, характеризующий свойства оболочки, это отношение ее толщины  $h$  к радиусу  $R$ . В соответствии с этим отношением принято различать тонкие и толстые оболочки. Тонкими, или тонкостенными, оболочками принято считать такие, у которых отношение толщины к радиусу составляет  $1 : 20$  и меньше.

Среди бесконечного многообразия геометрических форм особо выделяют оболочки вращения – цилиндрические, сферические, конические, торообразные и т. д., которые вследствие ряда неоспоримых преимуществ наиболее часто используются в конструктивных решениях. Подобные поверхности получают путем вращения кривых (такие порождающие кривые

называются образующими) вокруг прямолинейной оси. Например, если вращать прямую вокруг оси, то в результате получается цилиндр или конус.

Оболочку вращения можно рассечь плоскостями, проходящими через ее ось и перпендикулярными к ней. Кривые на поверхности, являющейся следом пересечения оболочки с плоскостями, проходящими через ось вращения, называются меридианами. Плоскости, перпендикулярные к оси оболочки, пересекают поверхность вращения по параллельным кругам, соответственно названным параллелями.

Оболочки – это структуры с явно выраженными тенденциями к совмещению функций конструкций. Среди многочисленных функций, выполняемых оболочками в рыболовстве, в первую очередь следует назвать функцию разделения и силовые функции, а среди самых разнообразных свойств – прочность оболочек, без которых невозможно их существование.

*Прочность* – необходимое условие существования любого объекта реального мира. Прочность создаваемых человеком (искусственных) систем, главным образом технических конструкций, определяется умением материализовать современные знания и творческую мысль с помощью конкретных технологий. Современный инженер, вооруженный научно обоснованными методами расчетов, стремится создать конструкцию вполне конкретной прочности, гарантирующей надежность ее функционирования на весь срок службы. При этом наилучшим будет то решение, которое наиболее полно сочетает функциональное совершенство, прочность и экономичность.

Разница между размером тела в нагруженном состоянии  $l$  и его первоначальным размером  $l_0$  называется абсолютной деформацией  $\Delta$ , которая измеряется в единицах длины. Относительное изменение линейного размера  $\varepsilon = \Delta/l_0 \times 100\%$ , которым также пользуются для выражения деформации, – величина безразмерная.

Принято считать, что сетные материалы, применяемые в рыболовстве, состоят из однородных нитей независимо от особенностей их микроструктуры. В связи с этим допущением существует гипотеза об однородности материала. Эта гипотеза играет исключительно важную роль в исследованиях механики сетных оболочек, так как позволяет применять при расчетах прочности конструкций методы математического анализа бесконечно малых величин. На основе этой гипотезы и концепции упругости материала в точке для бесконечно малой площадки внутри тела вводится одно из важнейших в механике понятий – напряжение.

Для более общей характеристики состояния тела в любой точке можно записать, что напряжение  $\sigma$  есть отношение действующей силы  $F$  к площади поперечного сечения  $S$ :

$$\sigma = F/S.$$

Согласно закону Гука связь между нагрузкой и вызванным удлинением (между напряжением и деформацией) прямо пропорциональная, т. е. на любом этапе нагружения материала при его упругом поведении отношение  $\sigma$  к  $\varepsilon$  остается постоянной величиной, называемой *модулем упругости*:

$$E = \sigma/\varepsilon.$$

*Жесткость материала*, или его модуль упругости, можно вычислить, зная напряжение и вызванное им удлинение. Чем больше модуль упругости, тем меньше деформации возникает в материале при одном и том же уровне действующих напряжений. Способность элемента конструкции сопротивляться растяжению – сжатию, т. е. его жесткость, характеризует не только модуль упругости  $E$ , но и площадь поперечного сечения  $S$ . Полная жесткость сечения определяется их произведением. Жесткость сечения является комплексной характеристикой, учитывающей механико-геометрические свойства конструкции.

Особыми свойствами по отношению к воздействию внешних нагрузок обладают криволинейные стержни в форме кольца. Чтобы подчеркнуть принципиальное отличие колец от других видов прямолинейных и криволинейных стержней, их называют *безмоментными*, т. е. не испытывающими изгиба. Из колец можно составить самые разнообразные виды оболочечных конструкций. Однако окружность – не единственная форма, обеспечивающая безызгибное состояние кривых стержней, с геометрической формой оси которых можно согласовать характер действия нагрузок (например, цепная линия, образованная гибкой однородной нитью под действием собственной массы).

Еще одна важная особенность нити – неспособность воспринимать сжимающие усилия. Этим же свойством обладают составленные из отдельных нитей ткани и сетные нитяные конст-

рукции, которые относятся к мягким оболочкам. Их уникальная способность менять свою форму в соответствии с характером нагрузки (распределением поперечного давления) широко используется в природе и технике.

Эффективность оболочек, связанная с кривизной и тонкостенностью, обеспечивается за счет приобретения пространственной жесткости и минимальной массы расходуемого материала. Форма оболочки предоставляет широкие возможности «прочностной адаптации» конструкции к сложным внешним воздействиям.

Частным случаем оболочек как двумерных тел являются плоские элементы – пластины. У них много общего с оболочками в методах расчета напряженного состояния, определяемого тонкостенностью. Но теряя кривизну, пластины теряют и все преимущества, связанные с ней.

Если форма оболочки реализуется в процессе действия растягивающих напряжений, то такая конструкция достаточно перспективна. Материал оболочки растянут, и его прочностные свойства используются полностью.

Совсем по-другому тонкостенность проявляется при сжатии. Внешние силы по-прежнему эффективно трансформируются в постоянные по толщине напряжения, но уровень критических напряжений потери устойчивости для такой оболочки невысок и определяется именно ее тонкостенностью: чем тоньше оболочка, тем ниже уровень критических напряжений. Они могут быть во много раз меньше, чем предел прочности материала – все зависит от отношения толщины оболочки к радиусу кривизны.

За счет создания специальных типов оболочечных конструкций удастся справиться с проблемами устойчивости тонкостенных систем. Это достигается путем компоновки проектируемой системы таким образом, чтобы максимальное количество ее элементов работало на растяжение.

В силу конструктивных особенностей оболочек и условий их функционирования геометрические размеры и характер нагружения, а следовательно, и напряженно-деформированное состояние могут меняться самым непредвиденным образом. Это, в свою очередь, определяет характер возникающих напряжений и вызываемых ими деформаций как в направлении параллели, так и в направлении меридиана. Поэтому, когда применительно к оболочкам говорят о напряженно-деформированном состоянии, подразумевают в первую очередь характер изменения напряжений и деформаций по поверхности.

Распределение нормальных напряжений по толщине оболочки большим разнообразием не отличается. Это могут быть напряжения, вызванные действием изгибающих моментов и растягивающих или сжимающих усилий. В плоскости сечения возникают также касательные напряжения, которые могут действовать как перпендикулярно срединной поверхности, так и параллельно ей. Эти напряжения в сечении приводят к крутящим моментам и сдвигающим усилиям. Однако в общих случаях они не являются определяющими.

Для тонкостенных конструкций к числу прочностных ограничений относятся недопустимость разрыва материала, образования пластических складок, ограничения прогиба – все зависит от назначения конструкции. Поле напряжений и деформаций оболочки оказывается очень сложным, а главное, часто сильно трансформирующимся не только при изменении характера нагрузки, но и при ее увеличении. Поэтому очень важно выделить типы напряженно-деформированных состояний, оценить их «опасность» с ростом нагрузки и, что особенно важно для проектирования, указать пути создания в конструкции благоприятного напряженного состояния или же, наоборот, возможности подавления нежелательных деформаций.

Наиболее простым и благоприятным для конструкции состоянием является безызгибное, или безмоментное, состояние, когда напряжения постоянны по толщине. Для этого требуются плавность изменения формы срединной поверхности и распределения внешних нагрузок, отсутствие ребер, особые условия закрепления краев и т. д.

Альтернативным к безмоментному является чисто моментное, или изгибное, состояние. Такая деформация характерна для пластины или части цилиндрической оболочки при нагружении изгибающими моментами, распределенными вдоль прямолинейных кромок.

Обе упомянутые схемы, несмотря на чрезвычайную сложность их практической реализации, тем не менее могут оказаться полезными. Например, при проектировании оболочек малого прогиба для упрощения вычислений можно рассчитать порознь напряжения, порожденные растяжением и изгибом, а потом суммировать их.

Возмутителями безмоментного состояния оболочек являются: изменения нагрузки, связанные с их неравномерным распределением по поверхности; нарушения сплошности оболочки;

изломы, возникающие при стыковке; всевозможные подкрепления, а также характер закрепления краев оболочки. Однако благодаря тонкостенности оболочки и ее необычайной гибкости сильноизгибное состояние развивается лишь в малой окрестности приложения силы. При удалении от зоны возмущения изгибные напряжения быстро затухают, и напряженное состояние вновь становится безмоментным. При этом чем тоньше оболочка или чем она гибче, тем быстрее затухает изгибное состояние.

Если зона изгиба опасна, но мала, следует подкрепить оболочку именно в этой зоне. Свободный край, создающий разрыв на поверхности оболочки, необходимо усилить, подкрепить окантовкой. В любом случае требуется сделать местное утолщение, ужесточить оболочку, выравнять поле напряжений.

Очень сложные проблемы приходится решать при увязке и закреплении оболочки в общей системе взаимодействующих конструкций. Одна из таких непростых задач – передача сосредоточенных усилий. В местах крепления на оболочку действуют большие сосредоточенные усилия, которые и являются причиной возникновения в оболочке ярко выраженного изгибного напряженного состояния.

Решение этой задачи находят с помощью различного рода подкрепляющих элементов, позволяющих рассредоточить усилия и тем самым выравнять напряженное состояние, доведя его до безмоментного, равномерно распределенного по сечению оболочки.

Новое направление в науке конструирования материалов, возникшее лишь несколько десятилетий назад, связано с созданием композитов. Композит – это материал, составленный из нескольких различных по своей природе компонентов (фаз) так, что граница между ними ощущается. В композитах каждый компонент имеет свои свойства, свое назначение, а весь материал в целом приобретает новые характеристики, отличные от составляющих его компонентов. Выполняющий роль силового остова компонент называют *наполнителем*, а компонент, соединяющий весь материал в единое целое, – *связующим*. Материалы с высокопрочным ориентированным наполнителем (армированные композиты) – важнейший и самый распространенный ныне вид композиционных конструкционных материалов. Среди них лидируют стеклопластики.

Композиты привлекательны для конструктора еще и тем, что они дают необычайный простор для творчества. С помощью композитов стало реальным создание материалов с заданными свойствами, а отсюда прямая дорога к проектированию оптимальных конструкций с минимальной массой. Подбирая различные полимерные или металлические связующие, по-разному располагая армирующие волокна, можно получить материал с заданными свойствами, максимально соответствующий потребностям, условиям работы изделия.

Основу прочности любого инженерного сооружения составляет скелет конструкции, состоящий из элементарных геометрических форм прямолинейных и криволинейных стержней, пластин и оболочек. Именно скелет определяет способность того или иного объекта сопротивляться действию внешних нагрузок, а поэтому с ним связана основная расчетная схема.

Приступая к разработке новой конструкции, необходимо определить в рассматриваемом объекте самое главное и решить поставленную задачу, используя минимально необходимый математический аппарат. На помощь проектировщику в этом случае приходят методы анализа прочности оболочечных конструкций из раздела механики под названием «Теория оболочек». Прогрессивное развитие передовых отраслей науки и техники привело к созданию и совершенствованию эффективных методов расчета оболочечных конструкций, позволяющих широко использовать их как легкие, прочные и технологичные.

Если инженер, анализируя силовую схему, по каким-то причинам не может произвести ее точный расчет, то из двух возможных вариантов он выбирает тот, который обеспечивает наиболее надежную работу проектируемого объекта, т. е. вариант с большей прочностью. Отсюда и берет свое начало источник избыточной массы, порождающий несовершенство всей конструкции.

Создание новых расчетных схем приводит порой к коренному изменению во взглядах на поведение конструкции в процессе нагружения и, как следствие, к снижению ее материалоемкости, т. е. улучшению проектных характеристик. В этом заключается одно из важнейших направлений поиска конструктивных решений на качественно новом уровне.

В природе встречается множество разнообразных форм, в основу которых заложены оболочечные структуры. Наметившаяся устойчивая тенденция создания промышленных конструкций на основе заимствования решений у живой природы открывает необозримые горизонты для конструирования в будущем. Среди всех видов оболочечных конструкций, созданных природой

и взятых на вооружение человеком, цилиндрическая и коническая поверхности являются уникальными. Именно цилиндрическая и коническая оболочки сегодня являются наиболее распространенными формами, применяемыми для разных целей в рыболовстве. Раскрой материала и последующий процесс изготовления конструкций в форме цилиндра и конуса требуют минимума технологических средств.

Использование цилиндрических и конических оболочек в рыболовстве связано, как правило, с нагружением их в процессе эксплуатации внутренним избыточным давлением. В силу осесимметричности контура поперечного сечения именно этот вид нагружения является наиболее рациональным, так как в оболочке реализуется безмоментное напряженное состояние, а следовательно, и наиболее полно используется материал конструкции. С указанной симметрией связан и характер разрушения цилиндрической и конической оболочек при достижении предельного значения внутреннего давления.

Обозначим радиус, длину и толщину цилиндрической конструкции соответственно через  $R$ ,  $L$  и  $h$ , а внутреннее давление через  $q$ .

Для определения напряжений, возникающих в сечениях, перпендикулярных оси цилиндра, рассмотрим равновесное состояние полуоболочки, изображенной на рис. 34.

Внутреннее давление стремится оторвать одну часть от другой с усилием  $T_1 = q\pi R^2$ . В стенке оболочки возникнут равномерно распределенные напряжения  $\sigma_1$ , которые определяют результирующее усилие  $N_1 = \sigma_1 2\pi R h$ .

Из условия равновесия рассматриваемой отсеченной части оболочки следует, что  $T_1 = N_1$ , или  $q\pi R^2 = \sigma_1 2\pi R h$ . Из этого равенства можно найти величину возникающих напряжений:

$$\sigma_1 = \frac{qR}{2h}.$$

Далее рассмотрим равновесное состояние части оболочки, отсеченной плоскостью, которая проходит через ось симметрии. Усилие  $T_2$ , стремящееся оторвать одну часть от другой, определяется произведением давления  $q$  на площадь диаметрального сечения  $2RL$ , т. е.  $T_2 = q2RL$ .

Напряжения в стенке цилиндрической оболочки определяют уравнивающее усилие  $N_2$ , заменяющее действие отсеченной части:  $N_2 = \sigma_2 2Lh$ .

При определении усилий  $T_2$  и  $N_2$  не принимались во внимание торцевые участки. Предполагается, что длина оболочки произвольна и всегда с достаточной степенью точности можно выделить ее среднюю часть, для которой справедливы приведенные зависимости. Все же особенности, связанные с деформированием в зонах, прилегающих к торцам, должны быть учтены при проведении специальных, более точных расчетов.

Условия равновесия системы, очевидно, будут выполняться, если  $T_2 = N_2$ , а следовательно,  $q2RL = \sigma_2 2Lh$ , откуда можно найти действующие напряжения:

$$\sigma_2 = \frac{qR}{h}.$$

Из полученных выражений следует, что возникающие напряжения не зависят от длины цилиндрической оболочки, что не противоречит сделанным на этом основании исходным предположениям. Главный же результат приведенных выкладок заключается в том, что в стенке цилиндрической оболочки возникают напряжения, действующие в двух взаимно перпендикулярных направлениях: в кольцевых  $\sigma_1$  и меридиональных  $\sigma_2$ .

Если мысленно представить элемент оболочки, выделенный двумя меридиональными и двумя параллельными сечениями, то он будет напряжен так, как показано на рис. 35. Строго говоря, на стенки оболочки действуют усилия и в направлении, перпендикулярном к поверхности, однако их величина в  $R/h$  раз меньше, чем наибольшие напряжения  $\sigma_1$  и  $\sigma_2$ . Это значит, что напряжения можно не принимать во внимание при расчетах на прочность. Из сравнения выражений для  $\sigma_1$  и  $\sigma_2$  следует, что кольцевые напряжения в стенке цилиндрической оболочки в два раза больше меридиональных. Поэтому можно с полной уверенностью утверждать, что ее разрушение произойдет строго вдоль меридиана, причем с равной возможностью в любом (наиболее слабом в этом направлении) сечении.

Приведенные формулы в равной степени справедливы при расчете любых цилиндрических систем, нагруженных равномерным внутренним давлением. Они применяются в инженерных расчетах при определении необходимых характеристик материала как простейших, так и

сложных оболочечных конструкций. Выражения для кольцевого и меридионального напряжений можно найти в любой специальной литературе по теории расчета прочности оболочек, где они выводятся из самых общих зависимостей.

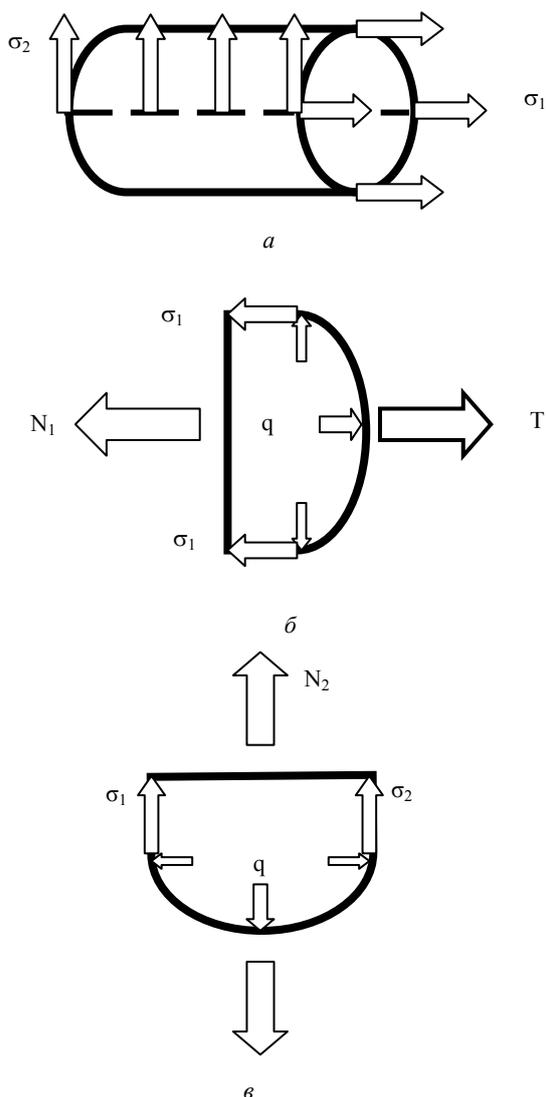


Рис. 35. Общие схемы распределения сил и напряжений в цилиндрических оболочках:  
 а – продольные  $\sigma_1$  и окружные  $\sigma_2$  напряжения в цилиндрической оболочке;  
 б – условие равновесия при определении продольных напряжений;  
 в – условие равновесия при определении окружных напряжений

В этом выражении отражено (знак «минус» перед вторым членом), что напряжения  $\sigma_2$  вызывают уменьшение деформации в направлении  $\sigma_1$ .

Используя приведенные выше выражения для  $\sigma_1$  и  $\sigma_2$ , получим уравнение

$$\varepsilon_1 = \frac{qR}{2hE}(1 - 2\nu).$$

Для большинства материалов, используемых в технике, коэффициент Пуассона соответствует 0,3–0,35. Для биологических объектов его значение несколько выше – 0,5. Поэтому в биологических системах за счет компенсирующего воздействия поперечных напряжений продольные деформации сведены к минимуму и не столь ощутимы.

Мягкими принято называть оболочки, изготовленные из материалов, имеющих практически нулевую жесткость на изгиб и сдвиг. Такие материалы не способны сопротивляться сжатию.

Способность материала упруго деформироваться и восстанавливать первоначальную форму после снятия нагрузки была обнаружена французским ученым Пуассоном, который также установил, что отношение поперечной деформации к продольному удлинению для каждого материала в пределах упругих деформаций является постоянной величиной.

Если окружное напряжение в цилиндрической оболочке вдвое больше осевого напряжения, то деформации, согласно закону Гука, должны подчиняться той же пропорции: окружная деформация должна быть вдвое больше осевой. В таком случае из расчетов следует, что даже небольшому увеличению или уменьшению диаметра будет соответствовать значительное осевое удлинение или укорочение. В биологических системах подобных существенных изменений под влиянием внешних факторов не происходит благодаря четко отлаженным системам управления. С помощью коэффициента Пуассона можно объяснить суть этого регулирования.

Если в продольном направлении оболочки действуют напряжения  $\sigma_1$ , то удлинение в этом направлении  $\varepsilon_1$  будут происходить согласно закону Гука:  $\varepsilon_1 = \sigma_1/E$ . Если одновременно в поперечном направлении оболочка испытывает деформации  $\varepsilon_2$ , то коэффициент Пуассона  $\nu = \varepsilon_2/\varepsilon_1$ .

Следовательно, если элемент цилиндрической оболочки одновременно нагружается в двух направлениях, то деформации будут определяться как суммарный результат действия обоих напряжений. При одновременном действии напряжений  $\sigma_1$  и  $\sigma_2$  деформации в направлении действия  $\sigma_1$  определяются уравнением

$$\varepsilon_1 = \frac{\sigma_1 - \nu\sigma_2}{E}.$$

Зато они имеют высокие прочностные показатели при работе на растяжение. Их высокая удельная прочность позволяет эффективно решать проблему материалоемкости. Мягкая оболочка не имеет собственной формы в исходном состоянии. В рабочее положение она приводится за счет предварительного натяжения.

