

Министерство сельского хозяйства Российской Федерации  
Федеральное агентство по рыболовству

Федеральное государственное унитарное предприятие  
«Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства  
и океанографии» (ФГУП ВНИРО)

Ministry of Agriculture of the Russian Federation  
Federal Agency for Fisheries

Federal State Unitary Enterprise  
«Russian Federal Research Institute of Fisheries  
and Oceanography» (FSUE VNIRO)



**PROCEEDINGS OF VNIRO**

---

**VOLUME 146**

**2006**

**FISH SPECIES  
OF THE FAR EASTERN SEAS:  
TECHNIQUES OF RESEARCH**

Moscow • VNIRO Publishing • 2006

**МЕТОДИЧЕСКИЕ  
АСПЕКТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ РЫБ  
МОРЕЙ ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА**

Редакционная коллегия:

канд. геогр. наук Б.Н. Котенев, д-р биол. наук, проф. О.Ф. Гриценко,  
д-р биол. наук, проф. Е.В. Микодина, д-р биол. наук О.А. Булатов (отв. редактор),  
д-р биол. наук Н.В. Кловач, канд. биол. наук Г.А. Богданов,  
канд. техн. наук Г.Г. Крылов

**М54 Методические аспекты исследований рыб морей Дальнего Востока:**  
Труды ВНИРО / Отв. ред. О.А. Булатов.— М.: Изд-во ВНИРО, 2006.— Т. 146.—  
344 с.

Настоящий сборник содержит научные труды, в которых анализируются современные методы оценки запасов, прогнозирования и управления промыслом, изучения линейного роста и возраста, параметров смертности, а также проблемы селективности орудий лова и многовидового рыболовства. Он включает в себя результаты исследований сотрудников ВНИРО, ТИНРО-центра, КамчатНИРО и МагаданНИРО. Основная часть статей посвящена изучению массовых промысловых видов рыб, обитающих в морях Дальнего Востока: тихоокеанским лососем, минтаю, сельди, треске, камбалам и др.

Сборник статей предназначен для научных сотрудников, работников рыбного хозяйства, морских биологов, экологов, студентов биологических специальностей.

Editorial Board:

B.N. Kotenev, *Cand of Sci. (Geography)*, O.F. Gritsenko, *Dr. of Sci. (Biology), Prof.*,  
E.V. Mikodina *Dr. of Sci. (Biology), Prof.*, O.A. Bulatov, *Dr. of Sci. (Biology)*,  
N.V. Klovach, *Dr. of Sci. (Biology)*, G.A. Bogdanov, *Cand of Sci. (Biology)*,  
G.G. Krylov, *Cand of Sci. (Technical)*

**Fish species of the Far Eastern Seas: Techniques of Research.** VNIRO Proceedings / Editor-in-Chief O.A. Bulatov.— М.: VNIRO Publishing, 2006.— V. 146.—  
344 p.

These collected papers are devoted the aspects of the modern methods of stock biomass assessment, forecasting TAC and fishery management, growth and age, mortality, selectivity and multi-species fishery. It is included the results of the fishery research conducted by VNIRO, TINRO-center, KamchatNIRO and MagadanNIRO scientists. The object of investigations are commercially important species that habitat in Russian Far East Seas, such as salmon, walleye Pollock, herring, cod, flounders etc.

It is intended for the fishery biologists, workers of the fishery organizations, students of fishery secondary and higher schools.

## ПРЕДИСЛОВИЕ

История широкомасштабного освоения промысла запасов рыб, обитающих в морях Дальнего Востока, начиналась еще в конце 50-х гг. прошлого века. Максимальный уровень уловов был достигнут отечественными рыбаками в 1989–1990 гг. и составил 4,9 млн т, из них 97 % приходилось на исключительную экономическую зону (ИЭС) СССР. Несмотря на произошедшую в 80–90-е гг. смену «климатических эпох», которая привела к значительной перестройке состава промысловой ихтиофауны и снижению общего вылова, Дальневосточный бассейн по-прежнему является основным поставщиком рыбной продукции как на внутренний, так и на внешний рынки.

В соответствии с Концепцией развития рыбного хозяйства РФ на период до 2020 г. к числу основных проблем отрасли отнесены «отсутствие механизмов устойчивого и долгосрочного управления водными биологическими ресурсами, рост масштабов незаконного промысла водных биоресурсов и нелегального вывоза за рубеж, резкое снижение запасов...» Соответственно и основные задачи отраслевой науки заключаются «в расширении проведения научных исследований и совершенствовании методов определения общих допустимых уловов водных биологических ресурсов...»

Настоящий том научных работ ВНИРО посвящен методическим аспектам исследования рыб Дальнего Востока и включает 31 статью, которые относятся к следующим направлениям: методы прогнозирования и управления промыслом, методы оценки запасов, изучение роста, возраста и параметров смертности, селективность орудий лова и многовидовое рыболовство. В основу был положен материал, полученный за многолетний период учеными ВНИРО, ТИНРО-центра, КамчатНИРО и МагаданНИРО.

Настоящий сборник предоставил возможность ряду ведущих специалистов высказать свои идеи, свое видение проблем и предложить свой вариант их решения. Не исключено, что в отдельных случаях читатель столкнется с тем, что в соседних статьях будут изложены различающиеся мнения и взгляды, так как редколлегия не отдавала предпочтения той или иной точке зрения. Скорее, наоборот: задача состояла в том, чтобы привлечь внимание к проблемам и вызвать дискуссию.

Основная цель сборника — показать «оголенные» участки, на которые следует не только обратить внимание, но и как можно быстрее браться за их решение. Поэтому здесь не всегда даются готовые рецепты, однако собранные под общей обложкой, взгляды различных ученых позволят в дальнейшем системно подойти к решению важнейших вопросов, связанных с методологией исследований рыб основного промыслового района нашей страны.

Раздел, посвященный методам прогнозирования и управления промыслом, открывается статьей О.Ф. Гриценко, Н.В. Кловач, О.А. Рассадникова «К оценке возможного изъятия тихоокеанских лососей в море». В ней освещен новый подход, который позволил установить, что уменьшение доли японского вылова в морской период жизни лососей позволяет отечественным рыбакам без ущерба для воспроизводства осваивать значительные объемы — до 25 тыс. т. Кроме того, дальневосточным лососям посвящены статьи других авторов. В статье В.Г. Ерохина «Опыт оперативного прогнозирования подходов горбуши Западной Камчатки» уделяется внимание важной проблеме исследований анадромных миграций горбуши с привлечением оперативных данных, получаемых с использованием динамики дрейфтерных уловов, что позволяет с заблаговременностью в 30 дней прогнозировать мощность ожидаемых подходов и в случае необходимости корректировать ОДУ. В статье Л.В. Миловской, С.Б. Городовской, Т.И. Толстяк «К методике определения оптимального количества производителей нерки (*Oncorhynchus nerka*) р. Озерная (Западная Камчатка)» изложена оригинальная методика определения оптимального количества производителей нерки р. Озерная. Показано, что заход на нерестилище производителей выше оптимума приводит к замедлению развития воспроизводительной системы у потомства.

Оценке запасов и определению общего допустимого улова минтая, основанных на промысловых данных, посвящена статья В.К. Бабаяна, Д.А. Васильева, А.И. Варкентина, Н.П. Сергеевой «Методические особенности обоснования ОДУ минтая в условиях неопределенности». В результате исследований выяснилось, что точность оценки запасов минтая при использовании методов математического моделирования существенно возрастает при условии определения возраста по отолитам и учете выбросов молоди.

В статье О.А. Булатова «Вопросы прогнозирования ОДУ и промысел минтая Берингова моря» показано, что современная система управления промыслом, основанная на принципе квотирования, неэффективна и провоцирует превышение ОДУ. В качестве меры, препятствующей браконьерству, предложено отказаться от принципа квотирования и ограничивать промысловую деятельность посредством регулирования продолжительности промысла и количества выставляемых судов.