Основной принцип формообразования мягкой оболочки связан со стремлением конструкции под действием внутреннего давления принять такую форму, которая соответствует наибольшему объему. В материале оболочки возникают растягивающие напряжения, образующие вместе со средой самоуравновешенную систему, в которой формообразующая оболочка растянута, а находящийся внутри воздух или вода сжаты. Величина избыточного давления определяется с учетом того, чтобы в оболочке или мембране при любых внешних воздействиях и нагрузках возникали только растягивающие напряжения. Таким образом, внутреннее давление порождает необходимую жесткость.

Воздухонесомыми конструкциями называются мягкие замкнутые оболочки, работоспособность которых обеспечивается за счет давления в их полости. Воздухонесомые конструкции в виде стоек, балок, арок, панелей способны сопротивляться сжатию и изгибу. С точки зрения расхода материала пневматические конструкции вне конкуренции. То же можно сказать и об оболочках, работающих в водной среде.

При заданных внешних нагрузках и определенном избыточном давлении мягкая оболочка принимает единственно возможную равновесную форму. Поскольку в процессе эксплуатации внешние нагрузки непостоянны, разнообразны по проявлениям, искусство проектировщика заключается в поиске таких форм оболочек, при которых все нежелательные изменения формы в виде складок, морщин и перекосов при всех вариантах нагружения будут проявляться в наименьшей степени.

Как всякий принципиально новый вид сооружений, основанный на нестандартных конструктивных решениях, пневматические оболочки имеют характерные особенности. Они определяются физическими и геометрическими характеристиками мягких построений, наполненных воздухом. Для тектоники мягких оболочек свойственны такие отличительные черты, как крупные, выпуклые и большей частью единые объемы, отсутствие плоских поверхностей и угловатых форм, а также членение общих объемов на более мелкие в результате перегибов поверхностей канатами, тросовыми сетями, диафрагмами или точечными оттяжками.

Создавая «воздушные» конструкции, важно знать пределы, в которых можно реализовать творческие идеи проектанта. В реальных условиях природа автоматически исправит ошибки конструктора, но после этих «корректировок» сооружение скорее всего приобретет отрицательные черты как во внешнем виде, так и в силовом отношении.

Из класса воздухоопорных конструкций в рыболовстве достаточно широко применяются паруса, купола и крылья, причем два последних подкласса работают исключительно в водной среде, выполняя функции, свойственные гибким оболочкам. Аналогично работают в воде сетные конструкции буксируемого типа и установленные на течении.

Купола могут иметь различную форму: круглую, прямоугольную, сферическую, коническую и др. Форма купола влияет в основном только на его динамические качества, в том числе на коэффициент сопротивления и устойчивость. Эксплуатационные же характеристики зависят не только от формы, но и от площади, особенностей раскроя ткани и ее прочностных качеств.

Классическим представителем куполов является парашют. Купол его изготавливают из специального парашютного полотна, обладающего высокой прочностью, непроницаемостью и, что обязательно для подобного вида конструкций, малой удельной прочностью. Купол обычного парашюта имеет круглую форму и разделен на четыре сектора, каждый из которых сострочен швами «в замок» из полотнищ прямого края, образуемых радиусами, ограничивающими секторы, и хордами окружности.

Давление во внутренней поверхности купола распределяется неравномерно и зависит от угла между направлением скорости движения парашюта, т. е. набегающего потока воздуха, и перпендикуляром к поверхности купола. Чем меньше этот угол, тем больше давление. Для уменьшения неравномерности распределения усилий и стабилизации купола в потоке предусмотрено полюсное отверстие в его центральной части.

Как только купол раскроется и наполнится воздухом, он растянет и силовой каркас. Под действием массы груза или другого объекта, чье движение необходимо замедлить, натянутся и стропы, уравновесившая всю систему. При этом они стремятся стянуть к центру ленту, обрам-

ляющую нижнюю кромку купола. Воздушный же поток, наоборот, наполняя чашу купола, растягивает нашитую на него ленту. В противодействии растягивающих усилий, испытываемых лентой купола под действием воздушного потока, и сжимающих усилий, возникающих в той же ленте, но уже от действия строп, перевес оказывается на стороне купола. При этом стропы, вызывая усилия противоположной направленности, несколько облегчают нагружение края купола. Так из мягких тканей возникает достаточно жесткий каркас и напряженный купол, представляющие собой в совокупности идеальную пространственную систему без сжатых элементов, работающую только на растяжение.

Среди мягких оболочек конструкции типа крыла с авиационным профилем занимают особое место. Эта растянутая давлением система из мягких тканей может удачно сочетать в себе свойства воздухоопорных и воздуховесомых конструкций. Именно на этой комбинации и основано нестандартное решение: создавая форму, давление не только обеспечивает жесткость конструкции, но и порождает новое свойство формы – аэродинамическую подъемную силу, возникающую за счет использования набегающего потока.

## 7.2. Геометрия сетных оболочек

Проектирование технических средств рыболовства, как и любое проектирование, связано с созданием прагматических моделей будущих систем с желаемыми свойствами. Класс сетных орудий лова основан на моделях оболочечных систем в виде геометрических поверхностей, а также на математических моделях силового взаимодействия в оболочках, определяющего форму этих поверхностей и их прочность в различных условиях нагружения.

В реальных условиях взаимодействия с водной средой мягкие сетные оболочки меняют форму своей поверхности в пределах, обеспеченных прочностью материалов, из которых они изготовлены. При необходимости эти пределы можно определить и учитывать при проектировании. В большинстве же случаев разработчики пользуются лишь плоскими геометрическими фигурами, а при расчетах прочности – моделированием предельных нагрузок.

Ранее мы обращали внимание на то, что существующие методы раскроя сетных деталей на плоскости заведомо искажают проектируемую поверхность пространственных форм [108]. Фактически разработчик, используя плоские модели, может только предполагать, какую форму будет иметь спроектированное им орудие лова в реальных условиях. Такая неопределенность усугубляется геометрическими и механическими свойствами ромбической структуры сетных оболочек, традиционно используемых в рыболовстве.

В достаточной степени проблема формоизменяемости сетных оболочек во взаимодействии со средой, особенно при их буксировке, решается путем приведения структуры оболочки в соответствие со структурой силового взаимодействия по всей ее поверхности. Исследования показали, что такому соответствию удовлетворяют квадратная структура взаимного пересечения нитей – для цилиндрических оболочек и трапецеидальная – для конических.

Проектирование сетных оболочек на основе применения моделей криволинейных поверхностей также приблизит реальный объект к желаемому результату и даст возможность работать с этим объектом на более достоверном уровне. Набор таких поверхностей, достаточно полно описанных классической геометрией, сравнительно небольшой. Для целей рыболовства вполне можно ограничиться поверхностями 2-го порядка. Это прежде всего цилиндр и конус, но можно задавать и более сложные формы, например: эллиптический цилиндр, гиперболический параболоид, однополостный гиперболоид, эллипсоид.

Форма цилиндрической оболочки определяется ее параллелями (направляющими) и меридианами (образующими), параллельными оси симметрии. Поверхность эллиптического цилиндра описывается уравнением

$$\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} = 1,$$

а прямой круговой цилиндр получается при равенстве полуосей радиусу направляющей окружности ( $a = b = R$ ), т. е.

$$x^2 + y^2 = R^2.$$

Конус имеет вершину в начале координат, а его направляющей может быть эллипс, плоскость которого перпендикулярна оси симметрии и находится на расстоянии  $c$  от начала координат:

$$\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} - \frac{z^2}{c^2} = 0.$$

При равенстве полуосей эллипса ( $a = b$ ) будем иметь прямой круговой конус.

Конические оболочки орудий лова в реальных условиях могут принимать форму гиперболического параболоида или однополостного гиперболоида, но могут быть и заданы в форме этих поверхностей в процессе проектирования.

Их уравнения соответственно имеют вид

$$z = \frac{x^2}{a^2} - \frac{y^2}{b^2} \quad \text{и} \quad \frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} - \frac{z^2}{c^2} = 1.$$

Не исключено, что сетная оболочка может быть задана в форме эллипсоида или его части:

$$\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} + \frac{z^2}{c^2} = 1.$$

При этом если  $a = b > c$ , то эллипсоид вращения будет сплюснутым, а если  $a = b < c$  – то вытянутым. Очевидно, при равенстве полуосей получим сферу:

$$x^2 + y^2 + z^2 = R^2.$$

И, наконец, любая поверхность 2-го порядка в пространстве, которая может быть использована в качестве модели сетной оболочки орудия лова, имеет множество точек, координаты которых удовлетворяют уравнению

$$a_{11}x^2 + a_{22}y^2 + a_{33}z^2 + 2a_{12}xy + 2a_{13}xz + 2a_{23}yz + 2a_{14}x + 2a_{24}y + 2a_{34}z + a_{44} = 0.$$

В матричной форме это уравнение примет вид

$$rAr^T + 2ar^T + a_{44} = 0,$$

где

$$r = (x, y, z), \quad A = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \end{bmatrix}, \quad a = (a_{14}, a_{24}, a_{34}) (A \neq 0).$$

Поверхность оболочки в трехмерном пространстве можно задать в явной, неявной, параметрической и векторной формах. Например, совокупность уравнений, записанную в параметрической форме

$$x = x(u, v), y = y(u, v), z = z(u, v); (u, v) \in G,$$

можно записать в векторной форме

$$r = r(u, v); (u, v) \in G,$$

при этом  $r = xi + yj + zk$  будет означать радиус-вектор точки поверхности  $M(x, y, z)$ , т. е.

$$r(u, v) = x(u, v)i + y(u, v)j + z(u, v)k.$$

Если поверхность задана в векторной форме и  $u = u(t), v = v(t)$ , то  $r = r(t) = r(u(t), v(t))$  представляет собой кривую на поверхности, а дифференциал длины дуги будет иметь вид

$$ds^2 = (dr)^2 = Edu^2 + 2Fdudv + Gdv^2.$$

Правую часть этого выражения принято называть первой квадратичной формой поверхности. Если поверхность задана в виде  $z = z(x, y)$ , то

$$E = 1 + \left( \frac{\partial z}{\partial x} \right)^2, \quad F = \frac{\partial z}{\partial x} \frac{\partial z}{\partial y}, \quad G = 1 + \left( \frac{\partial z}{\partial y} \right)^2.$$

Длина дуги кривой  $r = r(u(t), v(t))$  на поверхности между точками, соответствующими значениям параметра  $t_0$  и  $t$ , определяется по формуле

$$s = \int_{t_0}^t ds = \int_{t_0}^t \sqrt{E \left( \frac{du}{dt} \right)^2 + 2F \frac{du}{dt} \frac{dv}{dt} + G \left( \frac{dv}{dt} \right)^2} dt.$$

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

Для описания поверхностей сетных оболочек и пластин пользуются первой квадратичной формой [37], которая имеет вид

$$dl^2 = Adu^2 + Bdv^2.$$

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

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

Однако результаты исследований оболочек вращения, полученные В.Д. Кулагиным [72, 73], показывают, что континуальный метод расчета можно применять, когда шаг ячеи составляет менее 20–25% от длины сети в гугте. Поэтому для расчета крупноячейной и канатной частей трала больше подходит дискретная модель сетной оболочки вращения, предложенная В.И. Габрюком [37], основными элементами которой являются нити, образующие ромбическую ячею, и узел их соединения. Эта модель позволяет производить расчеты геометрических характеристик сетных оболочек орудий лова и исследовать их статику.

### 7.3. Особенности геометрии сетных оболочек с квадратной и трапецидальной структурами

Материальную основу сетных оболочек большинства орудий лова составляют гибкие связи или нити, взаимное пересечение которых образует их структуру. Элементом структуры сетной оболочки является ячея, определяющая ее геометрические, механические и избирательные свойства. Из множества вариантов формы ячеи в практике рыболовства в основном используется ромбическая. Эта форма ячеи является классической и применяется во всех существующих сетных орудиях лова. Однако если в объеживающих орудиях такая форма ячеи выполняет основную функцию – удерживает рыбу – и иная форма здесь исключена, то в отцеживающих, где объеживание рыбы в сетном полотне нежелательно, может быть использована и другая форма ячеи, например квадратная.

Ромбическая ячея в частном случае также имеет форму квадрата, однако в теории рыболовства и технической документации под квадратной принято понимать такую форму, которая получается от пересечения взаимно перпендикулярных нитей, направленных вдоль продольных и поперечных образующих сетного полотна (ОСТ 15–246–81).

При рассмотрении геометрических свойств сетного полотна за основу взяты теоретические представления, полученные для классической формы ячеи.

Форму ромбической ячеи как элемента сетной оболочки определяют посадочные коэффициенты. Они связаны с геометрическими характеристиками ячеи следующим образом:

$$U_1 = \frac{X}{a} = \sin \varepsilon,$$

$$U_2 = \frac{Y}{a} = \cos \varepsilon,$$

где  $U_1$  и  $U_2$  – горизонтальный и вертикальный посадочные коэффициенты:

$2X$  и  $2Y$  – горизонтальная и вертикальная диагонали ячее;

$a$  – шаг ячее;

$2\varepsilon$  – угол раскрытия ячее.

Взаимосвязь посадочных коэффициентов выражается уравнением

$$U_1^2 + U_2^2 = 1 .$$

Совокупность ячее и образующих их нитей составляет сетное полотно. Для каждого конкретного орудия лова форма сетевого полотна задается определенными проектными параметрами.

Кроме посадочных коэффициентов и шага ячее параметры сетевого полотна в конкретном орудии лова задаются размерами его гибкого или жесткого каркаса  $l$  и  $h$ , длиной в жгуте  $L$  и  $H$ , фиктивной площадью  $S_\phi$  и площадью в посадке (действительной):

$$S = lh = LHU_1U_2 = S_\phi U_1U_2 = 4mna^2U_1U_2 ,$$

где  $m$  и  $n$  – соответственно количество ячеей по длине и высоте сетевого полотна.

Для сетевого полотна, в основе которого лежит «жесткая» квадратная ячей, таких понятий, как посадочные коэффициенты, длина в жгуте и фиктивная площадь, не существует. Для геометрической характеристики такого полотна достаточно иметь шаг ячее, размеры каркаса (или ограничивающих кромок) и действительную площадь, определяемую по формуле

$$S = lh = mna^2 .$$

В некоторых случаях произведение посадочных коэффициентов заменяют отношением действительной площади к фиктивной, называя получаемую величину коэффициентом использования сетевого полотна:

$$\lambda = \frac{S}{S_\phi} = U_1U_2 .$$

Выражая этот коэффициент через угол раскрытия ячее, получим:

$$\lambda = \frac{1}{2} \sin 2\varepsilon ,$$

откуда следует, что  $\lambda$  имеет максимальное значение при  $2\varepsilon = 90^\circ$ , т. е. в том случае, когда ячей примет форму квадрата и достигнет максимальной площади.

При проектировании орудий лова, и особенно при анализе их действительных параметров эффективность использования материалов удобнее оценивать отношением действительной площади к максимально возможной для данной структуры [14, 15]:

$$\lambda' = \frac{S}{S_{\max}} = \frac{S}{S_{0,707}} .$$

Этот показатель назван нами коэффициентом наполнения оболочки [11, 27, 91, 94, 108]. Выраженный в процентах, этот коэффициент будет иметь максимальное значение  $K_{\max} = 100\%$  для ромбической структуры при  $U_1 = U_2 = 0,707$ .

С коэффициентом использования сетевого полотна тесно связан показатель  $S_n$  (площадь ниток), характеризующий материалоемкость сетной оболочки:

$$S_n = S \frac{d}{a} \frac{1}{U_1U_2} .$$

В свою очередь, материалоемкость оболочки определяет гидродинамическое сопротивление орудия лова:

$$R_x = C_x \frac{\rho V^2}{2} S_n .$$

Таким образом, наименьшей материалоемкостью и наименьшим гидродинамическим сопротивлением при прочих равных условиях будет обладать орудие лова, обеспечивающее условие  $U_1 U_2 = \max$ .

Однако в реальных условиях под действием внешней силы  $R_1$ , растягивающей ячею в продольном направлении, возникает поперечная сжимающая сила  $R_2$ :

$$\frac{R_1}{R_2} = \frac{1}{tg^2 \varepsilon} = \left( \frac{U_2}{U_1} \right)^2 = \frac{1 - U_1^2}{U_1^2},$$

т. е. линейная деформация ячеи вдоль оси  $x$  вызывает деформацию по оси  $y$  и наоборот. Следовательно, в орудиях лова с ромбической структурой оболочки и не имеющих жесткого каркаса обеспечить максимальное использование материалов практически невозможно.

Известно, что взаимодействия между продольными и поперечными натяжениями в нитях не будет, если их расположить вдоль и поперек сети, например вдоль меридианов и параллелей, образующих сетную оболочку трала [15, 151]. В этом случае на цилиндрических участках ячея примет форму квадрата, а на конических – форму трапеции.

Кроме Ф. И. Баранова, давшего теоретическое обоснование геометрическим свойствам квадратной ячеи как элемента структуры сетного полотна, находящегося под действием внешних сил, вопросу исследования эффективности применения ячеи с квадратной формой уделялось лишь эпизодическое внимание.

Свойства гибких оболочек с ромбической структурой, глубоко изученные теоретически, определенные многочисленными экспериментами и наблюдениями в практике, убедительно показывают, что далеко не во всех орудиях лова (может быть, только в объецаивающих) ромб как элемент структуры сетного полотна отвечает их техническим и промышленным требованиям, а также требованиям рационального рыболовства. Однако до недавнего времени промышленность ориентировалась только на производство делей с ромбической структурой, обеспечивая изготовление всех без исключения сравнительно примитивных в конструктивном отношении орудий лова.

Наличие проблемы, вызванной использованием делей с ромбической структурой, обусловлено многими факторами. Например, в тралах это неудовлетворительная избирательность лова и неучтенная гибель огромного количества объецаивающихся рыб и других объектов, большая материалоемкость, формоизменяемость оболочки в реальных условиях, которую трудно формализовать при теоретических исследованиях, в процессе проектирования и других соответствующих расчетах.

При теоретическом рассмотрении геометрии сетной оболочки трала некоторым особенностям ее наполнения можно найти объяснение и обосновать наилучшее конструктивное решение.

При буксировке трала его оболочка от устья до тралового мешка имеет усеченную коническую поверхность. Если такую поверхность развернуть на плоскость, как показано на рис. 36, то в идеале она должна представлять собой развертку усеченного конуса.

При изготовлении трала детали его оболочки выкраивают на плоскости в форме трапеции из прямоугольных пластин дели. В некоторых случаях конусную часть трала набирают из прямоугольных пластин с последовательным плавным уменьшением шага ячеи. Сопоставляя такие детали с теоретической разверткой конуса, соответствующей необходимым (заданным) параметрам трала, можно убедиться в том, что площадь и форма деталей не отвечают требуемым, т. е. в рабочем состоянии оболочка, сформированная из таких деталей, не достигнет проектных параметров.

В формальном выражении площади рассматриваемых фигур могут быть представлены следующим образом:

$$\text{для трапеции} \quad S_T = h_T \frac{b + b'}{2};$$

$$\text{для поверхности усеченного конуса} \quad S_K = h_K \frac{C + C'}{2}.$$

Очевидно, приближая большое ( $b$ ) и малое ( $b'$ ) основания трапеции к соответствующим дугам развертки ( $C, C'$ ), можно добиться минимальной разницы между площадями этих фигур.

Для этого на практике при формировании конусной оболочки разноглубинного трала выкраивают четыре, шесть или восемь пластин. Однако существенного эффекта при этом не дости-

гается, поскольку в ромбической структуре действительные геометрические характеристики элемента конической оболочки, а вместе с тем и ее действительная площадь в большей степени зависят от механического фактора.

При проектировании конусных оболочек с квадратной структурой дефицит площади, отмеченный в процессе экспериментальных работ, можно компенсировать путем более сложного выкраивания деталей (рис. 36). При этом можно достигнуть максимального использования сетного полотна без искажения заданной формы конической оболочки, однако наличие сложных циклов кройки и многопластность не позволят избежать значительного объема технологических работ. В идеале же необходимо прийти к трапеции, набираемой из вертикально расположенных ячеей с дифференцированно изменяющимся шагом.

Поскольку упоминаний об использовании трапецидальной формы ячеей в практике рыболовства нам не удалось обнаружить ни на практическом, ни на теоретическом уровне, то возникла необходимость в разработке математической модели, позволяющей делать расчеты на этапах проектирования. Такие модели и разработанные на их основе компьютерные программы нами были использованы при построении экспериментальных моделей и макетов [100, 108, 111].

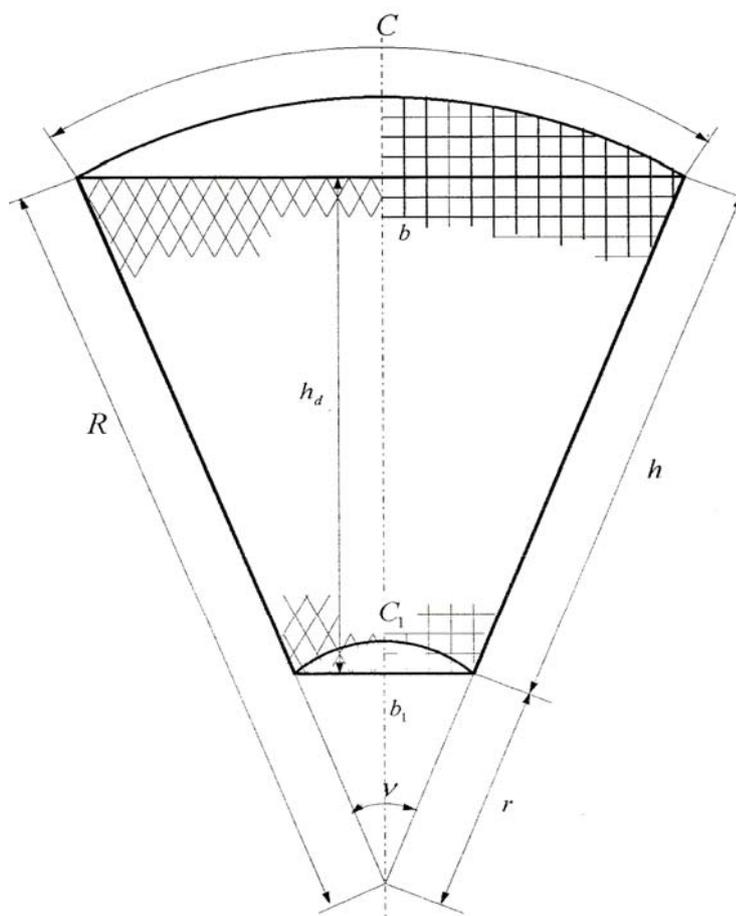


Рис. 36. Схема раскроя конической части трала, вписанной в развертку усеченного конуса

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  $\Delta C_i$ , и естественно, что в каждом следующем параллельном ряду ячеей поперечные стороны отличаются на величину  $\Delta a_i$ . Продольные стороны трапецидальной ячеей равны между собой, симметричны относительно продольной оси, но не параллельны. В нашем случае наиболее оптимальным (близким к квадратной структуре) будет вариант трапеции, продольные стороны которой равны меньшему ее основанию, т. е. стороне ячеей, лежащей на меньшей параллели.