Аналізу методов оценки допустимого улова тихоокеанской сельди посвящена статья Г.А. Богданова «О принципах оценки допустимого улова тихоокеанских сельдей», в которой показано, что попытки искусственного снижения интенсивности промысла в условиях низкого уровня запаса изъятия летнего прироста биологически недостаточно обоснованы и малоэффективны. В исследовании А.С. Кровнина, М.А. Богданова, Г.П. Мурого, Ю.Н. Тананаевой «Сравнительный подход к изучению изменчивости экосистем Северной Атлантики и Северной Пацифики (с использованием климатических данных)» выполнен анализ временных рядов методом главных компонент, который позволил выявить существенные различия в характере крупномасштабных изменений климатических и биологических параметров ряда видов рыб в северной части Тихого и Атлантического океанов. Для биологических рядов характерна ярко выраженная устойчивость знака компоненты от года к году, смена знака происходит при переходе от одного климатического режима к другому.

Раздел, посвященный методам оценки запасов, открывается статьей И.В. Мельникова «К методике выполнения крупномасштабных пелагических траловых съемок», в которой обсуждаются методические вопросы, связанные с оптимизацией расположения станций, способов выполнения пелагических тралений, приемы и методы корректировки полученных уловов для последующей оценки запасов минтая и сельди. В статье Л.М. Зверьковой «Методики выполнения научно-исследовательских работ» затрагиваются вопросы организации и содержания морских экспедиционных работ на примере минтая, которые относятся как к широко применяемым методам прямого учета, так и контрольному лову.

В статье А.В. Смирнова, Г.В. Авдеева, А.В. Николаева, В.И. Шевцова «Об оценке запасов охотоморского минтая инструментальными методами» анализируется современная методология оценки запасов минтая. В результате удалось установить, что получены сопоставимые результаты по данным ихтиопланктонных и траловых съемок, тогда как эхоинтеграционные съемки в весенний период оказались недостаточно объективными.

В статье П.А. Балыкина, А.И. Варкентина «Интерпретация данных ихтиопланктонных съемок для оценки нерестового запаса минтая» рассмотрена методика расчёта нерестового запаса минтая по данным одной или нескольких ихтиопланктонных съёмок. Кроме того, использованы данные о температуре воды, продолжительности периода эмбриогенеза и интенсивности икротетания. Биомасса половозрелых рыб оценивалась, исходя из величины общей продукции икры с учётом биологических показателей половозрелых особей минтая (плодовитости, соотношения полов, средней массы).

В статье В.В. Кузнецова «Оценка запаса на основе проведения тралово-акустических съемок с визуальной регистрацией акустической записи (на примере минтая, в условиях промыслового судна)» приведена оригинальная методика, основанная на визуальной регистрации акустической записи минтая. Полученная эмпирическая зависимость между фактическими уловами и индексом обилия рыб позволила объективнее оценить запасы.

Особого внимания заслуживает статья В.Н. Тупоногова, А.М. Орлова, И.Н. Мухаметова «Сравнительный анализ результатов донных траловых съемок разными судами на островном склоне Северных Курил (методические аспекты интеркалибровочных работ)», посвященная исследованию сравнительной результативности лова тралов на российских научно-исследовательских и японских промысловых судах, работавших в одни сроки на задевистых грунтах северных Курильских островов. Оказалось, что отечественные тралы учитывают минтая и палтусов в 7–18 раз меньше, а окуней и шипощек — в 13–150 раз меньше японских, что лишний раз подтверждает необходимость введения поправочных коэффициентов для дальнейших расчетов биомассы.

В статье Т.И. Булгаковой, Ю.П. Дьякова «Проблемы оценки запаса желтоперой камбалы у западного побережья Камчатки в условиях недостатка информационного обеспечения» представлены результаты, полученные с использованием двух когортных моделей

оценки запаса – XSA и ISVPA, что позволило сделать вывод о том, что низкие уловы, наблюдающиеся в последние годы, являются результатом организационно-экономических причин, а не истощения запасов.