При этом условии имеем следующие основные геометрические характеристики сетной оболочки с трапецидальной структурой:

$a$  – шаг ячеи, равный меньшему основанию и продольной стороне ячеи;

$a'$  – шаг ячеи, равный большему основанию ячеи;

$C_i$  – длина поперечной образующей;

$L_i$  – длина продольной образующей;

$n$  – количество ячеи в поперечном ряду;

$m$  – количество ячеи по длине;

$\alpha$  – конусность (угол атаки) сетной оболочки.

Кроме того, следует выделить исходные характеристики, необходимые при расчетах:

$a_1$  – начальный (минимальный) шаг ячеи;

$C_1$  – периметр меньшего основания конусной части трала, равный периметру цилиндрической части тралового мешка либо другой сопрягаемой части трала.

Для определения величины продольных и поперечных образующих необходимо найти элемент их составляющей, т. е. найти шаг ячеи, последовательно возрастающий по длине конусной оболочки.

Для любого поперечного ряда ячеи справедливо уравнение

$$a_i = \frac{C_i}{n}.$$

Тогда для первого ряда

$$a_1 = \frac{C_1}{n}.$$

Выразим периметр большего основания усеченного конуса  $C_2$  через заданные исходные характеристики:

$$\begin{aligned} C_2 &= \pi d_2 = \pi(d_1 + \Delta d) = \pi(d_1 + 2a_1 \sin \alpha) = \pi\left(\frac{C_1}{\pi} + 2a_1 \sin \alpha\right) = \\ &= C_1 + 2\pi a_1 \sin \alpha = na_1 + 2\pi a_1 \sin \alpha = a_1(n + 2\pi \sin \alpha). \end{aligned}$$

Тогда

$$a_2 = a_1 \frac{(n + 2\pi \sin \alpha)}{n} = a_1 \left(1 + \frac{2\pi \sin \alpha}{n}\right).$$

Таким образом,

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

Поскольку элемент каждой параллели (большее основание трапеции) находится через элемент предыдущей путем умножения его величины на одно и то же число  $k$ , которое задается конусностью оболочки и количеством ячеи по периметру, то последнее выражение для шага ячеи  $i$ -й параллели можно записать в виде

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

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

$$C_i = na_1 k^{(i-1)};$$

$$L = \sum_{i=2}^{i=m} a_1 k^{(i-1)}.$$

Решение задачи проектирования конусной оболочки трала или другого орудия лова, а также анализ их характеристик легко осуществить с помощью компьютерных методов.

Для этой цели в принципе подходят любые языки программирования или стандартные программы (например, электронные таблицы Excel и др.) [100,111].

Метод расчета удерживающей и канатной частей разноглубинного трала, а также их отдельных участков применялся нами с использованием электронных таблиц в моделировании оболочек с трапецидальной структурой. Подводные наблюдения за работой моделей в натуральных условиях и гидродинамическом бассейне позволили убедиться в практической реализации свойств трапецидальной структуры оболочек и приобрести уверенность на пути дальнейших экспериментальных исследований, главным образом технологических.

#### 7.4. Рекомендации по технологии изготовления сетных оболочек и пластин с квадратной структурой

Одним из факторов, сдерживающих широкое практическое применение сетных полотен с квадратной структурой, является отсутствие рекомендаций по технологии изготовления орудий лова в этой технической модификации. Вместе с тем многочисленные эксперименты на моделях и в натуральных условиях позволили накопить значительный опыт и выявить определенные технологические особенности изготовления различных деталей орудий лова даже в отсутствие специальных делей (рис. 37), в идеале обеспечивающих «жесткую» квадратную структуру сетных оболочек [115].

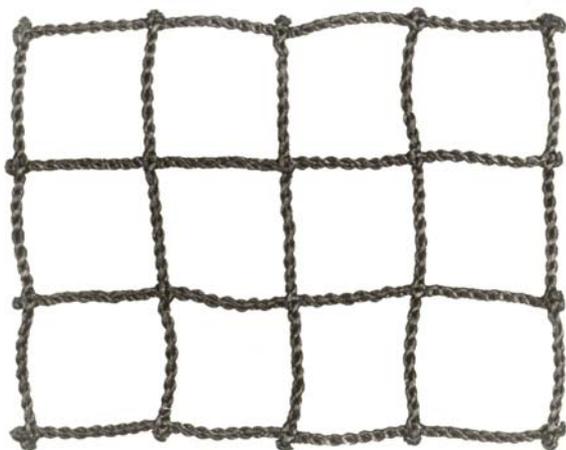


Рис. 37. Фрагмент сетной оболочки с квадратной структурой, изготовленной из плетено-плетеной безузловой дели

размеры сетного полотна. При использовании полотен с квадратной формой ячеей этот аспект гораздо более существен, чем с ромбическими ячейками.

Зачистка производится путем срезания крайних полуячей и освобождения узлов от остатков разрезанных ниток.

2. Выполняют съячейку двух продольных кромок по простому циклу по всей длине кукол.

3. От обеих полос откраивают по косоу клинья. Если изготавливается траловый мешок, где очень высокие требования к надежности, то откраенные клинья не используются. В менее ответственных вариантах клинья прищипываются «грязной» кромкой к следующим кукам.

4. В соответствии с тем, как будут располагаться выкраиваемые полосы с квадратной ячейей: по горизонтали или по вертикали, – куки прищипывают до тех пор, пока размер сетной пластины не достигнет длины сетной детали.

В том случае, если сразу набирается пласт нужных размеров, то к соединенным между собой двум кукам прищипывают третью, отрезают от нее клин, а затем уже начинают выкраивать полосу по ширине.

В каждом конкретном случае исполнитель выбирает вариант раскроу кукол и сборки пластины в зависимости от ширины этой пластины, ширины куки и количества изготавливаемых пластин.

Использование сетных полотен с квадратной структурой требует рассмотрения и других аспектов, связанных с изготовлением орудий лова. Например, в траловом мешке выкраенные пластины соединяются между собой по продольным кромкам. По этим же кромкам они соединяются с кромками сетных полотен с более крупной ячейей (покрытий), а затем крепятся к топенамтам.

По правилам действующих в отрасли технологических инструкций пластины рекомендуются соединять по боковым кромкам шворочным швом в рубец. Размер ячеей покрытия должен быть кратным размеру ячеей рубашки.

Материал покрытия нужно выбирать такой, чтобы относительное удлинение его было равно или меньше материала рубашки из доступных материалов. Наиболее целесообразна комбинация «капроновая рубашка – полиэтиленовое покрытие». Между собой пластины соединяются по продольным кромкам шворкой в рубец с завязыванием выбленочных узлов в пересечении крупной и мелкой ячеей.

Посадку на топенанты необходимо осуществлять бензельными узлами с завязыванием этих узлов на расстоянии 0,3–0,5 м кратно ячееям покрытия. Коренной конец материала бензеля крепят к топенанту так, чтобы исключить возможность его продольного перемещения под большой нагрузкой. Лучше всего привязки крепить с пробивкой.

В качестве топенантов используют материал с минимальным удлинением: стальной канат, специальную цепь нужного калибра либо полипропиленовый канат.

Поскольку использование квадратной ячеей ограниченное и большая часть деталей изготавливается из сетных полотен с ромбической ячеей, то необходимо рассмотреть варианты их соединения между собой. К примеру, переход от квадратной ячеей мешка к ромбической ячеей конуса может осуществляться одним из двух вариантов: съячейкой или шворкой. На траловом промысле в зависимости от условий может возникнуть необходимость периодической замены мешков с разными техническими характеристиками. В этом случае рекомендуется применять самораспускную шворку, а вдоль соединяемой кромки мешка с квадратной ячеей нашить цепок с двойной ниткой, количество ячеей которого должно соответствовать сопрягаемому количеству ячеей конусной части трала.

Перед съячейванием кромку с квадратной ячеей желательно укрепить, выполнив ее обвязку дублированием крайней нитки. При соединении шворкой обвязку можно не выполнять, так как кромка укрепляется шворочным швом. В случае необходимости в шов можно взять не одну, а две или три нитки из кромки с квадратной ячеей.

Очень важным моментом при сопряжении (соединении) деталей с квадратной формой ячеей – с одной стороны и ромбической – с другой является то, что линия сопряжения не должна быть меньше длины (периметра) деталей с квадратной формой ячеей. Это условие не выполняется, когда в расчет величины сопрягаемой кромки с ромбической ячеей принимается коэффициент условной посадки, завышенный по сравнению с реальным, т. е. принимаемым кромкой в рабочем состоянии под нагрузкой. При проектировании орудий лова, не имеющих жесткого каркаса (например, вариант сочетания цилиндрической части тралового мешка и конической части трала с ромбической ячеей), в расчет необходимо брать коэффициент условной посадки не более 0,35. При этом будет обеспечено полное раскрытие квадратной ячеей мешка и получены желаемые результаты.

## **Глава 8. РАЦИОНАЛЬНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ УЛОВОВ**

В связи с тем, что в перспективе развития рыболовства добыча гидробионтов может возрастать главным образом за счет новых или малоиспользуемых видов, ценность которых в пищевом отношении невелика, существенно возрастают требования к сохранению качества уловов традиционных видов. Рациональный подход к использованию сырья потребует строжайшего контроля за его направлением. И что самое важное, возрастет необходимость разработки новых технологий получения пищевой продукции из малоценных видов, потребуются большая решительность во внедрении имеющихся технологий, их совершенствовании.

Среди задач рационального использования рыбного сырья основными являются: предупреждение его порчи и сохранение качества, оптимизация направлений обработки и экономное расходование, эффективная утилизация отходов. Для каждого вида промыслового объекта с характерными для него технологическими особенностями должны быть выбраны оптимальные варианты обработки, позволяющие выработать продукцию наилучшего качества, пользуя-

щуюся наибольшим спросом [147]. Даже если предпочтение отдается живой рыбе, то доставка ее к местам потребления или на рынки далеко не всегда сводится к простой транспортировке в емкостях с водой.

Наряду с проблемой выброса приловов проблема неиспользования отходов при обработке рыбного сырья и потреблении неразделанной рыбы относится к числу важнейших, требующих пристального внимания и безотлагательного решения. Обе эти проблемы, связанные с нерациональным использованием биологических ресурсов и присущие главным образом морскому рыболовству, определяются ограниченными емкостями и технологическими возможностями добывающих судов, объясняются экономической нецелесообразностью утилизации малоценной части уловов. Объясняются, но не оправдываются.

С точки зрения рационального использования биологических ресурсов и их потребления важнейшей необходимостью является создание такой структуры производства рыбной продукции, которая, обеспечивая рентабельную работу предприятий рыбной промышленности, в достаточной мере удовлетворяла бы потребности населения в продуктах морского происхождения необходимого ассортимента и максимально высокого качества [147].

Ориентиром для рыбохозяйственного комплекса России при совершенствовании структуры пищевой рыбной продукции могут служить разработанные АМН СССР рекомендации по нормам ее потребления (табл. 16).

Таблица 16

**Нормирование потребления рыбной продукции**

Вид рыбной продукции	Норма АМН, %	Действительное потребление рыбных продуктов в СССР и России в 1975–1999 гг.					
		%			тыс. т		
		1975	1980	1985	1990	1995	1999
Живая, охлажденная, мороженая рыба и другая «столовая» продукция	60,3	57,9	57,0	57,3	2 710	2 130	2 516
В том числе:							
рыба спецразделки, филе, фарш, кулинарная продукция	4,3 0,5	6,4 0,6	5,4 1,0	7,2 1,0	290,0 72,0	176,9 5,8	197,0 4,5
Пряно-соленая, маринованная продукция, копченая сельдь	19,4	21,3	17,8	18,2	36,0	1,5	0,15
В том числе:							
пресервы, пряно-соленая, копченая сельдь, другая пряно-соленая, маринованная рыба	1,2 14,9 3,2	6,1 5,4 9,2	8,2 1,1 8,5	7,8 1,7 8,7	36,0	1,5	0,15
Копченая, сушено-вяленая балычная продукция (кроме сельди)	7,2	6,1	8,2	8,3	280,0	62,1	10,5
Рыбные консервы	13,1	14,8	17,0	16,2	2 328*	565*	346*

\* Миллионы условных банок (муб).

Структуру пищевой рыбной продукции, производившейся и производимой в настоящее время отечественной промышленностью, нельзя признать совершенной. Равно как и структуру норм АМН, приведенную в табл. 16, вряд ли можно считать адекватной разнообразию гастрономических свойств рыбной продукции и ее потребности для организма человека. Наверное, правильно выделять отдельной строкой продукцию из сельди, традиционно употребляемую и доступную в России во все времена. Но скрывать за «прочей солено-копченой рыбой» продукцию из лососей было бы неправильно. И уж совсем неправильно объединять живую и мороженую рыбу, филе и фарш или разделять, с медицинской точки зрения, филе от мороженой рыбы.

По данным анализа, приведенного Н.В. Трухиным [147], в период с 1975 по 1982 гг. примерно 66–68% пищевого рыбного сырья направлялось на выпуск живой, охлажденной и мороженой рыбы, рыбного филе, фарша, рыбы спецразделки, кулинарных изделий. На выпуск соленой, копченой, балычной, сушеной и вяленой продукции приходилось 18–19%, консервов – 10...12%, пресервов – 4...5%.

Во второй половине прошлого столетия объемы добычи рыбы, как и видовой состав пищевого рыбного сырья, существенно менялись. При этом совершенствование технологий обра-

ботки добываемых гидробионтов, направленных на улучшение качества продукции, уменьшение отходов и связанных главным образом с расширением использования в пищевом производстве рыбы пониженной товарной ценности, позволяли в какой-то мере компенсировать нестабильность промысла. Перед технологами ставятся все новые и новые задачи, обусловленные проблемами рыболовства, возрастающим спросом на продукцию морского происхождения, повышенными требованиями к ее качеству и ассортименту, а также другими целями ресурсосберегающего и экономического характера.

Одной из первостепенных задач является направление на пищевые цели мелких промысловых объектов, которые составляют существенный резерв для развития рыболовства в открытых районах Мирового океана. Надежда на ощутимый прорыв в этой области развития пищевых технологий связывается с созданием машин для разделки маломерного сырья. Переработка мелкой рыбы на фарш и высокобелковые препараты позволит эффективно извлекать съедобную часть рыбы, и придав получаемому продукту новые качественные характеристики (вкус, консистенцию, форму, окраску), наиболее полно удовлетворять потребности и предпочтения потребителей.

Важным условием для получения фарша высокого качества из пелагических и мезопелагических рыб является удаление темной мускулатуры, содержащей легкоокисляющийся жир, а также удаление кожи, черной пленки, внутренностей и костей. В Японии в связи с этой проблемой разработаны технологии производства фаршей двух видов: сурими класса А, имеющего светлую окраску, идентичную окраске сурими из минтая, и сурими класса В с темноватой окраской.

Для приготовления сурими класса В мелкую рыбу разделяют на тушку, пропускают через мясокостный сепаратор, промывают сначала водой, затем 0,5%-ным раствором питьевой соды, после чего еще трижды промывают. При промывке фарша используют центрифуги декантерного типа. Для длительного хранения фарш смешивают со стабилизирующими (криозащитными) добавками, например с 0,3% полифосфатов и 4% сорбита, и замораживают в виде блоков до температуры не выше  $-25^{\circ}\text{C}$ .

Для отделения темного мяса от светлого производят обесшкуривание филе путем наморозивания кожи на поверхность барабана роторной морозилки и последующего срезания кожи вместе со слоем темного мяса. Фарш из светлых тканей промывают и в случае необходимости длительного хранения замораживают. Сурими класса А, не теряя своих вкусовых свойств, может храниться при температуре  $-20^{\circ}\text{C}$  в течение трех месяцев.

Процесс приготовления фарша из жирных пелагических рыб состоит из следующих операций: резка рыбы на кусочки – промывка орошением – сепарирование (удаление жира, кожи, черной пленки и других включений) – протирка (удаление костей) – сепарирование – прессование. Фарш, приготовленный из мойвы таким способом, имеет достаточно светлую окраску и содержит не более 6–7% жира в расчете на сухой вес.

Известен и еще целый ряд способов приготовления фарша из мелких рыб, разработанных как отечественными, так и иностранными специалистами [147]. Наибольший опыт в производстве пищевой продукции из рыбного фарша накоплен в Японии.

К прогрессивным направлениям использования мелких промысловых гидробионтов пониженной товарной ценности относится производство высокобелковых препаратов: белковых концентратов, изолятов, гидролизатов и др.

В Японии широко применяется технология получения структурированных белковых концентратов типа маринбиф. Полуфабрикатом для маринбифа служит фарш, приготовляемый из малоценных видов рыб или криля. Фарш растирают с добавлением 1–2% соли до получения вязкой массы и с использованием экструдера выдавливают в виде гранул, которые пропускают через емкость с охлажденным этиловым спиртом. Спирт оказывает обезживающее, обесцвечивающее и закрепляющее действие. Гранулы отделяют от спирта и высушивают, а перед употреблением регидратируют путем выдерживания в воде. Маринбиф используют в комбинированных мясопродуктах в качестве рыбной добавки. Благодаря полному отсутствию рыбного запаха маринбиф может добавляться в значительных количествах к мясу, практически не оказывая отрицательного влияния на запах, вкус и консистенцию продукта.

При приготовлении из мелкой рыбы белковых гидролизатов белки за счет кислотного или ферментативного гидролиза расщепляются до легко растворимых в воде пептидов и аминокислот. Процесс приготовления гидролизатов включает гидролиз, нейтрализацию, удаление запаха, очистку, упаривание или сушку. Для придания товарного вида гидролизаты могут быть переработаны на соусы, таблетированные (бульонные кубики) и другие продукты.

Схема получения рыбных белковых изолятов обычно включает следующие операции: измельчение рыбы, растворение белков в водной среде при определенном рН, удаление нерастворившихся костей, чешуи и прочих включений, отделение белка в виде творожного сгустка путем сдвига рН раствора до изоэлектрической точки, очистка белка и высушивание полученного препарата. Достоинства белковых изолятов заключаются в высоком содержании белка, сохранении им многих функциональных свойств, в частности растворимости в воде и солевых растворах, эмульгирующей способности, очень важной при производстве хлебобулочных и рыбомясных изделий.

К рыбному сырью пониженной товарной ценности относятся также акулы, скаты, глубоководные рыбы с сильно обводненными мышечными тканями и другой прилов. Мировой опыт свидетельствует о целесообразности комплексной переработки приловов, в том числе на пищевые цели.

Весьма существенные потери уже пойманных гидробионтов могут происходить (и, к сожалению, нередко происходят) из-за снижения качества уловов (сырья) на разных стадиях всего производственного цикла, включая и период нахождения рыбы в орудиях лова. Снижение качества рыбного сырья в худшем случае приводит к его уничтожению, иногда к переводу в категорию нетоварного, нестандартного (некондиционного) сырья, в лучшем случае – к сужению ассортимента вырабатываемой из него продукции.

Выловленная рыба после засыпания быстро становится субстратом для гнилостной сапрофитной микрофлоры, разлагающей белковые и экстрактивные азотистые вещества, углеводы и в некоторой степени жиры. Разложение белковых веществ под воздействием микроорганизмов приводит к накоплению в рыбе органических кислот и их солей, аминов, ароматических спиртов, гетероциклических соединений, меркаптана, сероводорода, неорганических веществ.

Первые признаки гнилостной порчи рыбы появляются обычно в тех местах, где микроорганизмы находились еще в период ее прижизненного состояния: в слизи, жабрах, внутренностях. Степень загрязнения рыбы микроорганизмами и, соответственно, скорость гнилостной порчи увеличиваются в случае применения недостаточно мягких режимов вылова и подъема улова на палубу, способствующих сдавливанию рыбы и загрязнению ее поверхностных тканей внутренностями.

Развитие гнилостной микрофлоры нередко сопровождается накоплением микрофлоры, вызывающей токсикоинфекции и интоксикации у людей при потреблении продукции, изготовленной из подпорченного сырья. Причинами загрязнения рыбы микрофлорой также могут быть несоблюдение правил личной гигиены рыбообработчиками и плохая очистка технологического оборудования.

Стойкость сырья при хранении тем выше, чем медленнее в нем протекают механохимические посмертные изменения (предооченение, ооченение и разрешение ооченения). Скорость этих изменений у разных промысловых объектов может колебаться в широких пределах и в значительной степени зависит от температуры хранения сырья.

К широко распространенным средствам защиты рыбы от быстрой порчи относятся охлажденная морская вода (ОМВ) и лед. Когда применение охлаждающих средств в промысловых условиях оказывается невозможным для замедления порчи, рыба должна быть распределена как можно более тонким слоем и защищена от действия прямых солнечных лучей.

Охлаждение льдом чаще всего применяют для хранения и транспортировки рыбы в условиях прибрежного промысла. В судовых же условиях более эффективно применение ОМВ, за исключением случаев хранения рыбы с нежной консистенцией и тонкой кожей. ОМВ рекомендуется для хранения относительно крупной пелагической рыбы: сельди, скумбрии, сардины и др.

В зарубежной практике прибрежного рыболовства получили широкое применение хранение и транспортировка рыбы в смеси льда из пресной воды и ОМВ. Возможная продолжительность хранения жирной пелагической рыбы в льдоводной смеси составляет 4–5 суток, донных рыб – 2 суток. В случаях использования льдоводной смеси рекомендуется применять специальные контейнеры.

Сравнительно простым и эффективным способом охлаждения рыбы при транспортировке с мест промысла является орошение охлажденной морской водой. При таком способе охлаждения рыба значительно меньше набухает и просаливается, чем при хранении ее в погруженном в ОМВ состоянии.

Увеличить срок хранения рыбы можно и с использованием подмораживания, которое осуществляется путем погружения рыбы в морскую воду с добавлением в нее 4–5% поваренной соли и охлажденную до  $-3^{\circ}\text{C}$ . При замораживании в водной среде образующиеся в мышечной ткани рыбы кристаллы льда благодаря интенсивному теплопереносу распределяются сравни-

тельно равномерно и имеют небольшие размеры. Подмороженная до  $-3^{\circ}\text{C}$  рыба может храниться до 20 суток без признаков снижения ее качества.

Хорошую сохранность рыбного сырья обеспечивает применение охлаждающих газовых сред (например, паров жидкого азота) или газовых смесей, содержащих углекислый газ, кислород, азот и др. Способ хранения в модифицированной атмосфере (в смеси газов) находит свое применение главным образом для обеспечения длительной сохранности готовой продукции в охлажденном виде.

Следует помнить, что охлаждение улова с помощью ОМВ может быть эффективным лишь в тех случаях, когда температура водорыбной смеси в контейнерах, бункерах или танках в течение всего периода аккумуляции улова остается достаточно низкой. При этом непременно должны выполняться требования по соблюдению чистоты охлаждающих средств, прежде всего емкостей, а также обеспечиваться регулярная и полная сменяемость ОМВ.

Большая часть товарной рыбы и сырца, поступающего на промышленную переработку, хранится в мороженом виде. Это особенно характерно для российского рыболовства, ориентированного главным образом на морской промысел крупнотоннажным и средним морозильным флотом. Холодильное хранение задерживает, но не предотвращает протекания нежелательных изменений вкуса, запаха, консистенции и внешнего вида рыбы. О товарном виде мороженой рыбы, поступающей на прилавки магазинов, вообще говорить не приходится. Порой даже специалисту трудно бывает определить вид предлагаемого для употребления в пищу замороженного продукта.

Низкую стойкость при холодильном хранении имеют многие пелагические рыбы, особенно сельдевые, анчоусовые, макрелешуковые, скумбриевые. Срок хранения их при температуре  $-18^{\circ}\text{C}$ , отвечающей требованиям отечественных стандартов на мороженую рыбу, обычно не превышает четырех месяцев.

Важнейшим требованием к замороженной рыбе, выполнение которого способствует удлинению срока ее хранения, является обеспечение условий, препятствующих снижению свежести улова перед заморозкой. У рыбы, замороженной сразу после вылова, когда она находится еще в стадии предокоченения или окоченения, кристаллы льда образуются в основном внутри мышечных волокон, имеют сравнительно мелкие размеры и не оказывают заметного повреждающего воздействия на ткани. При замораживании рыбы в более поздней стадии механохимических изменений, а именно в стадии разрешения окоченения, кристаллы льда образуются в межклетниках ослабевшей мышечной ткани, размеры их быстро увеличиваются за счет влаги, диффундируемой из мышечных волокон, и кристаллы льда оказывают на мышечную ткань деформирующее воздействие. При размораживании такой рыбы происходят большие потери тканевого сока, вследствие чего рыба приобретает ощутимую сухость, жесткость и волокнистость. Исключение составляют тунцы, треска, морской окунь и некоторые другие виды, для которых свойственно сильное сокращение мышечных волокон при окоченении. Поэтому такую рыбу предпочтительнее замораживать в стадии окоченения или даже в начале разрешения окоченения, но не в стадии предокоченения [147].

Несмотря на широкое применение воздушных и плиточных морозильных аппаратов, обеспечивающих довольно высокие скорости замораживания, эти способы все меньше и меньше удовлетворяют современным требованиям к качеству продукции рыболовства. Повышенный интерес к криогенному способу замораживания с использованием жидкого азота, жидкой углекислоты или фреона-12 обусловлен более высокой скоростью морозки, а следовательно, и возможностью сохранения качества сырца даже с несколько пониженной степенью свежести.

Применение криогенного замораживания целесообразно в пиковые периоды промысла, когда сырец не успевает обрабатываться в надлежащие сроки и подвергается заморозке уже после заметного снижения свежести.

Большое значение для сохранения качества мороженой рыбы имеет стабильность ее температурного состояния при перегрузке, транспортировке и в местах более длительного содержания. Причем эта температура должна быть достаточно низкой – не выше  $-40^{\circ}\text{C}$ . Технические условия на мороженую рыбу, существующие в отечественном рыболовстве, предусматривают замораживание сырца до температуры не выше  $-18^{\circ}\text{C}$ . Это нижний предел рекомендуемой температуры для хранения сырца, направляемого на промышленную переработку. Однако в производственных условиях и это требование не всегда соблюдается. Как правило, не соблюдается оно и при транспортировке. В результате на рынок и к потребителю продукция отечественного рыболовства доходит далеко не в лучшем качественном состоянии, не говоря уже о внешнем виде.

Существенные потери рыбного сырья допускаются при его обработке в процессе производства той или иной продукции. Современные высокотехнологичные, безотходные производства обеспечивают утилизацию отходов, однако в большинстве случаев, особенно на мелких производствах, в судовых условиях безвозвратные потери массы уловов считаются вполне нормальным явлением, неизбежность которого оправдывается условиями промысла, отсутствием необходимого оборудования, объемов и т. д.

К числу операций, при которых из-за несовершенных режимов обработки возможны значительные технологические потери в виде плотных веществ, относятся размораживание, посол, отмочка, горячее копчение, бланшировка, обжарка рыбы. Значительная часть отходов при обработке приходится на процессы разделки, зачистки, порционирования рыбы. Например, при филетировании доля отходов от массы рыбы-сырца может достигать в зависимости от вида и биологического состояния рыбы следующих величин (%): головы – до 35, кости и хрящи – до 15, плавники – до 22, кожа – до 15, внутренности (включая гонады и печень) – до 30, мышечные ткани – до 20, чешуя – до 5.

Кроме биологических факторов (вид, физиологическое состояние) на образование отходов при обработке рыбы большое влияние оказывает сама технология производства продукции, включая конструктивные особенности машин, а также квалификация рабочих, занятых на ручных операциях. В связи с этим развитие технологий обработки рыбы, их совершенствование и своевременное внедрение играют в современных условиях существенную роль в экономии сырья и его рациональном использовании.

Современные безотходные технологии переработки рыбного сырья обеспечивают, кроме производства высококачественной первичной продукции, выпуск пищевых изделий из отходов, а также кормов, которые опосредованно формируют рацион человека в виде белков животного происхождения. Другими направлениями использования отходов являются медицинские и технические цели.

За рубежом большое внимание уделяется разработке и широкому внедрению различных способов приготовления кормовой продукции из отходов от разделки рыбы, не требующих применения сложного и дорогостоящего оборудования. К их числу относятся способы приготовления сушеных рыбозерновых смесей, рыбного силоса и специальных кормов, используемых при искусственном выращивании гидробионтов в хозяйствах аквакультуры. В связи с высокими темпами развития рыбоводства и неуклонным ростом его деликатесной продукции спрос на рыбные корма будет увеличиваться.

Не менее перспективно использование отходов от переработки рыбного сырья в производстве медицинских препаратов: из обезжиренной печени рыбы могут производиться препараты типа камполона; из печеночного жира может быть изготовлена стеариновая фракция, предотвращающая развитие некоторых опухолевых заболеваний; из рыбных голов – биологически активные вещества гормонального действия; из плазмы крови – биологически активные вещества природного генеза; из желудка и кишечника – гликопротеин, задерживающий рост быстропролифилирующих тканей и клеток; из поджелудочной железы – инсулин; из гонад – прогестерон, тестостерон и др. [147]. В Японии, например, налажен выпуск препаратов, получаемых из жира скумбрии и сардины, биологическое действие которых выражается в снижении уровня липидов и холестерина в крови, понижении свертываемости крови и опасности возникновения тромбозов. Сходные медицинские препараты, нормирующие липидный обмен, разработаны и в России.

## **Глава 9. СЕРТИФИКАЦИЯ МОРСКОГО РЫБОЛОВСТВА**

Под сертификацией продукции обычно понимают процедуру, устанавливающую соответствие этой продукции нормативным требованиям, или оценку качества продукции и чистоты технологических процессов ее производства, т. е. насколько чистым является конечный продукт, не наносит ли он вреда организму человека и окружающей среде при его потреблении, изготовлении и утилизации. С точки зрения сохранения ресурсов и минимизации нанесения ущерба окружающей среде не менее важно то, каким способом объект добыт и сохранен.

В цивилизованном мире в разных отраслях производства существуют независимые системы сертификации. Наиболее показателен пример лесной сертификации, широко внедряемой во многих странах и регионах.

Наиболее развитые страны добровольно, чаще всего под давлением общественности, принимают на себя обязательства приобретать только сертифицированную продукцию, будь это сырье или продукт его глубокой переработки. Англия, например, взяла на себя обязательство начиная с 2003 г. импортировать 80% древесины с маркировкой FSC (сертифицированной по стандартам Лесного попечительского совета – Forest Stewardship Council).

Похожие тенденции начинают зарождаться и на мировом рынке рыбопродукции. В странах Западной Европы, США и Канаде первыми проводниками сертификации стали рыбные рестораны, большинство клиентов которых готовы предпочесть продукцию, маркированную этикеткой Морского попечительского совета (MSC), и заплатить за нее более высокую цену. На очереди – сети супермаркетов, в которых такая продукция тоже появилась. Уже сертифицировано, например, филе тихоокеанских лососей, выловленных у берегов Северной Америки.

Таким образом, сертификация распространяется через индивидуального потребителя, рестораны, сеть супермаркетов, крупных импортеров в Западной Европе, Австралии, Северной и Латинской Америке. Российским рыбопромышленникам необходимо внимательнее приглядеться к этим рынкам, потому что они в долгосрочной перспективе не менее выгодны, чем рынки Южной Кореи и Китая. При этом необходимо задуматься о возрастающих требованиях зарубежного рынка к нашим продуктам из гидробионтов, уже сертифицируемых в странах-конкурентах или ожидающих соответствующей маркировки в ближайшей перспективе.

Целью сертификации рыбных промыслов является совершенствование управления рыболовством и внедрение принципов устойчивого рационального рыболовства, а также пропаганда ответственного в экологическом отношении бизнеса среди потребителей и косвенное обеспечение механизмов его поддержки.

Наращение темпов деградации запасов промысловых объектов, ухудшение состояния морских экосистем, неутешительность долгосрочных прогнозов в области воспроизводства рыбных ресурсов привели к консолидации усилий влиятельных международных организаций. В 1997 г. крупнейший в мире покупатель рыбопродукции – компания Unilever и международная природоохранная организация – Всемирный фонд дикой природы (WWF – World Wide Fund for Nature) образовали Морской попечительский совет (MSC – Marine Stewardship Council).

MSC – независимая некоммерческая международная организация, в задачи которой входит сохранение рыбных запасов и обеспечение жизнеспособности, устойчивости и стабильности морских экосистем. За довольно короткий период своего существования MSC добился поддержки и признания со стороны более 100 крупнейших производителей и покупателей рыбопродукции, объединений и природоохранных организаций. Помимо ранее существовавшей оценки качества и чистоты продукции, создана и успешно действует сертификация управления морским рыболовством. В системе сертификации MSC используются международные правила и нормы, включая документы ООН, разработаны универсальные и признанные во всем мире принципы эффективного управления морским рыболовством, которые успешно внедряются в разных странах мира.

Цивилизованный мир все более уверенно поворачивается лицом к устойчивому природопользованию вообще и к устойчивому использованию биологических ресурсов Мирового океана в частности. Рыбопромышленники многих высокоразвитых стран, обеспокоенные будущим своего бизнеса, все настойчивее предъявляют требования к правительствам, вынуждая их принимать все более действенные меры контроля, вытесняют «диких» рыбаков и торговцев как с внутренних, так и с международных рыбных рынков. Ярким примером тому может служить инициатива Австралии и Новой Зеландии на 12-й конференции стран СИТЕС по включению губана и клыкача в приложение № 2 Конвенции, что должно было поставить любую торговлю продукцией из этих видов под международный контроль. Япония принимает все более строгие меры контроля импортируемой морепродукции. При этом российские рыбаки с их товарами сомнительного происхождения все увереннее вытесняются на дешевые рынки Кореи и Китая.

Если российские рыбопромышленники действительно заинтересованы в долгосрочной эксплуатации рыбных ресурсов, то надо действовать так, чтобы устойчивое рыболовство получило государственную поддержку. При экологически благоприятном сценарии развития рыбопромышленной отрасли поддержка устойчивому рыболовству должна выражаться как в виде финансовой поддержки от государства и финансовых организаций (банков, кредитных союзов), так и в виде льгот при распределении квот на вылов.

Пример развитых стран показывает, что благоприятные сценарии развития рыбопромышленного комплекса вполне возможны. В США, например, уже создан Фонд поддержки устойчивого рыболовства, который тесно сотрудничает с Морским попечительским советом и поддерживает начинания в сфере стимулирования рационального ведения промыслов.

Под «устойчивым рыболовством» понимается промысел гидробионтов, который при соблюдении необходимых условий имеет следующие особенности:

- может продолжаться сколь угодно долго;
- стремится к сохранению устойчивого состояния водных экосистем и максимально высокому уровню промысловых запасов;
- поддерживает структуру и функционирование эксплуатируемых экосистем, стремясь к минимизации антропогенного воздействия на них;
- соответствует местному, федеральному и международному законодательству и стандартам;
- создает возможности для экономического и социального развития как в настоящий момент, так и в будущем.

Устойчивое рыболовство – это перспективный, долговременный бизнес, позволяющий с надеждой смотреть в будущее, финансировать строительство новых судов, перерабатывающие мощности и кадры. Будущее должно принадлежать компаниям, вкладывающим деньги в воспроизводство, глубокую переработку рыбы и многовидовое рыболовство.

В программе сертификации по системе MSC могут участвовать любые рыболовецкие предприятия независимо от масштабов их деятельности, способа лова, их местонахождения и т. д.

За ответственный подход к эксплуатации морских биоресурсов Морской попечительский совет дает право предприятию-производителю помечать продукцию эмблемой «MSC», которая свидетельствует о соответствии данной продукции экологическим стандартам добычи и переработки. Маркировка дает покупателю возможность поддерживать воспроизводство рыбных запасов путем выбора сертификационной продукции.

Программа MSC осуществляется на добровольной основе. Она не является обязательной законодательной мерой, принимаемой правительством. Деятельность Морского попечительского совета поддерживается многими благотворительными организациями, фондами, компаниями и частными лицами, список которых можно найти на сайте MSC: <http://www.msc.org>.

Внедрение экологической сертификации производства и продукции позволяет получать большой доход на единицу продукции, поскольку сертификационные продукты традиционно стоят дороже. В этом состоит один из механизмов, обеспечивающий экономическую поддержку экологически ответственному бизнесу со стороны морской сертификации. Экологическая сертификация облегчает проникновение на новые рынки сбыта в основном высокоразвитых стран.

В принятом MSC определении устойчивое рыболовство должно основываться на следующих принципах [139]:

1. Рыболовство должно вестись таким образом, чтобы не произошло перелова или падения численности эксплуатируемых популяций, которые испытывают уменьшение численности. Промысел должен вестись таким образом, чтобы обеспечить возможность восстановления запасов. Цель внедрения этого принципа – быть уверенным в том, что способность воспроизводства эксплуатируемых популяций рыб и других промысловых организмов сохраняется на высоком уровне и не приносится в жертву сиюминутным интересам. Специалисты по промысловым рыбам могут заметить, что падение численности у многих из них связано с естественной динамикой, обусловленной глобальными климатическими причинами, и в снижении уловов промысел порой оказывается ни при чем. Это верно лишь отчасти. Обычно пока есть что ловить, промысел подталкивает дальнейшее снижение естественно убывающих запасов рыб и промысловых беспозвоночных. Это происходит, например, сейчас с охотоморским минтаем. Чтобы избежать ухудшения состояния естественно сокращающихся запасов рыб, устойчивое рыболовство должно применять специальные щадящие подходы к тем популяциям промысловых организмов, которые входят в фазу естественного спада численности, повышать эффективность их переработки и эффективность управления, снижая таким образом количество сырья, требуемого для прибыльной работы рыбаков.

2. Промысловые операции не должны серьезно нарушать структуру и уменьшать продуктивность и разнообразие морских экосистем, от которых зависит промысел. Цель внедрения этого принципа – управление промыслом на основе экосистемного подхода с учетом его влияния и

снижения ущерба на экосистемы. В настоящее время все модели управления рыболовством основаны на одновидовом подходе, когда влияние многочисленных природных факторов, включая отношения между различными видами животных, зачастую игнорируются – так проще. Это приводит к труднопредсказуемым последствиям, когда, например, по неизвестным причинам резко падает численность сивучей в Беринговом море.

3. Промысел является объектом эффективного управления, соответствует международным, местным и государственным стандартам и проходит в рамках, которые требуют использовать ресурсы ответственно и устойчиво. Цель внедрения этого принципа – быть уверенным в том, что созданы необходимые условия для внедрения первых двух принципов в соответствии с размером и масштабом промысла.

Каждому принципу соответствует ряд критериев [139], а именно: рыболовство и промысел должны вестись таким образом, чтобы:

- сохранялись воспроизводительные способности как популяций, являющихся объектами промысла, так и популяций других организмов, зависимых от их продуктивности;
- те популяции, которые снижают свою численность, имели возможность восстановить запасы в определенный период времени и до определенного уровня;
- возрастная, половая и генетическая структуры промысловых популяций не нарушались до такого уровня, за которым воспроизводительные возможности существенно снизятся;
- не нарушались естественные функциональные и трофические связи и вследствие этого не происходило существенных антропогенных изменений в экосистемах;
- не нарушалось разнообразие на видовом и генетическом уровне;
- избежать или минимизировать смертность видов, находящихся на грани исчезновения, в угрожаемом состоянии и под особой охраной;
- не нарушались в одностороннем порядке международные отношения.

Система управления должна:

1. Демонстрировать ясные долгосрочные цели и задачи в соответствии с принципами и критериями MSC, обеспечивать консультационный процесс на ясной основе и вовлекать все заинтересованные стороны, оценивать все доступные знания, включая и знания самих рыбаков. Необходимо учитывать воздействие тех или иных управленческих решений на тех людей, которые зависят от рыболовства, употребляют рыбу в пищу или для других целей.

2. Соответствовать сложившейся практике и масштабам того или иного промысла, содержащих механизмы внедрения их в жизнь, отслеживания деятельности и ее результатов.

3. Отслеживать соблюдение традиционных юридических прав и долгосрочных интересов людей, чья жизнь зависит от рыболовства, если это не грозит уничтожением ресурсов и разрушением экосистем.

4. Включать определенный механизм, который бы позволял разрешать возникающие конфликты между пользователями ресурсов, местным населением и государством.

5. Обеспечивать экономические и социальные стимулы для развития устойчивого рыболовства без государственных субсидий, которые приводят к истощению рыбных ресурсов.

6. Действовать своевременно, быстро приспосабливаясь к современным условиям, использовать всю имеющуюся в наличии информацию, применяя очень осторожный подход, особенно тогда, когда научных данных недостаточно для принятия правильного решения.

7. Разработать и внедрить научный план в соответствии с масштабами и интенсивностью эксплуатации запаса, который бы соответствовал потребностям управления и вовремя обеспечивал полученными научными результатами все заинтересованные стороны.

8. Требовать оценки состояния биологических ресурсов и влияния на них промысла путем проведения исследований с определенной периодичностью.

9. Определять меры и стратегию, которая в целом эффективно контролирует степень эксплуатации ресурса, включая (но не ограничиваясь только этим) следующие условия:

а) установить такой уровень промыслового изъятия, который позволяет поддерживать высокую продуктивность как самих эксплуатируемых популяций, так и сообщества в целом, принимая во внимание влияние промысла на другие виды, которые не являются объектами лова (размерно-возрастную и половую структуры), но попадают в прилове во время промысла основного объекта;

б) установить также способы лова, которые минимизируют побочное влияние на среду обитания, особенно на те участки, которые являются жизненно важными, такие, как места размножения и концентрации молодежи;

в) обеспечить воспроизводство популяций, находящихся на спаде численности;  
г) иметь в наличии механизм, позволяющий закрыть промысел, когда вылов достигает определенного предела;

д) установить зоны, закрытые для промысла, там, где это необходимо.

10. Проводить процедуры, позволяющие эффективно осуществлять мониторинг, контролировать и регулировать промысел таким образом, чтобы определенные лимиты для изъятия не были превышены, а в случае превышения предпринять действия, которые приведут к немедленному прекращению промысла.

11. Использовать такие орудия и способы лова, которые созданы для того, чтобы избежать прилова других, непромысловых видов или объектов промысла, непригодных для использования по размеру, возрасту или полу, минимизировать их смертность там, где этого невозможно избежать, и уменьшить выброс за борт тех рыб и беспозвоночных животных, которые не могут быть выпущены живыми.

12. Применять способы лова, разработанные таким образом, чтобы минимизировать побочный эффект на среду обитания, особенно на критически важные для воспроизводства районы (места размножения и концентрации молоди).