Раздел, посвященный проблемам роста и возраста, открывает статья О.А. Ровниной «К методике определения возраста тихоокеанской трески (*Gadus macrocephalus*)», в которой приведены результаты сравнительного анализа определения возраста трески с использованием трех регистрирующих структур: чешуи, отолигов и спилов лучей грудного плавника. Результаты показали, что применение отолигов является наиболее объективным.

В статье Л.О. Завариной «Об изменении биологических показателей кеты, (*Oncorhynchus keta* Walbaum), на северо-восточном побережье Камчатки» уделено внимание вопросу межгодовой изменчивости биологических параметров (размера, массы тела и плодовитости) в зависимости от состояния запасов. Автором показано, что перечисленные показатели были выше в 1960–70-е гг., в период низкой численности, тогда как в 1990-е гг. наблюдалась обратная картина. В последние годы вновь наметилась тенденция роста биологических показателей.

В статье Р.Р. Юсупова «Оценка естественной смертности, динамики биомассы и допустимого улова североохотоморских камбал (желтоперой, палтусовидной, желтобрюхой и звездчатой)» обсуждаются вопросы оценки естественной смертности массовых видов камбал северной части Охотского моря. Автором впервые предпринята попытка по расчетным и наблюдаемым данным определить значения смертности для каждого из возрастных классов от двух до 14 лет, что позволило обосновать норму промыслового изъятия. Определению величины рекомендуемой к промысловому изъятию биомассы с использованием данных о росте и смертности сельди, минтая и белокорого палтуса посвящена статья А.А. Яржомбека «Рост рыб и возможный вылов». Оригинальный способ определения смертности посредством сравнения размерно-возрастной структуры минтая из траловых уловов приведен в статье А.А. Яржомбека, Э.А. Карпенко «Смертность западнокамчатского минтая по данным уловов 1996 г.». Согласно данным авторов было обнаружено, что смертность самцов выше, чем самок.

Ряд статей посвящен вопросу биологического обоснования промысловой меры. Так, в статье А.А. Смирнова «Новые данные о массовом половом созревании и промысловой мере гижигинско-камчатской сельди» сделан вывод о том, что ранее предложенная минимальная промысловая мера на гижигинско-камчатскую сельдь соответствует современным данным, поэтому в корректировке не нуждается. С.Ю. Шершенков «О минимальной промысловой мере для черного палтуса Охотского моря» изучил вопрос обоснованности минимальной промысловой длины черного палтуса Охотского моря. По мнению автора в настоящее время возникла необходимость в существенном увеличении данного параметра с 40 до 51 см. В работе А.М. Панфилова «К вопросу о минимальной промысловой мере на охотскую сельдь» обсуждается вопрос, касающийся минимальной промысловой меры охотской сельди. Автором дано обоснование о введении не постоянной, а «плавающей» промысловой меры, которая, по его мнению, при низком уровне пополнения позволит поддерживать запас на необходимом уровне.

В статье А.М. Орлова «К обоснованию промысловой меры дальневосточных скатов (сем. Rajidae) на примере массовых западноберингоморских видов» анализируется возможность оценки полового созревания особей в зависимости от длины. Приведены данные по семи видам скатов, позволяющие в первом приближении судить о длине, при которой особи в массе становятся половозрелыми. Кроме того, показано, что для определения длины наступления массовой половой зрелости наиболее достоверные результаты получены при построении огигов созревания.

Настоящий сборник научных трудов завершает раздел, посвященный селективности орудий лова и многовидовому рыболовству. В статье Э.А. Карпенко, Г.Н. Степашина, В.В. Акишина, О.М. Лапшина «Методика определения размерного состава скопления по характеристикам улова» обсуждаются теоретические и практические аспекты коэффициентов уловистости тралов различных конструкций, определена начальная плотность и размерный состав скоплений. Важной проблеме оценки уловистости тралов при промысле минтая в Беринговом и Охотском морях посвящена статья Э.А. Карпенко «Оценка уловистости тралов на промысле минтая и определение структуры его облавливаемых скоплений», в которой показано, что данный параметр весьма изменчив и зависит от многих обстоятельств, однако осредненные значения составляли от 0,1 до 0,2. Использование в практике рыбохозяйственных работ, направленных на оценку запасов, полученных результатов позволит существенно приблизиться к их реальным значениям.