13. Не использовать такие разрушающие методы добычи, как взрывчатка и яды.

14. Минимизировать такие побочные эффекты, как потеря орудий лова, разливы нефтепродуктов, порча добытого улова на палубе и т. д.

15. Работать в строгом согласии с Правилами рыболовства, другими законодательными актами и административными требованиями.

16. Сотрудничать с уполномоченными органами и способствовать сбору информации о вылове, прилове, выбросе улова за борт, другой важной информации, которая необходима для эффективного управления ресурсами и промыслом.

Объектами сертификации являются отдельные объекты (промысловые популяции) и районы лова. Конкретный перечень оцениваемых аспектов (например, элементы системы управления промыслом, техника и технология ведения промысла, переработки и т. п.) определяется международным органом, т. е. MSC, и сертификационным агентством (фирмой-аудитором, аккредитованной MSC) на основе принципов и критериев экологически ответственного рыболовства.

Процесс сертификации начинается с подачи заказчиком заявления в сертификационное агентство. Заказчики сертифицированных на настоящее время рыболовецких предприятий принадлежат к разным структурам. Это могут быть, например, правительственные организации, советы по рыбной промышленности, перерабатывающие предприятия и ассоциации рыбопромышленников, общественные организации. Так, например, заказчиком сертификации добычи западноавстралийских лангустов является Совет Западной Австралии по рыболовству (WAFIC), а заказчиком сертификации промысла сельди в р. Темзе – Совет района Колчестер.

Основной единицей сертификации по программе MSC является одна промысловая популяция (или несколько популяций) морских промысловых организмов. Поэтому предварительное условие сертификации – это наличие такой популяции. Подробные сведения о популяциях промысловых организмов, сертифицированных промыслах приведены в отчете-резюме для представления общественности. Отчеты можно получить от MSC.

На первом этапе сертификации соответствующее агентство, назначенное для осуществления сертификации рыболовного предприятия, в первую очередь выполнит предварительную оценку этого хозяйства. При необходимости после предварительной оценки будет выполнена полная оценка.

Предварительная оценка проводится конфиденциально. Сертифицирующее агентство собирает все имеющиеся отношение к сертификации сведения о рыболовецком хозяйстве и его системе управления. В случае необходимости сертифицирующее агентство составляет список областей деятельности, подлежащих улучшению до того, как может быть выполнена сертификация. Во время предварительной оценки устанавливается стоимость полного аудита, и на основании этого отчета заказчик решает, проводить ли ему полную оценку. На этой стадии заказчик может принять решение о представлении результатов предварительной оценки в пользование общественности.

Полная оценка требует назначения сертифицирующим агентством экспертной группы. Эта группа должна продемонстрировать экспертные знания в следующих областях:

- оценка популяций морских организмов;
- воздействие на экосистему;

- управление рыболовецким предприятием;
- использование местного рыбацкого опыта.

Экспертная группа посещает рыболовецкое предприятие и проводит консультации с заинтересованными лицами. Используя подход, основанный на показателях качества работы, собираемая экспертной группой информация анализируется и оценивается на соответствие принципам и критериям экологически ответственного рыболовства MSC для создания основы аудиторского отчета в предварительной редакции.

Этот отчет пересматривается заказчиком и независимыми экспертами соответствующей специализации. Полное право принимать решение о сертификации принадлежит сертифицирующему агентству (а не MSC). Решение может включать требования, которые должны выполняться для сохранения сертификации. Решение подлежит публичной огласке.

Постоянный мониторинг успешно прошедшего сертификацию рыболовецкого предприятия проводится сертифицирующим аудитором, ежегодно посещающим рыболовецкое предприятие для проверки продолжающегося соблюдения последним сертификационных требований. Срок действия сертификации – пять лет. По окончании этого срока должен быть выполнен повторный сертификационный аудит рыболовецкого предприятия. Успешно прошедшее сертификацию рыболовецкое предприятие получает право приводить на упаковке своей продукции следующие заявления: *«Данный продукт поставлен рыболовецким предприятием, соответствует установленным Морским попечительским советом стандартам по производству рыбных запасов и использованию надлежащих методов ведения хозяйства».*

Сертификат MSC получает тот или иной вид промысла, но до потребителя-то доходит его продукция – и зачастую в значительно переработанном виде. Как же регулируется использование марки MSC в цепочке, идущей от добывающей компании или группы компаний к последующим переработчикам, оптовикам и розничной сети?

Морской попечительский совет должен быть уверен в том, что логотип MSC присутствует только на тех морепродуктах, которые поставляются рыболовецкими предприятиями, сертифицированными по стандартам MSC.

Как и в случае любого другого торгового знака, необходим строгий контроль за использованием логотипа MSC, чтобы этот знак не оказался обесцененным для законных пользователей. Данный контроль осуществляется на основе лицензионного соглашения между компанией, желающей использовать логотип, и торговым посредником MSC – компанией Marine Stewardship Council International (MSCI), которой принадлежит право лицензировать использование логотипа MSC. Лицензия указывает виды продукции, для маркировки которых может быть использован логотип MSC. Логотип должен также использоваться в соответствии с требованиями, приведенными в документе под названием «Использование логотипа MSC. Правила и руководящие указания по применению».

Логотип MSC может использоваться только после проведения специальной оценки, подтверждающей, что морепродукт был поставлен рыболовецким хозяйством, сертифицированным согласно стандартам MSC. Сертификат цепочки «от заготовителя к потребителю» обеспечивает это подтверждение.

Любая компания, желающая использовать логотип для сертифицированных морепродуктов, должна в первую очередь обратиться к сертифицирующему агентству для оценки цепочки (или цепочек) поставки соответствующих морепродуктов. Право использования логотипа MSC может быть получено только для той продукции, для которой цепочка поставки сертифицирована.

Любая сертификационная компания может подать заявление на аккредитацию MSC, если она соответствует определенным установленным требованиям, приведенным в Руководстве MSC по аккредитации.

Сертифицирующее агентство оценит все составляющие пути продукта к потребителю, начиная с порта выгрузки и заканчивая пунктом конечной упаковки. Зачастую в цепочке поставки участвует несколько компаний, и решение о том, какие звенья этой цепочки необходимо посетить, а какие могут быть оценены посредством рассмотрения имеющейся документации, принимает сертифицирующее агентство. Последнее сосредоточивает особое внимание на тех участках цепочки поставки, где поставляемые сертифицированным рыболовецким предприятием морепродукты могут быть смешаны с продукцией, поступающей от несертифицированного предприятия. В большинстве случаев оценка цепочки поставки не будет представлять сложности, так как многие компании рыбной промышленности уже используют системы идентификации и отслеживания поступления продукции для других целей.

Сертификация цепочки «от изготовителя к потребителю» действительна в течение пяти лет при условии положительных результатов во время ежегодных контрольных посещений, проводимых сертифицирующим агентством, которое может также выполнить несогласованный заранее визит для проверки надлежащей организации цепочки поставки.

После выдачи сертификата для цепочки «от изготовителя к потребителю» заказчик, желающий использовать логотип MSC для маркировки продукции (как правило, перерабатывающее предприятие или предприятие розничной торговли), может заключить лицензионное соглашение об использовании логотипа с торговым посредником MSC – компанией Marine Stewardship Council International (MSCI).

На сегодняшний день в мире сертифицировано семь различных видов промысла: промысел хоки (макруронуса) у Новой Зеландии, скального лангуста у Западной Австралии, нескольких видов лососей в районе Аляски и др. Семь других промыслов находятся в процессе сертификации, включая промысел минтая у берегов Аляски. Уже более 120 видов продуктов в более чем 20 розничных сетях в 10 странах имеют маркировку MSC.

В качестве примера можно привести сертификацию промысла лосося: лососевого кошелькового, сетного, дрейферного и троллового промысла у берегов Аляски, включая такие виды, как нерка (*Oncorhynchus nerka*), кета (*Oncorhynchus keta*), чавыча (*Oncorhynchus tshawytscha*), кижуч (*Oncorhynchus kisutch*) и горбуша (*Oncorhynchus gorbusha*). Промысел регулируется Советом по рыболовству (Board of Fisheries, BOF) и американским Департаментом рыбы и дичи (Alaska Department of Fish and Game, ADFG). Законодательство штата Аляска, четко требующее сохранения мест обитания лососей, и эффективное управление ресурсами позволило увеличить вылов в 8,5 раз – с 25 млн экз. в 1959 г. до 214 млн экз. в 1999 г. Вылов регулируется закрытием сезонов, ограничениями объемов промысла, размеров и полового состава уловов, методов лова, транспортировки и т. п. Было осуществлено совершенствование методов управления, охраны ресурсов, управления для различных видов коммерческого и спортивного лова. Около 80% сертифицированной продукции экспортируется в Японию. Консервированный лосось поступает в основном в Европу и США, хотя в последнее время объем свежего и копченого лосося, поставляемого на эти рынки, также увеличился. Прилагаются большие усилия по восстановлению и охране нерестилищ, воспроизводству запасов. Процесс сертификации занял 18 месяцев и был завершен в 2000 г.

Совсем недавно начат процесс подготовки к сертификации промысла палтуса на Аляске и патагонского клыкача у Южной Георгии. Сертификация промысла минтая у берегов Аляски, однако, приостановлена ввиду протестов ряда природоохранных организаций, которые выразили сомнения в соответствии этого промысла принципам MSC.

Кроме крупномасштабных операций MSC разработал процедуру для сертификации небольших по объему промыслов, основанных на вовлечении местного населения в рыболовство, что крайне важно для прибрежного рыболовства, поддержки малочисленных народов Севера и Дальнего Востока. На наш взгляд, из тех видов промысла, которые существуют в России, наиболее перспективными для сертификации являются ярусный лов трески и палтуса, ловушечный промысел крабов, креветок и трубача (но список не ограничивается только ими).

Каждый из этих видов промысла связан со своим комплексом проблем регулирования и уменьшения воздействия на окружающую среду. Однако характерно то, что уже сейчас существуют предпосылки для их решения.

Кроме того, возможности сертифицирования по системе MSC должны приниматься в расчет и при внедрении в российских водах тех видов промысла, которые раньше у нас не практиковались. Например, промысел трески ловушками, промысел лососей вертикальными буксируемыми ярусами, которые довольно широко применяются в США и Канаде, но практически не известны в России, обладают рядом преимуществ по сравнению с традиционными способами лова и заслуживают внедрения из соображений как экономической эффективности, так и относительной экологической безопасности.

Стоимость сертификации определяется путем переговоров между аудитором и компанией, желающей провести экологическую сертификацию. Один из способов ее снижения для отдельной компании – создание группы компаний, ведущих данный вид промысла, а также поиск доноров, поддерживающих устойчивое рыболовство.

Партнерами MSC, поддерживающими программу экологической сертификации, являются: UNILEVER – компания, покупающая около 25% мирового объема вылова так называемой «бе-

лой рыбы» (трески, минтая, хоки и т. д.) в Германии, США, Великобритании, а также такие крупные оптовые компании США, как Whole Foods Market Inc., Shaw's supermarket, Legal Sea Foods и др. Компания Unilever взяла на себя обязательство, что вся покупаемая ею рыбопродукция к 2005 г. будет иметь маркировку MSC.

Согласно данным Института мировых ресурсов (World Resources Institute) [139], в настоящее время потребление рыбы и продуктов ее переработки выросло на 240% по сравнению с 1960 г. За этот период мировое потребление рыбы и морепродуктов увеличилось с 27 до 91 млн т. К 2010 г. потребность в рыбе, учитывая ожидаемый рост населения, может достичь 120 млн т. При такой перспективе без эффективной и экологически сбалансированной системы управления рыболовством человечество будет безвозвратно терять природные источники белков животного происхождения в традиционных районах, удобных для ведения промыслов. Освоение «резервных» видов (криля, миктофид, кальмаров и др.) неизбежно потребует крупных капиталовложений в удаленные промыслы, создание новых технологий и других ресурсов.

*Лицензирование логотипа.* Заинтересованность в использовании логотипа MSC для маркировки предлагаемой покупателям продукции могут проявлять представители разных секторов рыбной промышленности. Заявления могут подавать перерабатывающие предприятия, предприятия розничной торговли или рыболовецкие хозяйства.

Любая организация, желающая использовать логотип MSC, должна получить лицензию от торгового посредника MSC компании Marine Stewardship Council International (MSCI), которая контролирует использование логотипа.

Правила и руководящие указания, регулирующие использование логотипа, приведены в документе под названием «Использование логотипа MSC. Правила и руководящие указания по применению». В этом документе объясняется, каким образом должен быть представлен логотип на упаковке.

Существует два разных способа использования логотипа – на продукции и не на продукции:

1. Использование логотипа на продукции означает, что он помещается либо на упаковке, содержащей морепродукт, который поставлен рыболовецким хозяйством и сертифицирован как соответствующий стандартам MSC, либо рядом со свежим рыбным продуктом на витрине (в виде этикетки на шпильке).

2. Использование логотипа не на продукции подразумевает использование логотипа любым другим образом, в том числе в средствах массовой информации, при оформлении учебных материалов, на месте продажи и в рекламной деятельности.

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Мировое рыболовство все отчетливее 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. Создать такую систему в искусственном виде вряд ли представится возможным. Человеку проще вернуться в уже существующую естественную систему. Но слишком тяжела утрата, которая произошла вследствие разрушения как объектов природы, так и отношений ее с субъектом.

Возможен ли компромисс, т. е. создание смешанной системы, в которой с возникновением новых положительных качеств будут устранены противоречия между природой и цивилизацией? Одним из главных камней преткновения будет, очевидно, техника, без которой человек в социальной среде немислим, по крайней мере как добытчик и производитель продуктов общественного потребления.

В процессе разработки, создания и функционирования желаемой системы потребуются решить целый ряд задач, чрезвычайно сложных, особенно на первых этапах. Прежде всего это будет связано с проникновением в водную среду, глобальным мониторингом, обеспечением «безболезненности» вживания в природные структуры. Решение задач регулирования рыболовства, а именно: постоянный мониторинг среды обитания гидробионтов и их собственного состояния;

контроль за промысловыми операциями и утилизацией добытых гидробионтов; управление промыслами; обеспечение необходимой избирательности лова и еще многих других – непременно потребует привлечения к этой деятельности определенных технических средств. Степень их воздействия на природные биологические системы неодинакова. Например, компьютерная техника для сбора информации, накопления, обработки и анализа данных, другие информационные системы, включая средства коммуникации, космические средства связи, слежения и т. д., по всей вероятности, не окажут существенного влияния на естественную среду. Другую группу составит техника, главным образом исследовательская и средства защиты, непосредственно контактирующая с водной средой, но сколько-нибудь значительного влияния на нее не оказывающая, а именно:

- технические средства контроля состояния среды (приборы);
- гидроакустические средства поиска и оценки численности биологических объектов, контроля работы орудий лова и определения их местоположения;
- подводная техника для непосредственных подводных наблюдений и исследований «in situ»;
- технические средства защиты водной среды и гидробионтов от отрицательного воздействия хозяйственных комплексов и сооружений.

Непосредственное влияние на экосистемы, даже с предельной его минимизацией, будут оказывать технические средства лова гидробионтов для исследовательских и контрольных целей; средства поиска и утилизации неконтролируемых орудий лова (потерянных, аварийных и т. д.); орудия лова с повышенными селективными свойствами; сооружения аквакультуры.

Главным объектом регулирования рыбохозяйственной деятельности будет оставаться массовое промышленное использование орудий лова, а также промыслового, перерабатывающего, транспортного и вспомогательного флота, портовых сооружений и береговых комплексов. Особое внимание должно быть уделено антропогенному фактору, обусловленному нерыбохозяйственным происхождением.

Если считать процессы добычи гидробионтов и аквакультуру средствами обеспечения человечества 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 она создается для обеспечения главной объективной цели – естественных отношений человека и природы.

К отрицательным факторам, относящимся к общему антропогенному воздействию на среду и создаваемым рыболовством вследствие использования технических средств, следует отнести следующие:

- 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;
- целенаправленное или сопутствующее основным процессам генерирование искусственных физических полей (акустических, оптических, электрических и др.), а также химико-бактериологическое воздействие;
- засорение промысловых участков водоемов затопленными, аварийными, потерянными орудиями лова и другими искусственными сооружениями, которые, как правило, используются в местах концентраций гидробионтов, их миграций и нереста;
- загрязнение среды нефтепродуктами, отходами производства, упаковочными материалами, тарой и др.

Для совокупности этого отрицательного воздействия можно выделить 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 ее биологических обитателей (экосистему);
- непрофессионализм субъектов, участвующих в рыбохозяйственных процессах;
- причины, носящие морально-психологический характер;
- воспитание, мировоззрение, выбор системы ценностей.

Успех в решении перечисленных выше проблем будет зависеть прежде всего от того, насколько своевременно (скоро) будут сформированы необходимые ресурсы, сформулированы

общие цели и выбраны критерии на основе системы общечеловеческих ценностей и объективных принципов естественного сосуществования людей как объекта природы.

Основной ресурс – время – не зависит от человека. Достаточность концентрации других ресурсов и их эффективное использование будут зависеть от управляющего воздействия разума.

На первых этапах главную роль станет играть формирование гуманистического мировоззрения на основе образования и просвещения. Роль техники в этом процессе должна быть определена на уровне разумной достаточности и целесообразности.

Подводя итог вышесказанному, хотелось бы еще раз подчеркнуть роль управления деятельностью человека в его отношениях с природой. Особую значимость этот процесс приобретает в открытых районах Мирового океана, где простое регулирование путем принятия законодательных актов отдельными государствами неэффективно. Здесь требуются всесторонне обоснованные и тщательно взвешенные правила поведения и методы контроля за их выполнением, принимаемые всем мировым сообществом без исключения. Подготовка таких международных законов (конвенций) связана, как правило, с преодолением огромных трудностей, порой требует многих лет кропотливого труда экспертов из разных стран, специализирующихся в различных областях науки. Еще больших усилий и средств требуется для получения необходимых достоверных данных, когда обобщения имеющихся знаний оказывается недостаточно.

На конкретном примере Антарктики показана в общих чертах реализация усилий по управлению рыболовством под эгидой АНТКОМ в некогда стихийно эксплуатируемом районе Мирового океана. Несмотря на незаживающие раны, нанесенные экосистемам этого района китобойным и зверобойным промыслами, он является перспективным источником пищевой белковой продукции. Наиболее актуальным на сегодняшний день, по мнению ФАО, следует считать производство кормов из криля для обеспечения развивающегося быстрыми темпами рыбоводства (аквакультуры). Однако известные технологии, разработанные советскими учеными еще в начале 80-х гг., могут обеспечить и непосредственное потребление в пищу деликатесного продукта из криля.

Несмотря на значительную удаленность, сложность климатических условий, постоянное присутствие льдов (айсбергов), советские рыбаки с энтузиазмом осваивали антарктические промысловые районы. Особый вклад в изучение и освоение этих районов внесли советские ученые. На основе обобщения полученных ими данных в основном и построена наша книга, предназначенная для молодых поколений исследователей и промысловиков.

Из совокупности знаний, полученных учеными, которые представляют различные направления океанологии (гидрологию, гидрохимию, гидробиологию, ихтиологию, гидроакустику и др.), формируется информационная база системы управления деятельностью человека в эксплуатируемых районах. Цель этого управления заключается не только в защите эксплуатируемых экосистем от пагубного воздействия, но и в обеспечении эффективности этой деятельности, а также ее безопасности для самих участников. В научно-исследовательских экспедициях параллельно с изучением условий среды, биологической продуктивности районов выполняется большой объем работы прикладного характера. В частности, проводятся эксперименты по изучению селективных свойств орудий лова, технологические исследования, связанные с улучшением качества продукции, а также испытания новых технических разработок и оборудования. В дальнейшем результаты этих экспериментов используются для разработки наиболее эффективных средств управления: международных правовых актов, правил по регулированию промыслов, объемов ОДУ, рекомендаций по использованию технических средств лова, заключений о целесообразности использования добытых гидробионтов для тех или иных целей.

Содержание книги поможет обучающимся найти необходимый материал на неформальных этапах курсового и дипломного проектирования. Выбрав соответствующую тему, студент сможет найти здесь необходимые данные для обоснования организации промысла, режима работы судна, выбора орудия лова, формы и размера ячеи, типа выпускаемой продукции.

Основанный на принципе рациональной эксплуатации биологических ресурсов открытых районов Мирового океана, предлагаемый материал поможет учащимся сформировать гуманистическое мировоззрение, воспитать в себе соответствующее отношение к природе, общим земным ценностям. Любая работа, связанная с исследованием, освоением и защитой Антарктики, до сих пор овеяна духом романтики. Не исключено, что в будущем кто-то из читателей найдет себя в этой работе уже как профессионал. Во всяком случае, мы на это надеемся.

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Азизов Я.М., Студенецкий С.А., Шпаченков Ю.А.* Рыбное хозяйство России на рубеже веков. – М.: Госкомрыболовство России, 2000.
2. *Алексеев А.П., Пономаренко В.П.* Рациональное рыболовство // Рыбное хоз-во. – 1999. – № 2.
3. Рыба или нефть / А.П. Алексеев, Т.С. Голованова, В.Г. Дубинина, В.П. Пономаренко // Рыбное хоз-во. – 2000. – № 4.
4. *Алексеев В.И.* Естественнонаучная подготовка студентов и развитие профессионального образования в России: Монография. – Владивосток: Дальрыбвтуз, 2000.
5. *Алексеев В.И.* Концепции современного естествознания: Учеб. пособие: В 2 ч. – Владивосток: Дальрыбвтуз, 2000.
6. *Алексеев И.Ф., Бочаров Л.Н.* Применение вертолетов для гидрологических работ на морских полигонах // Дистанционные исследования океана. – Владивосток: ТИНРО, 1990. – С. 248–150.
7. *Алексеев И.Ф. и др.* Комплексный промыслово-океанологический эксперимент «Вертикаль-ССС» с использованием судов, самолетов, спутников // Дистанционные исследования океана. – Владивосток: ТИНРО, 1990. – С. 152–159.
8. *Андреев Л.В.* В мире оболочек: от живой клетки до космического корабля. – М.: Знание, 1986.
9. *Андреев Н.Н.* Уравнение поверхности сетного полотна, прикрепленного к двум обручам // Тр. Калининградского рыбвтуза. – 1960. – Вып. 2. – С. 15–28.
10. *Андреев Н.Н., Любимов В.Г.* Геометрические свойства сетного полотна с ячейми шестиугольной формы // Рыбное хоз-во. – 1975. – № 9. – С. 52–55.
11. *Антонов В.П., Норинов Е.Г.* Результаты подводных исследований промысловых траловых систем на дальневосточном бассейне. – Владивосток: ОНТИ НПО «Дальрыбсистемотехника», 1990. – 26 с.
12. *Аронов М.П.* О некоторых особенностях подводных методов исследований // Подводные рыбохозяйственные исслед. – Мурманск: ПИНРО, 1986. – С. 120–128.
13. *Балькин П.А., Максименко В.П.* Биология и состояние запасов минтая западной части Берингова моря // Биологические ресурсы шельфовых и окраинных морей Советского Союза. – М.: Наука, 1990. – С. 111–126.
14. *Баранов Ф.И.* Теория и расчет орудий рыболовства. – М.: Пищ. пром-сть, 1948. – 462 с.
15. *Баранов Ф.И.* Избранные труды. Т. 1. Техника промышленного рыболовства. – М.: Пищ. пром-сть, 1969. – С. 255–284.
16. *Баранов Ф.И.* Избранные труды. Т. 3. Теория рыболовства. – М.: Пищ. пром-сть, 1971.
17. *Гидроакустическая система для обеспечения экологической безопасности промысла / С.А. Бахарев, Л.Ф. Бондарь, Е.Г. Норинов, Ю.Л. Шор // Рыбное хоз-во. – 2000. – № 5.*
18. *Бекяшев К.А., Сапронов В.Д.* Мировое рыболовство: вопросы международного сотрудничества. – М.: Агропромиздат, 1990.
19. *Бекяшев К.А., Волков А.А., Калгополов С.Г.* Морское и рыболовное право, охрана природы. – М.: Агропромиздат, 1990. – 368 с.
20. *Бекяшев К.А.* Рыболовство по правилам // Рыбное хоз-во. – 1999. – № 2. – С. 4.
21. *Бекяшев К.А.* Рыболовный кодекс XXI века // Рыбное хоз-во. – 1999. – № 3. – С. 4.
22. *Бивертон Р., Холт С.* Динамика численности промысловых рыб. – М.: Пищ. пром-сть, 1969.
23. Биологические ресурсы открытого океана // Сб. тр. – М.: Наука, 1987.
24. Биологические ресурсы Индийского океана // Сб. тр. – М.: Наука, 1989.
25. Биологические ресурсы шельфовых и окраинных морей // Сб. тр. – М.: Наука, 1990.
26. *Бир С.* Кибернетика и управление производством. – М.: Физматгиз, 1963.
27. *Бойцов А.Н., Норинов Е.Г.* Качественная оценка рабочих параметров разноглубинных траловых систем // Исследования поведения некоторых объектов промысла при взаимодействии с орудиями лова. – Владивосток: ТИНРО, 1980. – С. 50–55.
28. *Бородин Р.Г.* Критерии и методы регулирования промысла морских биоресурсов южного полушария: Автореф. дис. ... д-ра техн. наук. – М.: ВНИРО, 1997.
29. *Бочаров Л.Н.* Системный анализ в краткосрочном рыбопромысловом прогнозировании. – Л.: Наука, 1990.

30. *Брухис В.М.* АНТКОМ ввела систему документации уловов клыкача // Рыбное хоз-во. – 2000. – № 2. – С. 34.
31. *Булатов Н.В.* Состояние и перспективы использования спутниковой информации в рыбохозяйственных целях // Дистанционные исследования океана. – Владивосток: ТИНРО, 1990. – С. 3–9.
32. *Варкентин А.И., Золотов А.О., Буслов А.В.* Недоучет вылова минтая как один из факторов снижения численности // Докл. 2-й Камчатской обл. науч.-практ. конф. «Проблемы охраны и рационального использования биоресурсов Камчатки». – Петропавловск-Камчатский, 2000.
33. *Винер Н.* Кибернетика и общество. – М.: Изд-во иностр. лит., 1958.
34. *Виноградов Н.Н.* О влиянии конструкции кутков тралов на размерный состав рыбы в уловах // Рыбное хоз-во. – 1961. – № 1. – С. 20–26.
35. *Войтоловский Г.К.* Стратегия рыболовства: международные условия: Монография. – М.: Агропромиздат, 1988. – 224 с.
36. Вопросы селективности орудий лова: Обзорная информация ВНИЭРХ // Рыбное хоз-во. Сер. «Пром. рыболовство». – 1996. – Вып. 1. – 58 с.
37. *Габрюк В. И., Кулагин В.Д.* Механика орудий рыболовства и АРМ промысловика. – М.: Колос, 2000. – 416 с.
38. *Гимбатов Г.М.* Управление рыбным хозяйством России и региона. Опыт и перспективы. – М.: Альба, 2001. – 360 с.
39. *Дементьева Т.Ф.* Биологическое обоснование промысловых прогнозов. – М.: Пищ. пром-сть, 1976. – 240 с.
40. *Денисов Л.И.* Избирательность и удерживающая способность ячеи различной формы // Рыбное хоз-во. – 1966. – № 10. – С. 50–52.
41. *Денисов Л.И.* Рыболовство на водохранилищах. – М.: Пищ. пром-сть, 1978. – С. 51.
42. *Джеффферс Дж.* Введение в системный анализ: применение в экологии. – М.: Мир, 1981.
43. *Джонс Дж. К.* Методы проектирования. – М.: Мир, 1986.
44. *Диомидов М.Н., Дмитриев А.Н.* Подводные аппараты. – Л.: Судостроение, 1966. – 364 с.
45. *Евсеева Н.* Морской капусты у Южных Курил может не остаться // Рыбное хоз-во. – 1999. – № 2. – С. 41.
46. *Ефанов С.Ф., Истомин И.Г., Долматов А.А.* Влияние формы тела рыбы и ячеи на селективные свойства трала // Орудия и способы рыболовства. Вопросы теории и практики. – М.: ВНИРО, 1988. – С. 124–152.
47. *Засосов А.В.* Теоретические основы рыболовства. – М.: Пищ. пром-сть, 1970.
48. *Земский А.В.* Изучение массовых видов миктофид восточной части тихоокеанского сектора Антарктики // Биолого-океанографические исследования тихоокеанского сектора Антарктики. – М.: ВНИРО, 1987.
49. *Зиланов В., Шевченко В., Шибанов В.* Исландская система индивидуально передаваемых квот на вылов морских живых ресурсов // Рыбное хоз-во. – 1999. – № 2.
50. *Зиланов В., Шевченко В., Шибанов В.* Рыбохозяйственные исследования в Исландии // Рыбное хоз-во. – 1999. – № 4. – С. 40–43.
51. *Золотов О.Г. и др.* Оценка запасов восточноокеанского минтая традиционными и альтернативными методами // Докл. 2-й Камчатской обл. науч.-практ. конф. «Проблемы охраны и рационального использования биоресурсов Камчатки». – Петропавловск-Камчатский, 2000.
52. *Иванченко Н.С.* Охрана природы. – М.: Пищ. пром-сть, 1978. – 198 с.
53. *Ивченко В.В.* Проблемы биоэкономического кадастра Мирового океана (основы теории и методологии). – М.: Агропромиздат, 1985. – 159 с.
54. *Изнанкин Ю.А.* Основы расчета оснастки и натяжения подборы, задающейся на сетном мешке, имеющем вид поверхности вращения // Тр. КТИПР. – 1973. – Вып. 3. – С. 74–78.
55. Инструкция по сбору и первичной обработке планктона в море. – Владивосток: ТИНРО, 1980. – 46 с.
56. Инструкция по количественной обработке морского сетного планктона. – Владивосток: ТИНРО, 1982. – 29 с.
57. *Истошин Ю.В.* Морская гидрометрия. – Л.: Гидрометеиздат, 1967. – 408 с.

58. *Кадильников Ю.В.* Вероятностно-статистическая теория рыболовных систем и технической доступности для них водных биологических ресурсов. – Калининград: АтлантНИРО, 2001. – 277 с.
59. *Каргополов С.Г., Поваляев Л.Ф.* Контроль за соблюдением промысловыми судами правил рыболовства. – М.: Пищ. пром-сть, 1984. – 120 с.
60. *Карпенко Э.А., Лапшин О.М., Акишин В.В.* Определение размерного состава скопления по характеристикам улова. – М.: МДС, 2000. – 32 с.
61. *Ким Э.Д., Коваленко М.Н., Норинев Е.Г.* Конструктивное совершенствование сетных орудий лова путем применения специальных сепарирующих устройств: Материалы Междунар. науч.-практ. конф. «Рыбохозяйственное образование в XXI веке». – Петропавловск-Камчатский: КамчатГТУ, 2002.
62. *Клиланд Д., Кинг В.* Системный анализ и целевое управление. – М.: Наука, 1974.
63. *Комарицин А.* Система обмена океанографическими данными // Рыбное хоз-во. – 1999. – № 3.
64. *Константинов К.Г.* Промысловая ихтиология. – М.: Пищ. пром-сть, 1965. – 116 с.
65. *Корельский В.Ф.* Рыболовство России на отечественном и мировом рынках // «ЭКО» РАН. – № 7. – 1994. – С. 86–100.
66. *Коротков В.К., Кузьмина А.С.* Трал, поведение объекта лова и подводные наблюдения за ними. – М.: Пищ. пром-сть, 1972. – 270 с.
67. Гибкие селективные устройства / В. Коротков, Ю. Курляндский, О. Габриель, К. Ланге // Рыбное хоз-во. – 1999. – № 5.
68. *Костюков В.М.* Исследование гидродинамики моделей сетных частей тралов // Обоснование орудий промышленного рыболовства. – М.: Пищ. пром-сть, 1986. – С. 60–68.
69. *Кочкиков В.Н.* Приловы и выбросы в мировом рыболовстве // Рыбное хоз-во. – 2000. – № 5. – С. 24–27.
70. *Кочкиков В.Н.* Проблемы сокращения добывающего флота // Рыбное хоз-во. – 2001. – № 3.
71. *Крылов Г.Г., Вельмина О.И.* Вопросы селективности орудий лова // Рыбное хоз-во. Сер. «Пром. рыболовство». – 1996. – Вып. 1–2.
72. *Кулагин В.Д.* Общая теория сетных оболочек орудий промышленного рыболовства // Эксплуатация и проектирование судов и орудий лова: Сб. науч. тр. – Вып. 6. – Калининград: БГА РФ, 1995. – С. 4–32.
73. *Кулагин В.Д.* Статика сетных оболочек: Учеб. пособие. Ч. I. – Калининград: КГТУ, 1995. – 104 с.
74. *Курмазов А.* Минтай: промысел и ... проблемы // Рыбное хоз-во. – 1999. – № 2. – С. 7.
75. *Левин В.С., Коробков В.А.* Экология шельфа: проблемы промысла донных организмов. – СПб.: Элмор, 1998. – 224 с.
76. *Любимова Т.Г., Шуст К.В.* Оценка уровня потребления криля основными группами консументов // Биологические ресурсы антарктического криля. – М.: ВНИРО, 1980.
77. *Любимова Т.Г.* Основные закономерности пространственного и количественного распределения биоресурсов Антарктики // Биологические ресурсы Арктики и Антарктики. – Вып. 7. – М.: ВНИРО, 1987.
78. *Мальшев А.А.* Некоторые направления в исследованиях антарктического криля в Японии // Рыбное хоз-во. – 1979. – № 9. – С. 12–13.
79. *Макаров Р.Р., Спиридонов В.А.* Пелагиаль тихоокеанского сектора Антарктики: основные этапы и некоторые итоги исследований // Биолого-океанографические исследования тихоокеанского сектора Антарктики. – М.: ВНИРО, 1987.
80. Межведомственная ихтиологическая комиссия поднимает важные проблемы рыболовства // Рыбное хоз-во. Сер. «Биопромысловые и экон. вопр. мирового рыболовства»: Аналитическая и реферативная информ. / ВНИЭРХ. – 1997. – Вып. 6. – С. 21–29.
81. *Мельников А.В.* Расчетно-экспериментальные методы исследования селективных свойств и обоснование размера ячеи концентрирующих частей отцеживающих орудий лова // Исслед. по технике пром. рыболовства и поведению рыб: Сб. науч. тр. – М.: ВНИРО, 1983. – С. 48–56.
82. Методические указания по сбору данных по селективности тралов и травматической гибели рыб, прошедших сквозь ячею кутка. – М.: ВНИРО, 1983. – 20 с.
83. *Моисеев П.А.* Биологические ресурсы Мирового океана: Монография. – М.: Агропромиздат, 1989. – 368 с.

84. *Моисеев П.А.* Состояние, тенденции развития и будущее мирового рыболовства и аквакультуры // Рыбное хоз-во. Сер. «Биопромисловые и экон. вопр. мирового рыболовства»: Обзорная информ. / ВНИЭРХ. – 1995. – Вып. 2.
85. *Никольский Г.В.* Теория динамики стада рыб. – М.: Пищ. пром-сть, 1974. – 448 с.
86. *Никоноров И.В.* Экология и рыбное хозяйство. – М.: Экспедитор, 1996. – 256 с.
87. *Новиков Н.П.* Промысловые рыбы материкового склона северной части Тихого океана. – М.: Пищ. пром-сть, 1974.
88. *Новосельцев В.Н.* Теория управления и биосистемы. Анализ сохранительных свойств. – М.: Наука, 1978.
89. *Норинов Е.Г.* Опытные работы по промыслу криля в западной части тихоокеанского сектора Антарктики // ЭИ/ЦНИИТЭИРХ. Серия «Пром. рыболовство». – 1978. – Вып. 1. – С. 17–20.
90. *Норинов Е.Г.* Освоение техники промысла криля в западной части тихоокеанского сектора Антарктики // Пути совершенствования методов обработки криля: Тез. докл.: – Владивосток: Дальрыбвтуз, 1978. – С. 5–6.
91. *Норинов Е.Г.* Исследование рабочих параметров удерживающей части разноглубинного трала // Исследование поведения некоторых объектов промысла при взаимодействии с орудиями лова. – Владивосток: ТИНРО, 1980. – С. 56–62.
92. *Норинов Е. Г.* Технические возможности, результаты и проблемы использования ПОА типа «Тетис» // Подводные обитаемые аппараты в исследованиях физических полей океана. – Владивосток: ДВГУ, 1980. – С. 42–48.
93. *Норинов Е. Г.* Некоторые результаты подводных наблюдений за поведением минтая в районе острова Итуруп // Физические раздражители в технике рыболовства. – Владивосток: ТИНРО, 1982.
94. *Норинов Е.Г., Татарников В.А.* Результаты исследований рабочих параметров удерживающих частей разноглубинных тралов // Поведение рыб и орудий лова. – Владивосток: ТИНРО, 1983. – С. 33–40.
95. *Норинов Е.Г., Никитин В.Ф., Ефанов С.Ф.* Применение в тралах сетного полотна с квадратной формой ячеи для улучшения качества сырца из криля // ЭИ/ЦНИИТЭИРХ. Сер. «Обработка рыбы и морепродуктов». – 1985. – Вып. 1. – С. 4–14.
96. А. с. 1444981 СССР. Трал.
97. *Норинов Е.Г.* Селективные свойства тралов с квадратной структурой оболочки при облове минтая // Совершенствование и создание новых способов и орудий лова. – Владивосток: ТИНРО, 1990. – С. 17–22.
98. *Норинов Е.Г.* Поведение минтая в разноглубинном трале // Совершенствование и создание новых способов и орудий лова. – Владивосток: ТИНРО, 1990. – С. 22–28.
99. *Норинов Е.Г.* Методы сбора информации для прогнозирования состояния биологических ресурсов рыболовства: Учеб. пособие. – Владивосток: Дальрыбвтуз, 1996.
100. *Норинов Е. Г.* Использование электронных таблиц для расчетов и анализа данных в рыбохозяйственных исследованиях // Материалы науч. конф. «Рыбохозяйственные исследования океана». – Владивосток: Дальрыбвтуз, 1996. – С. 92–93.
101. *Норинов Е.Г.* Исследование системы прибрежного рыбохозяйственного комплекса Прииморского края // Материалы науч. конф. «Рыбохозяйственные исследования океана». – Владивосток: Дальрыбвтуз, 1996.
102. *Норинов Е.Г.* Охрана водных биологических ресурсов – профессиональный подход // Сб. докл. науч.-метод. конф. «Наука и учебный процесс». – Владивосток, Дальрыбвтуз, 1996.
103. *Норинов Е.Г.* Рациональное рыболовство – новый курс для новой специальности // Сб. тез. науч.-метод. конф. «Наука и учебный процесс». – Владивосток: Дальрыбвтуз, 1996.
104. *Норинов Е.Г.* Системоаналитический подход к решению проблемы развития прибрежного рыбохозяйственного комплекса Приморского края // Науч. тр. Дальрыбвтуза. – Вып. 7. – Владивосток: Дальрыбвтуз, 1996.
105. *Норинов Е.Г.* Проектирование систем. Введение: Курс лекций. – Владивосток, Дальрыбвтуз, 1997.
106. *Норинов Е.Г.* Рациональное рыболовство в аспекте гуманизации образования // Науч. тр. Дальрыбвтуза. – Вып. 9. – Владивосток: Дальрыбвтуз, 1997.
107. *Норинов Е.Г., Матсусита Е.* Избирательные свойства квадратной ячеи с точки зрения решения проблем рационального рыболовства в дальневосточных районах промысла // Вопр.

- теории и практики пром. рыболовства. Поведение гидробионтов в зоне действия орудий лова: Сб. науч. тр. – М.: ВНИРО, 1998.
108. *Норинов Е.Г.* Геометрические преобразования в структуре сетных оболочек орудий лова // Науч. тр. Дальрыбвтуза. – Вып. 11. – Владивосток: Дальрыбвтуз, 1998.
109. *Норинов Е.Г.* Подводные технические средства для прикладных рыбохозяйственных исследований // Тр. 4-й Междунар. науч.-техн. конф. «Современные методы и средства океано-логических исследований». – М.: РАН, 1998.
110. *Норинов Е.Г.* Неопределенности реального рыболовства // Материалы науч.-техн. конф. ПИНРО. – Мурманск, 1998.
111. *Норинов Е.Г. и др.* Программное обеспечение расчета основных характеристик конусных сетных оболочек с трапецеидальной структурой // Науч. тр. Дальрыбвтуза. – Вып. 12. – Владивосток: Дальрыбвтуз, 1999.
112. *Норинов Е.Г.* Проблемы использования технических средств в связи с регулированием рыбохозяйственной деятельности // Науч. тр. Дальрыбвтуза. – Вып. 13. – Владивосток: Дальрыбвтуз, 2000.
113. *Норинов Е.Г.* Результаты исследований избирательных свойств квадратной ячеи по отношению к объектам донного тралового промысла // Науч. тр. Дальрыбвтуза. – Вып. 14/1. – Владивосток: Дальрыбвтуз, 2001.
114. *Норинов Е.Г., Шевцов В.И.* Использование гидроакустических средств для оценки параметров тралового лова // Науч. тр. Дальрыбвтуза. – Вып. 14/1. – Владивосток: Дальрыбвтуз, 2001.
115. *Норинов Е.Г., Тимошок А.Е., Алифанов Р.* Технологические особенности изготовления прямоугольных и цилиндрических деталей орудий лова с квадратной формой ячеи // Рыбное хоз-во. – № 3. – 2001.
116. *Норинов Е.Г.* Принципы управления и технические средства регулирования в системе прибрежного рыболовства // Материалы Междунар. науч.-практ. конф. «Рыбохозяйственное образование в XXI веке». – Петропавловск-Камчатский: КамчатГТУ, 2002.
117. *Норинов Е.Г.* Статистические модели, используемые при обработке экспериментальных данных селективности буксируемых орудий лова // Вестник КамчатГТУ. – 2002. – № 1. – С. 5–12.
118. *Одум Ю.* Основы экологии. – М.: Мир, 1975.
119. Опыт и проблемы управления ресурсами рыболовства за рубежом // Рыбное хоз-во. Сер. «Биопромысловые и экон. вопр. мирового рыболовства»: Информ. пакет / ВНИЭРХ. – 1997. – Вып. 1.
120. *Павлов К.Л., Эльдаров А.Л.* Развитие зарубежного промысла криля. – ЭИ/ЦНИИТЭИРХ. Сер. 2. – 1976. – С. 1–20.
121. *Павлов М.А., Павлов К.Л.* Зарубежные научно-промысловые исследования антарктического криля // Рыбное хоз-во. – 1978. – № 10. – С. 32–34.
122. *Перегудов Ф.И., Тарасенко Ф.П.* Введение в системный анализ. – М.: Высш. шк., 1989.
123. *Пономаренко В.П., Алексеев А.П., Осетрова Н.В.* Об организационных проблемах современного рыболовства / Рыбное хоз-во. – 2001. – № 1. – С. 19.
124. *Пономаренко В.П.* Экологические требования к разработкам месторождений нефти и газа // Рыбное хоз-во. – 2000. – № 4. – С. 26.
125. *Правдин И.Ф.* Руководство по изучению рыб. – М.: Пищ. пром-сть, 1966. – 376 с.
126. Промысел антарктического криля Японией // ЭИ/ЦНИИТЭИРХ. Сер. «Рыбохозяйственное использование ресурсов Мирового океана». – 1978. – Вып. 2. – С. 17.
127. Промысловое описание западной части тихоокеанского и восточной части индоокеанского секторов Антарктики. – Владивосток: ТИНРО, 1989.
128. *Проценко И.Г.* Информационная система мониторинга рыболовства // Рыбное хоз-во. Спецвыпуск. – 2001.
129. Результаты промысла криля во время западногерманской Антарктической экспедиции 1975–1976 гг. // ЭИ/ЦНИИТЭИРХ. Сер. «Рыбохозяйственное использование ресурсов Мирового океана». – 1977. – Вып. 8. – С. 1–5.
130. *Риклефс Р.* Основы общей экологии. – М.: Мир, 1979.
131. Руководство по изучению десятиногих ракообразных *Decapoda* дальневосточных морей. – Владивосток: ТИНРО, 1979.
132. Руководство по проведению гидроакустических съемок. – М.: ВНИРО, 1984.

133. Руководство по экспресс-обработке сетного планктона в море. – Владивосток: ТИНРО, 1984.
134. Руководство по сбору и первичной обработке данных акустических измерений при проведении тралово-акустических съемок запасов минтая в Беринговом море. – Владивосток: ТИНРО-центр, 1999.
135. Рыкунов Э.М. Основы гидрошлейфовой теории расчета траловых систем // Изв. ТИНРО. – 1975. – Т. 94. – С. 151–159.
136. Саврасов В. К., Ходоренко В.П. Краткие результаты отечественных и зарубежных исследований в области техники добычи криля. – Калининград: СЭКБпромрыболовства, 1977.
137. Сборник нормативно-правовых актов, регламентирующих рыбохозяйственную деятельность в Российской Федерации: В 2 т. – М.: Полиграфсервис, 2001.
138. Серебров Л. И. Повторный облов как метод количественной оценки малоподвижных гидробионтов // Вопросы теории и практики промышленного рыболовства. Поведение гидробионтов в зоне действия орудий лова: Сб. науч. тр. – М.: ВНИРО, 1998.
139. Спиридонов В.А., Згуровский К.А. Экономическая сертификация морского рыболовства. – Владивосток: Апельсин, 2003. – 23 с.
140. Сучков А. И. Оптимизация конструкции и технология изготовления рыболовных тралов. – М.: ВНИРО, 1973. – 52 с.
141. Сучков А. И. Научное обоснование, расчет и результаты испытаний цельновязанных разноглубинных тралов с оптимизированными параметрами. – М.: ВНИРО, 1975. – 91 с.
142. Сучкова М. Г. Размеры и возраст впервые созревающего минтая Охотского моря // Изменчивость состава ихтиофауны, урожайности поколений и методы прогнозирования запасов рыб в северной части Тихого океана: Сб. ст. – Владивосток: ТИНРО, 1987. – С. 22–27.
143. Толмачев В. И. Изучение причин, обуславливающих селективность траллирующих орудий рыболовства // Тр. АтлантНИРО. – 1964. – Вып. 12. – С. 100–128.
144. Трещев А.И. Научные основы селективного рыболовства. – М.: Пищ. пром-сть, 1974.
145. Трещев А.И. Интенсивность рыболовства. – М.: Пищ. пром-сть, 1983.
146. Трещев А. И. и др. Селективные свойства траловых мешков и выживаемость минтая // Обоснования орудий промысла. – Владивосток: ТИНРО, 1985. – С. 18–29.
147. Трухин Н.В. Рациональное использование рыбного сырья. – М.: Агропромиздат, 1985.
148. Фадеев Н. С. Промысловые рыбы северной части Тихого океана. – Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1984. – 270 с.
149. Фадеев Н. С. Минтай // Биологические ресурсы Тихого океана. – М.: Наука, 1986. – С. 187–201.
150. Федоров С.Г., Малышев А.А. Договор об Антарктике и проблемы международного регулирования использования морских живых ресурсов Южного океана // Биологические ресурсы антарктического криля. – М.: ВНИРО, 1980.
151. Фридман А. Л. Теория и проектирование орудий промышленного рыболовства. – М.: Пищ. пром-сть, 1981. – С. 75–92.
152. Фридман А.Л. Мировое рыболовство: Курс лекций. – Калининград: КТИ, 1993. – 55 с.
153. Хилборн Р. Почему моряки не поддерживают мероприятия по сохранению и восстановлению рыбных запасов // Рыбное хоз-во. – 2001. – № 3.
154. Шпаченков Ю.А., Каретко С.Г. Направления развития российского промысла в традиционных открытых районах Мирового океана в условиях становления рыночной экономики // Рыбное хоз-во. Сер. «Биологические и экон. вопросы мирового рыболовства»: Экспресс-информация/ВНИЭРХ. – М., 1995. – Вып. 7–8.
155. Шпаченков Ю.А. Управление использованием, охраной и воспроизводством водных биологических ресурсов // Рыбное хоз-во. Сер. «Биопромысловые и экономические вопросы мирового рыболовства»: Экспресс-информация / ВНИЭРХ. – М., 1996. – Вып. 2.
156. Шунтов В.П. Биологические ресурсы Охотского моря. – М.: Агропромиздат, 1985. – 224 с.
157. Минтай в экосистемах дальневосточных морей / В.П. Шунтов, А.Ф. Волков, О.С. Темных, Е.П. Дулепова. – Владивосток: ТИНРО, 1993. – 426 с.
158. Щербина Н.Г. Современные международно-правовые проблемы регулирования рыболовства: Монография. – Владивосток: ДВГУ, 1987.
159. Эльдаров А.Л. Развитие японского промысла криля // ЭИ/ЦНИИТЭИРХ. Сер. «Пром. рыболовство». – 1978. – Вып. 1. – С. 20–24.

160. Эльдаров А.Л. Развитие отечественного промысла криля // ЭИ/ЦНИИТЭИРХ. Сер. «Пром. рыболовство». – 1978. – Вып. 1. – С. 12–17.
161. Эльдаров А.Л. Обобщение опыта работы отечественных и зарубежных экспедиций на промысле криля // ЭИ/ЦНИИТЭИРХ. Сер. «Пром. рыболовство». – 1978. – Вып. 1. – С. 67.
162. Эльдаров А.Л. Работы ФРГ по освоению промысла антарктического криля // ЭИ/ЦНИИТЭИРХ. Сер. «Пром. рыболовство». – 1978. – Вып. 1. – С. 1–4.
163. Юдович Ю.Б., Барал А.А. Промысловая разведка рыбы. – М.: Пищ. пром-сть, 1968. – 304 с.
164. Японские работы по промыслу криля // ЭИ/ЦНИИТЭИРХ. Сер. 2. – 1973. – Вып. 8.
165. Alverson D.L., Freeberg M.H., Pope J.G. and Murawski S.A. Aglobal assessment of fisheries by-catch and discards: A summary overview // FAO Fisheries Technical paper. – Rome: FAO, 1994. – N. 339. – 233 p.
166. Anon. Report of the Mesh Selection Working Group 1959-60. ICES Coop. Res. Rep. 2, 1964.
167. Anon. Council Regulation (EEC) No. 3094/86 laying down certain technical measures for the conservation of fishery resources // Official Journal of the European Communities. – 1986. – N. L288/1.
168. Anon. Report from FTFB Subgroup : Evaluation of source of variability in the fishing power of the GOV trawl. Int. Coun // Explor. Sea CM 1992/B:39. – 1992.
169. Anon. Manual for the International Bottom Trawl Surveys. Rev. IV. Addendum to ICES CM 1992/H:3. 1992.
170. Anon. Multilingual Dictionary of Fishing Gear. 2 nd ed.: Fishing New Books: Oxford and Office for Official Publications of the European Communities. – Luxembourg, 1992. – 333 p.
171. Anon. Multilingual Dictionary of Fishing Vessels and Safety on Board. 2 nd ed. Fishing News Books; Oxford and Official Publications of the European Communities. – Luxembourg, 1992. – 947 p.
172. Anon. Report of the sub-group on methodology of fish survival experiments // ICES C. M. – 1994 / B: 8. – 46 p.
173. Anon. Admiralty List of Radio Signals. Vol. 3. NP 283. Hydrographer of the Navy // Taunton, UK. – 1995.
174. Barnes R.S.K., Hughes R.N. An Introduction to Marine Ecology // Blackwell Science, 1999.
175. Barlow R.E.D., Bartholomew J., Bremner J.M. and Brunk H.D. Statistical inference under order restrictions. – Wiley, 1972. – 388 p.
176. Barwick D.H. Stocking and hooking mortality of planted rainbow trout in Jocassee reservoir, South Carolina. N. Amer. J. Fish. Man. 5, 580–583 (1985).
177. Beamish F.W.H. Muscular fatigue and mortality in Haddock *Melanogrammus aeglefinus*, caught by otter trawl. J. Fish. Res Bd. – Canada, 23, 1507–1519 (1966).
178. Beverton R.J.H. and Holts S.J. On the dynamics of exploited fish populations // Fish. Invest. – London, Ser. 2. – 1957. – 533 p.
179. Brant A. von and Carrothers P.J.G. Test methods for fishing gear materials (twines and netting) // In: H. Kristjonsson (Ed), Modern Fishing Gear of the World. Vol. 2. Fishing News Books, Farnham.
180. Breen P.A. Report of the working group on ghost fishing // Proceedings of the Second International Conference on Marine Debris. II: 1216–1225 (1990).
181. Glossary of United Kingdom Fishing Gear Terms / J.P. Bridger, J.J. Foster, A.R. Margetts, E.S. Strange // Fishing News Books Ltd, Farnham. – 1981. – P. 115.
182. Buja A., Hastie T., Tibshirani R. Linear smoothers and additive models // Ann. Statist. – 1989. – N. 17. – P. 453–555.
183. Underwater survey of simulated lost demersal and lost commercial gillnets off New England / H.A. Carr, E.H. Amaral, A.W. Hulbert, R. Cooper // Proceedings of the Workshop on the Fate and Impact of Marine Debris, 26–29 November 1984, Honolulu, Hawaii. – NOAA TM NMFS SWFC 54, 438–447 (1985).
184. Caddy J.F. Underwater observations of tracks of dredges and trawls and some effects of dredging on a scallop ground. J. Fish. Res. Bd., Canada, 30, 173–180 (1973).
185. Cadigan N.G. and Millar R.B. The reliability of selection curves obtained from trouser or alternate haul studies // Can. J. Fish. Aquat. Sci. 49: 1624–1632 (1992).

186. *Chopin F.* The design and testing of two 1:3 scale commercial trawls fitted with separator panels. Final Report on contract FP111-7-0585/01-OSC to Fisheries Development and Fishermen's Services Division, PO Box 550, Halifax, Nova Scotia, Canada, B3J 2S7 (1988).
187. The of plasma cortisol kits for measuring the stress response in fish due to handling and capture / *F.S.M. Chopin, T. Arimoto, N. Okamoto, Y. Inoue, A. Tsunoda* // *Journal of Tokyo Univ. Fisheries* 82, 79–90 (1995).
188. *Chopin F.S.M., Arimoto T.* The condition of fish escaping from fishing gears-a review // *Fisheries Research* 21, 315–327 (1995).
189. *Chopin F.S.M., Inoue Y.* Stress and survival in the capture process. In *Behavioural Physiology of fish in the capture process*. *Arimoto, T. and Nanda, K. eds.* // *Japanese Society for Scientific Fisheries* (in Japanese), 108, 116–128 (1996).
190. *Chopin F., Inoue Y., Arimoto T.* Development of a catch mortality model. *Fisheries Research*, 25, 377–382 (1996).
191. *Chopin F.S.M., Inoue Y., Arimoto T.* A comparison of the stress response and mortality of sea bream *Pagrus major* captured by hook and line and trammel net // *Fisheries Research* 28, 277–289 (1996).
192. *Chopin F., Inoue Y., Matsushita Y.* Conservation harvesting technology – is there some common ground between aquaculturists and fishing technologists? // *Bull. Natl. Res. Inst. Aquacult., Suppl. 3.* – 1997. – P. 169–177.
193. *Clark J.R.* Effect of length of haul on codend escapement. ICNAF/ICES/FAO workshop on selectivity, Lisbon // *Paper S25* (1957).
194. *Cleveland W.S., Devlin S.J.* Locally-weighted regression: an approach to regression analysis by local fitting // *J. Amer. Stat. Ass.*, 83, 596–610 (1988).
195. *Clucas I.* A study of the options for utilization of bycatch and discards from marine capture fisheries // *FAO Fisheries Circular.* –1997.– № 928.
196. *Collet D.* Modelling binary data. – London, Chapman and Hall, 1991. – 369 p.
197. *ConStar.* CC selectivity // *Grønspættevej 10, DK-9800 Hjørring, Denmark* (1995).
198. *Cooper C.G.* Experiments with different grate designs in a silver hake trawl. DFO, Industry Services and Native Fisheries, Scotia-Fundy Region, Nova Scotia, Can // *Project Summary*, 45 (1993).
199. *Cooper C.G., Hickey W.M.* Selectivity experiments with square mesh codends of 130, 140 and 155 mm. Fisheries Development and Fishermen's Services Division, PO Box 550, Halifax, Nova Scotia, Canada, B3J 2S7 // *Project Report* . – 1989. –154 p.
200. *Dahm E.* Zur Messung der Biegesteifigkeit schwerer Trawlnetzgarne. (On the measurement of the flexural stiffness of heavy trawl net twines.) // *Protokolle Fischereitechnik*, XIII, 62:289–302; *Also Scot. Fish. Res. Trans*, 151 (1974).
201. *Davies F.M.* Size limits mesh regulations for sea fish // *Rapports et Proces-verbaux des reunions, Conseil Permanent International pour l'Exploration de la Mer.* – 1934. – N. 90(5).
202. *Dempster A.P., Laird N.M., Rubin D.B.* Maximum likelihood from incomplete data via the EM algorithm // *J.R. Stat. Soc. B39.* – 1977. – P. 1–38.
203. *Donaldson E.M.* The pituitary-interrenal axis as an indicator of stress in fish. In *Pickering, A. D., ed. Stress in fish.* – New York: London: Academic Press. – 1981. – P. 11–47.
204. Handling and capture mortality in trawls and seines / *D.J. Dunning, Q.E. Ross, M.T. Mattson, P. Geoghegan* // *N. Amer J. Fish. Man.* 9. – 1989. – P. 171–176.
205. *Engas A., Isaksen B. and Soldal A.V.* Simulated gear injuries on cod and haddock, a tank experiment / *ICES Working Group on Fishing Technology and Fish Behaviour, Rostock 23–25 April.* – 1990. – 9 p.
206. FAO. Review of the state of world marine fishery resources // *FAO Fisheries technical paper* 335; Rome, FAO. – 1993. – 136 p.
207. FAO. The state of world fisheries and aquaculture // *FAO Fisheries Department Report*; Rome, FAO. – 1995. – 57 p.
208. *Feller W.* An introduction to probability theory and its applications, volume I, 3<sup>rd</sup> edition. – New York: Wiley, 1968.
209. *Ferro R.S.T.* Objective measurement of the thickness of netting twine used in the fishing industry // *Fish. Res.* – 1989. – N. 8. – P. 103–112.
210. *Ferro R.S.T., O'Neill F.G.* An overview of the characteristics of twines and netting that may change selectivity // *ICES CM.* – N. B-35. – 1994.

211. *Ferro R.S.T., O'Neill F.G.* An overview of methods of measuring twine and netting characteristics and mesh size // ICES CM. – 1994. – N. 36.
212. *Ferro R.S.T., Stewart P.A.M.* The analysis of catch comparison data // ICES CM. – 1990. – N. 34.
213. *Ferro R.S.T. and Xu L.* An investigation of three methods of mesh size measurement // Fisheries Research. – 1996. – N. 25(2). – P. 171–190.
214. *Fischer W.* Der Krill (*Euphausia*) und andere Nahrungsreserver im Gebiet der Antarktis // Protocoll zur Fischereitechnik. – 1974. – Bd. 13. – N. 62. – P. 226–268.
215. *Fischer W.* Lottechnische Bestandsaufnahme von Krill im atlantischen Sector der Antarktis // Information fuddie Fischwirtechaft. – 1977. – Bd. 24. – N. 5. – P. 176–180.
216. *Frechette Y., Laboute S.* Biomass estimate year-class abundance and mortality rates of *Pandalus borealis* in the Northwest Gulf of St. Lawrence / Proceed. of the Intern. Pandalid Shrimp Symposium, Febr. 13–15, 1979 (Kodiak, Alaska) // Sea Grant Report. – 1981. – June. – P. 307–330.
217. *Fritz K. R. and Johnson D.L.* Survival of freshwater drums released from Lake Erie commercial shore seines // N. Amer. J. Fish. Man. – 1987. – N. 7. – P. 293–298.
218. *Fryer R.J.* A model of between-haul variation in selectivity // ICES J. Mar. Sci. – 1991. – N. 48.
219. *Fryer R.J., Shepherd J.G.* Models of codend size selection // J. Northw Atl. Fish. Sci. – 1995.
220. *Fryer R.J.* The power of codend selectivity trials (in prep). – 1996.
221. *Galbraith D.K., Fryer R.J. and Maitland K.M.S.* Demersal pair trawl codend selectivity models. // Fish. Res. – 1994. – N. 20. – P. 13–27.
222. *Glass C.W., Wardle C.S.* Studies on the use of visual stimuli to control fish escape from codends II The effect of a black tunnel on the reaction behaviour of fish in otter trawl codends // Fisheries Research. – 1995. – N. 23. – P. 165–174.
223. *Glass C.W., Wardle C.S., Gosden S.J.* Behavioural studies of the principles underlying mesh penetration by fish // ICES mar. Sci. Symp. – 1993. – N. 196. – P. 92–97.
224. *Gulland J.A.* The Fish resources of the Ocean // Fishing News (Books) Ltd. Surrey England. – 1971. – 255 p.
225. *Hamley J.M.* Review of gillnet selectivity // J. Fish. Res. Bd. Can. – 1975. – N. 32.
226. *Hampton I.* Suggested methods for observation and measurement of visible swarms of Antarctic krill // Fish. Bull. S. Afr. – 1981. – N. 15. – P. 99–108.
227. *Hastie T., Tibshirani R.* Generalised additive models. – London: Chapman and Hall, 1990.
228. *High W.L.* Some consequences of lost fishing gear / Proceedings of the Workshop on the Fate and Impact of Marine Debris, 26–29 November 1984, Honolulu, Hawaii // NOAA TM NMFS SWFC 54. – 1985. – P. 430–437.
229. *Hillis J.P., Early J.J.* Selectivity in the Nephrops trawl // ICES CM. – 1982. – P. 19.
230. *Hislop J.R.G., Hemmings C.C.* Observations by divers on the survival of tagged and untagged haddock // Journal du Conseil. – 1971. – N. 33. – P. 428–437.
231. HMSO Marine Observer's Handbook. 9th edition. Met. 0.522. – London: HMSO, 1969.
232. *Hoag S.H.* Survival of halibut released after capture by trawls. International Halibut Commission // Scientific Report. – 1975. – N. 57. – 18 p.
233. *Hodder V.M., May A.W.* The effect of catch size on the selectivity of otter trawls // ICNAF Res. Bull. – 1964. – N. 1.
234. *Holden M.* The Common Fisheries Policy: Origin, Evaluation and Future // Fishing News Books. – 1994.
235. *Hughes S.E.* System for sampling large trawl catches of research vessels // J. Fish. Res. Board Can. – N. 33. – P. 833–839.
236. *Hunter C.J., Wheeler C.O.* Device for measuring length and girth of fish // J. Fish. Res. Board Can. – N. 29(12). – P. 1784–1785.
237. *Huse I., Gundersen A.C., Nedreaas K.H.* Relative selectivity of Greenland halibut (*Reinhardtius hippoglossoides*, Walbaum) by trawls, longlines and gillnets // Fisheries Research. – 1999. – N. 44. – P. 75–93.
238. *Inoue Y., Matsushita Y., Norinov Y.G. (Норинов Е.Г.)* Selectivity Test on Square-Shaped Mesh Cod-end // Japan-Soviet Joint Report on Trawl Net Fishery (1989 Survey in South Kamchatka Area). – NRIFE-TINRO, 1990.
239. *Inoue Y., Matsushita Y., Arimoto T.* The reaction behaviour of walleye pollock (*Theragra chalcogramma*) in a deep/low-temperature trawl fishing ground // ICES mar. Sci. Symp. – 1993.

240. International Standards Organisation. Fishing nets-Netting-Basic terms and definitions // ISO 1107. – 1974.
241. International Standards Organisation. Determination of elongation of netting yarns // ISO 3790. – 1976.
242. *Isaksen B.* Report of the study group on unaccounted mortality in fisheries // ICES CM. – 1995.
243. *Isaksen B., Valdemarsen J.W.* Selectivity of codends with shortened top panels. – Bergen: Institute of Fishery Technology Research: Unpublished typescript in Norwegian, 1987.
244. *Isaksen B., Valdemarsen J.W.* Selectivity in codends with short lastridge ropes // ICES CM. – 1990. – N. B46.
245. *Isaksen B., Olsen S., Valdemarsen J.W.* How does a round fish experience a given scientific mesh size? // ICES CM. – 1989. – N. B42.
246. Reduction of fish bycatch in shrimp trawl using a rigid separator grid in the aft belly / *B. Isaksen, J.W. Valdemarsen, R.B. Larsen and L. Karlsen* // *Fish. Res.* – 1992. – N. 13. – P. 335–352.
247. *John P.W.M.* Statistical design and analysis of experiments. – New York: Macmillan Co, 1971.
248. *Jones R.H.* Longitudinal data with serial correlation: a state-space approach. – London: Chapman and Hall, 1993.
249. *Kadilnikov Yu.V.* Peak mortality of krill, fished with midwater trawls and feasible criteria of krill trawls ecological safety // *WG-Krill-93/34*.
250. *Kimura D.K.* Logistic model for estimating selection ogives from catches of codends whose ogives overlap // *J. Cons. Int. Explor. Mer.* – 1978. – N. 38. – P. 116–119.
251. *Kirkwood G.P., Walker T.I.* Gill net mesh selectivities for Gummy Shark, *Mustelus antarticus* Gunther, taken in south-eastern Australian waters // *Aust. J. Mar. Fresh. Res.* – 1986. – N. 37.
252. *Klust G.* Netting materials for fishing gear. 2nd ed // *Fishing News Books Ltd. Farnham.* – 1982. – P. 175.
253. *Korn E.L., Whittimore A.S.* Methods for analyzing panel studies of acute health affects of air pollution // *Biometrics.* – 1979. – N. 35. – P. 795–802.
254. *Koyama T. ets.* An Experiment with a Large Model of Surfacedmidwater Trawl for Krill // *Bulletin of the Tokai Regional Fishery Research Laboratory.* – 1974. – N. 78.
255. Krill fishing expedition to Antarktisk ocean // *Marine Fisheries Review.* – 1972. – N. 11, 12. – P. 82–83.
256. *Laird R.M., Ware J.H.* Random-effects models for longitudinal data // *Biometrics.* – 1982. – N. 38.
257. *Larsen R.B., Isaksen B.* Size selectivity of rigid sorting grids in bottom trawls for Atlantic cod (*Gadus morhua*) and haddock (*Melanogrammus aeglefinus*) // *ICES Mar. Sci. Symp.* – 1993. – N. 196. – P. 178–182.
258. *Lehmann E.L.* Theory of point estimation. – New York: Wiley, 1983.
259. Le krill des Asores a Lantarctique // *Prance peche.* – 1975. – N. 203. – P. 40–41.
260. *Lowry N., Robertson J.H.B.* The effect of twine thickness on codend selectivity of trawls for haddock in the North Sea // *Fisheries Research.* – 1995.
261. *Madsen N., Moth-Poulsen T.* Measurement of the selectivity of Nephrops and demersal roundfish species in conventional and square mesh panel codends in the northern North Sea // *ICES CM.* – 1994. – N. B:14.
262. *Madsen N., Moth-Poulsen T., Holst R., Wileman D.* Selectivity experiments with escape windows in the North Sea Nephrops (*Nephrops norvegicus*) trawl fishery // *Fisheries Research.* – 1999. – N. 42. – P. 167–181.
263. *Main J., Sangster G.I.* The value of direct observation techniques by divers in fishing gear research // *Scottish Fish. Res. Report.* – 1978. – N. 12. – P. 1–13.
264. *Main J., Sangster G.I.* A report on an investigation to assess the scale damage and survival of young fish escaping from a demersal trawl // *Scottish Fisheries Working Paper.* – 1988. – N. 3/88.
265. *Main J., Sangster G.I.* An assessment of the scale damage to and survival rates of young ga-doid fish escaping from the cod-end of a demersal trawl // *Fisheries Research.* – 1990. – N. 46. – 28 p.
266. *Mallet P.Y., Chiasson Y., Moriyasu M.A* Review of catch, fishing effort and biological trends for the 1987 southwestern Gulf of St. Lawrence snow crab, *Chionoecetes opilio* fishery // *CAFSAC Research Document.* – 1988. – N. 88/32. – 39 p.

267. *Manly B.F.J., McDonald L.L., Thomas D.L.* Resource selection by animals: statistical design and analysis for field studies. – London: Chapman and Hall, 1993. – 511 p.
268. Manual of methods of measuring the selectivity of towed fishing gears / Edited by D.A. Wilman, R.S.T. Ferro, R. Fonteyne, R.B. Millar // ICES cooperative research report. – 1996. – N. 215.
269. Selectivity in the codend and in the main body of the trawl / Y. Matsushita, Y. Inoue, A.I. Shevchenko, E.G. Norinov (А.И. Шевченко, Е.Г. Норинов) // ICES Marine Science Symposia, Volume 196, International Council for the Exploration of the Sea, Copenhagen, Denmark, ISSN 0906-060X, April 1993. – P. 170–177.
270. *Matsushita Y., Inoue Y.* Variation of square mesh codend selectivity for Walleye Pollock *Theragra chalcogramma* with respect to difference in body shape // Nippon Suisan Gakkaishi. – 1997. – N. 63(1). – P. 23–29.
271. *McCullagh P., Nelder J.A.* Generalised linear models, 2<sup>nd</sup> edition. – London: Chapman and Hall, 1989.
272. *McLoughlin R.J., Young P.C., Parslow J.* The Australian scallop dredge: estimates of catching efficiency and associated indirect fishing mortality // Fisheries Research. – 1991. – N. 11. – P. 1–24.
273. *Milen D.J., Ball E. A.R.* The mortality of small salmon when caught by trolling and tagged or released untagged // Fish. Res. Board Can. Prog. Rep. – 1956. – N. 106. – P. 10–13.
274. *Miller R.J.* Resource under utilization in a Spider Crab industry // Fisheries. – 1977. – N. 2–3. – P. 9–13.
275. *Miller D.G.M., Hampton I.* Biology and Ecology of the Antarctic Krill (*Euphausia superba* Dana) // A Review (BIOMASS) Vol. 9. SCAR and SCOR ICSU, SPRI. – Cambridge, 1989.
276. *Millar R.B., Walsh S.J.* Analysis of trawl selectivity studies with an application to trouser trawls // ICES C.M. – 1990. – N. 14.
277. *Millar R.B., Cardigan N.G.* A FORTRAN program for fitting selectivity curves to trouser trawl data // Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci. – 1991. – N. 1783.
278. *Millar R.B., Walsh S.J.* Analysis of trawl selectivity studies with an application to trouser trawls // Fish. Res. – 1992. – N. 13.
279. *Millar R.B.* Estimating the size-selectivity of fishing gear by conditioning on the total catch // JASA. – 1992. – N. 87.
280. *Millar R.B.* Analysis of trawl selectivity studies (addendum): implementation in SAS // Fish. Res. – 1993. – N. 17.
281. *Millar R.B.* Incorporation of between-haul variation using bootstrapping and nonpara-metric estimation of selection curves // Fish. Bull. – 1993. – N. 91. – P. 564–572.
282. *Millar R.B.* Sampling from trawl gears used in size selectivity experiments // ICES J. Mar Sci. – 1994. – N. 51. – P. 293–298.
283. *Millar R.B.* The functional form of hook and gillnet selection curves can not be determined from comparative catch data alone // Can. J. Fish. Aquat. Sci. – 1995.
284. *Nancy C.H. Lo.* California ocean shrimp mesh Experiment // Calif. Fish and Game. – 1978. – N. 64(4). – P. 280–301.
285. *Neilson J.D., Waiwood K.G., Smith S.J.* Survival of Atlantic Halibut (*Hippoglossus hippoglossus*) caught by longline and otter trawl gear // Canadian Journal of Aquat. Sci. – 1989. – N. 46. – P. 887–897.
286. *Nikonorov I.V.* Interactions of fishing gear with fish aggregations: Israeli Program for Scientific Translations. – Jerusalem, 1975. – 216 p.
287. *Norinov E.G., Efanov S.F. (Норинов Е.Г., Ефанов С.Ф.)* The Influence of the Shape of Meshes on the selective Properties of Trawls with special Reference to Antarctic Krill // WG – FSA – 89/14. – 10 p.
288. *Norinov E.G., Shevtsov V.I.* Improving Techniques of Trawl and Hydroacoustic Survey in Estimating Sea Biological Resources. International Symposium on Advanced Techniques of Sampling Gear and Acoustical Surveys of Estimation of Fish Abundance and Behavior. – Hokodate, Japan, October 2000.
289. Numerical Algorithms Group. NAG Library manual, mark 15 // Numerical Algorithms Group. – Oxford, 1991.
290. *O'Neill F.G. and Xu L.* Twine flexural rigidity and mesh resistance to opening // ICES CM. – 1994. – N. 31.
291. *Parker R.R., Black E.C., Larkin P.A.* Fatigue and Mortality in Troll-Caught Pacific Salmon (*Oncorhynchus*) // J. Fish Res. Bd. Canada. – 1959. – N. 16. – P. 429–448.

292. *Pickering A.D., Pottinger T.G. and Christie P.* Recovery of the brown trout, *Salmo trutta* L., from acute handling stress: a time course-study // *J. Fish Biol.* – 1982. – N. 20. – P. 229–244.
293. *Pickering A.D.* Endocrine-induced pathology in stressed salmonid fish // *Fisheries Research.* – 1993. – N. 17. – P. 35–50.
294. *Polet H., Redant F.* Selectivity experiments in the Belgian Norway lobster (*Nephrops norvegicus*) fishery // *ICES CM.* – 1994. – N. 39.
295. Manual of methods for fish stock assessment Part III Selectivity of fishing gear / J.A. Pope, A.R. Margetts, J.M. Hamley, E.F. Akyuz // *FAO Fish. Tech. Pap.* – 1975. – N. 41. – Rev. 1.
296. Size selectivity and catching efficiency of three different traps for whelks *Neptunaea arthritica* in Shiriuchi, Hokkaido / N. Ram, K. Nashimoto, Yamamoto and T. Hiraishi // *Nippon Suisan Gakkaishi.* – 1993. – Vol. 59. – P. 1313–1318.
297. The effects of mesh size, codend extension length and codend diameter on the selectivity of Scottish trawls and seines / S.A. Reeves, D.W. Armstrong, R.J. Fryer, K.A. Coull // *ICES J. Mar. Sci.* – 1992. – N. 49. – P. 279–288.
298. Report of the fifth meeting of the working group on krill // *SC-CAMLR-XII/4*, 1993.
299. *Ricker W.E.* Review of the rate of growth and mortality of Pacific salmon in salt water, and noncatch mortality caused by fishing // *J. Fish. Res. Board Can.* – 1976. – N. 33. – P. 1483–1524.
300. *Robertson J.H.B.* Square mesh cod-end selectivity experiments on whiting (*Merlangius (L)*) and haddock (*Melanogrammus aeglefinus (L)*) // *ICES, CM.* – 1983. – B. 25. – P. 1–13.
301. *Robertson J.H.B., Stewart P.A.M.* An analysis of length selection data from comparative fishing experiments on haddock and whiting with square and diamond mesh cod-end // *Scottish Fisheries Working Paper.* – 1986. – N. 9. – 8 p.
302. *Robinson D.L.* Estimation and the use of variance components // *Statistician.* – 1987. – N. 36. – P. 3–14.
303. *Robertson J.H.B.* Square and diamond mesh cod-end selectivity on haddock (*Melanogrammus aeglefinus (L.)*) using the alternate haul technique // *Scottish Fisheries Working Paper.* – 1983. – N. 3.
304. *Robertson J.H.B., Polanski J.* Measurement of the breaking strength of square and diamond mesh netting // *Scottish Fisheries Working Paper.* – 1984. – N. 9.
305. *Robertson J.H.B., Stewart P.A.M.* An analysis of length selection data from comparative fishing experiments on haddock and whiting with square and diamond mesh cod-end // *Scottish Fisheries Working Paper.* – 1986. – N. 9.
306. *Robertson J.H.B., Stewart P.A.M.* A comparison of size selection of haddock and whiting by square and diamond mesh codends // *J. Cons. Int. Expl. Mer.* – 1988. – N. 44. – P. 148–161.
307. *Robertson J.H.B.* Design and fitting of square mesh windows in wywhitefish and prawn trawls and seine nets // *Scot. Fish. Inf. Pamph.* – 1993. – N. 20.
308. *Rogers S.G., Langston H.T. and T.E. Targett.* Anatomical trauma to sponge – coral reef fishes captured by trawling and angling // *Fisheries Bulletin.* – 1986. – N. 84. – P. 697–704.
309. *Sangster G.I. and Lehmann K.* Assessment of the survival of fish escaping from fishing gears // *ICES C.M.* – 1993. – N. 2.
310. *Sangster G.I.* Report of the sub-group on methodology of fish survival experiments // *ICES CM.* – 1994. – N. 8.
311. *Sangster G. and Lehmann K.* Commercial fishing experiments to assess the scale damage and survival of haddock and whiting after escape from four sizes of diamond mesh codends // *ICES C.M.* – 1994. – N. 38. – 24 p.
312. *Sangster G.I., Lehmann K. and Breen M.* Commercial fishing experiments to assess the survival of haddock and whiting after escape from four size of diamond mesh cod-ends // *Fisheries Research.* – 1996. – N. 25. – P. 323–346.
313. *Scarsbrook J.R., McFarlane G.A., Shaw W.* Effectiveness of experimental escape mechanisms in Sablefish traps // *North American Journal of Fisheries Management.* – 1988. – N. 8. – P. 156–161.
314. *Scheel D., Rehme W.* Zur Auswahl von Vorneetzelementen bei der Konstruktion pelagischer Schleppnetze // *Seewirtschaft.* – 1983. – Bd. 15. – N. 8. – P. 405–408.
315. *Schmoyer R.L.* Sigmoidally constrained maximum likelihood estimation in quantal bioassay // *JASA.* – 1984. – N. 79.
316. Science and the net maker... How research Leads to better trawls // *Fish. News Internat.* – 1983. – Vol. 22. – N. 5. – P. 46–47.
317. *Shallard B.* The property rights approach to fisheries management // *Inforfish Internat.* – 1996. – N. 6. – P. 22–24.

318. *Shevtsov S.E.* The effect of twine thickness and the size of catch on the selectivity of trawl codends // Ryb. Khoz. Issled. Bass. Balt. Morya. – 1979. – N. 14. – P. 140–154.
319. *Simpson D.G.* Codend selection of winter flounder *Pseudopleuronectes americanus* // NOAA technical report NMFS. – 1989. – N. 75. – 10 p.
320. *Skalski J.R., Perez-Comas J.A.* Non-parametric maximum likelihood estimation of mesh size selectivity // Fish. Res. – 1993. – N. 18.
321. *Smith E.M., Howell P.T.* The effects of bottom trawling on American lobsters *Homarus americanus*, in Long Island Sound // Fishery Bull. – 1987. – N. 85–4. – P. 737–744.
322. *Smolowitz R.J.* Trap design and ghost fishing: Discussion // Marine Fisheries Review. – 1978. – N. 40. – P. 59–67.
323. *Sohrann H.L., Hubert W.A.* Ecosystem Management: Implications for Fisheries Management // Fisheries. – 1996. – Vol. 21. – N. 12. – P. 6–25.
324. Scale damage and survival of cod and haddock escaping from a demersal trawl / A.V. Soldal, B. Isaksen, J.E. Marteinson, A. Engas // ICES Fish Capture Committee C. M. – 1991. – N. 44.
325. *Soldal A.V., Isaksen B.* Survival of gadoids that escape from a demersal trawl // ICES Mar. Sci. Sym. – 1993. – N. 196. – P. 122–127.
326. *Soldal A.V., Isaksen B.* Survival of cod and haddock after escape from a Danish seine // ICES Fish Capture Committee C. M. – 1993. – N. 2.
327. *Steinberg R.* Fangtechnische Untersuchungen // Archiv fur Fischreiwissenschaft. – 1978. – Bd. 29. – N. 1. – P. 64–71.
328. *Stevens B.G., Haaga J.A., Donaldson W.E.* Underwater observations on behavior of King Crabs escaping from crab pots // AFSC Processed report. – 1993. – N. 93–06.
329. *Stewart P.A.M., Robertson J.H.B.* Small mesh covers // Scot. Fish. Res. Rep. – 1985. – 32.
330. *Stiratelli R., Laird N.M., Ware J.H.* Random-effects models for serial observations with binary response // Biometrics. – 1984. – N. 40. – P. 961–971.
331. *Stevens B.G.* Survival of King and Tanner crabs captured by commercial sole trawls // Fisheries Bulletin. – 1990. – U. S. 88. – P. 731–744.
332. *Suuronen P., Millar R.B., Jarvik A.* Selectivity of diamond and hexagonal mesh codends in pelagic herring trawls: evidence of a catch size effect // Finnish Fish. Res. – 1991. – N. 12.
333. *Suuronen P., Millar R.B.* Size selectivity of diamond and square mesh codends in pelagic herring trawls: only small herring will notice the difference // Can. J. Fish. Aquat. Sci. – 1992. – N. 49. – P. 2104–2117.
334. *Suuronen P., Lehtonen E., Tschernij V.* Possibilities to increase the size selectivity of a herring trawl by using a rigid sorting grid // NAFO SCR Doc 93/119, serial no N. 2313. – 1993.
335. Survival of Baltic Herring (*Clupea harengus* L.) escaping from a trawl codend and through a rigid sorting grid / P. Suuronen, E. Lehtonen, V. Tschernij, A. Orrensalo // ICES CM. – 1993. – N. 14. – 17 p.
336. Skin injury and mortality of Baltic cod escaping from trawl cod-ends equipped with exit windows. In «Conservation of young fish by management of trawl selectivity» / P. Suuronen, E. Lehtonen, V. Tschernij, P.O. Larsson // Document VIII, PhD Thesis, University of Helsinki. – 1995. – 114 p.
337. *Suuronen P.* Conservation of young fish by management of trawl selectivity // Finnish Fisheries research. – 1995. – N. 15. – P. 97–116.
338. *Suuronen P., Erickson D., Orrensalo A.* Mortality of herring escaping from pelagic trawl codends // Fisheries Research. – 1996. – N. 3–4. – P. 305–321.
339. Size related mortality of Baltic herring (*Clupea harengus* L.) escaping through a rigid sorting grid and trawl codend meshes / P. Suuronen, J.A. Perez-Comas, E. Lehtonen, V. Tschernij // ICES Journal of Marine Science.
340. *Tanaka S.* Fisheries management in the 21<sup>st</sup> century // Nippon Suisan Gakkaishi. – 2002. – N. 68(3). – P. 313–319.
341. *Templeman W.* Otter trawl covered codend and alternative hual mesh selection experiments on redfish, haddock, cod, American plaice and witch flounder: Girth measurements of haddock, cod and redfish and meshing of redfish in the Newfoundland area // ICNAF Special publication 5,2; The selectivity of fishing gear. – 1963. – P. 201–217.
342. *Thompson R.B., Hunter C.J., Patten B.G.* Studies of live and salmon that ummesh from gill-nets // Int. North Pac. Fish. Comm. Annual Rep. – 1969. – P. 108–112.

343. *Thompson R.B., Hunter C.J.* Viability of adult sockeye salmon that disentangle from gillnets // Int. North Pac. Fish. Comm. Annual Rep. – 1971. – P. 107–109.
344. *Vincent-Lang D., Alexandersdottir M., McBride D.* Mortality of coho salmon caught and released using sport tackle in the little Susitna River // Alaska. Fisheries Research. – 1993. – N. 15. – P. 339–356.
345. *Vienneau R., Moriyasu M.* Study of the impact of ghost fishing on snow crab, *Chionoecetes opilio*, by conventional conical traps // Canadian Technical Report of Fisheries and Aquatic Sciences. – 1994. – N. 1984. – 9 p.
346. *VonBrandt A.* Fish Catching Methods of the World – 3rd edition // Fishing News Books Ltd. UK. – 1984. – 418 p.
347. *Wlash S.J., Koellar P.A., McKone W.D.* Proceedings of the international Workshop on Survey Trawl Mensuration, Northwest Atlantic Fisheries Centre, St John's, Newfoundland, March 18–19, 1991 // Can. Tech. Rep. Fish. Aqu. Sci. – 1993. – N. 1911.
348. *Wray T.* Square mesh cod-end trials // Fish. News Internat. – 1983. – Vol. 22. – N. 11. – P. 42–43.
349. *Wardle C.S.* Understanding fish behaviour can lead to more selective fishing gears. In proceeding vessel design, 1988: 12–18. Published by The Newfoundland and Labrador Institute of Fisheries and Marine Tehnology. – St. Johns, Canada, 1989.
350. *Wardle C.S.* Fish behaviour and fiishing gear. Behaviour of Teleost Fishes // Chapman and Hall. – 1993.
351. *Watson J.W., Mitchell J.F., Shah A.K.* Trawling efficiency device: a new concept for selective shrimp trawling gear // Mar. Fish. Rev. – 1986. – N. 48. – 9 p.
352. *Wertheimer A.* Hooking mortality of Chinook salmon released by commercial trollers // N. Amer. J. Fish. Man. – 1988. – N. 8. – P. 346–355.
353. *Westhoff C.J.W., Pope J.A., Beverton R.J.H.* The ICES mesh gauge // ICES. – 1962.
354. *Wileman D.A.* Codend selectivity: Updated review of available data. Final Report under Study Contact 1991/15 for Communities, Directorate General for Fisheries. DIFTA, North Sea Centre, P.O. Box 59, DK-9850 Hirtshals. – Denmark, 1992.
355. *Wydoski R.S., Wolfert D.R.* An improved girthometer for studies of gillnet selection // The Progressive Fish Culturist. Jan. – 1968.
356. *Xu X. and Millar R.B.* Estimation of trap selectivity for male snow crab (*Chionoecetes opilio*) using the SELECT modelling approach with unequal sampling effort // Can. J. Fish. Aquat. Sci. – 1993. – N. 50. – P. 2485–2490.
357. *Zaferman M.L., Serebrov L.I.* On Fish Injuring when Escaping through the Trawl Mesh // ICES Fish Capture Committee report C. M. – 1989. – N. 18. – 8 p.

**Монография**

**Норинов Евгений Геннадьевич**

**РАЦИОНАЛЬНОЕ РЫБОЛОВСТВО**

Редактор Г.Ф. Майорова  
Технический редактор Е.Е. Бабух  
Набор текста Е.Г. Норинов  
Верстка, оригинал-макет Бабух

Подписано в печать 05.05.2006 г.  
Формат 61\*86/8. Печать офсетная. Гарнитура Times New Roman  
Авт. л. 20,78. Уч.-изд. л. 21,24. Усл. печ. л. 23,03  
Тираж 300 экз. (1-й завод – 100 экз.). Заказ № 652

Редакционно-издательский отдел  
Камчатского государственного технического университета

Отпечатано полиграфическим участком РИО КамчатГТУ  
683003, г. Петропавловск-Камчатский, ул. Ключевская, 35