В статье А.И. Шевченко, В.А. Татарникова, С.Э. Астафьева «Характеристики уловов минтая крупнотоннажного траулера в Охотоморской экспедиции 2002 г.» представлены

результаты тестирования современного уровня селективности орудий лова, которые показали свою низкую эффективность, что влечет за собой весьма высокий прилов минтая непромыслового размера в Охотском море.

В статье «Ресурсосберегающая технология промысла минтая» А.И. Шевченко, В.А. Татарников, С.Э. Астафьев, В.М. Вологов предлагают усовершенствованные конструкции тралов, позволяющих на практике увеличить в 3–12 раз их фильтрующую способность и снизить прилов мелкоразмерных рыб, что позволит более рационально и эффективно регулировать рыболовство.

В статье С.С. Григорьева «Сравнительный анализ результатов ловов икры и личинок минтая сетями ИКС-80 и Бонго», посвященной анализу количественного и качественного состава ихтиопланктона, материал которого был одновременно собран сетями Бонго и ИКС-80, впервые показано, что среднее значение плотности уловов, полученное с использованием ИКС-80, оказалось в 1,5–2 раза больше, чем у сети Бонго.

Ряд статей посвящен проблеме многовидового рыболовства. Так, в статье П.А. Балыкина, Д.А. Терентьева «Состав уловов и возможная схема многовидового прогноза ОДУ в Карагинской подзоне» на примере Карагинской подзоны обоснована возможность перехода к многовидовому общему допустимому улову, который может осваиваться различными орудиями лова: тралами, снюрреводами и ярусом.

Весьма информативной является статья Ю.К. Ермакова «К вопросу организации многовидового рыболовства в Дальневосточном бассейне», в которой на основании данных промысловой статистики установлен видовой состав прилова при проведении специализированного промысла минтая, сельди, трески, палтуса и донно-пищевых рыб.

В статье А.В. Буслова, А.А. Бонка, А.И. Варкентина, А.О. Золотова «Определение недоучета вылова минтая и сельди: методические подходы и результаты» приведена методика определения неучтенного вылова на промысле минтая и сельди в Беринговом море, обсуждаются возможные пути снижения выбросов за счет контроля уловов не по выходу продукции, а взвешиванием улова до поступления его на переработку.

Считаю, что данный сборник может быть использован при подготовке отраслевых документов, определяющих порядок ведения промысла.

Доктор биологических наук, профессор  
*О.Ф. Гриценко*

# **ТРУДЫ ВНИРО**

---

**ТОМ 146**

**2006**

## **МЕТОДЫ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ И УПРАВЛЕНИЯ ПРОМЫСЛОМ**

## К оценке ВОЗМОЖНОГО ИЗЪЯТИЯ ТИХООКЕАНСКИХ ЛОСОСЕЙ в море

О.Ф. Грищенко, Н.В. Кловач (ВНИРО);  
О.А. Рассадников (ТИНРО-центр)

В России в силу исторически сложившейся этнической, экономической и технической ситуации основное количество лососей добывается ставными неводами, а морской промысел рассматривается как антагонист берегового (или прибрежного). Однако это не означает, что морской промысел обладает какими-то изначально присущими ему недостатками, делающими его раз и навсегда неприемлемым для нас. Напротив, не так уж трудно представить себе ситуацию, при которой предпочтение будет отдаваться морскому промыслу. Например, при резком повышении спроса на продукцию из лосося, добытого в море (серебрянку). Случись такое, и все доводы против морского промысла, ранее считавшиеся убедительными, сразу же перестанут восприниматься.

В настоящее время морской промысел лососей в небольших объемах ведется в российской ИЭЗ Японией, являясь предметом традиционных взаимовыгодных добрососедских отношений. Кроме того, 6,5 тыс. т изымается отечественными дрейфтерными судами в процессе мониторинга промысловых подходов. Этот небольшой по объему промысел подвергается дружным нападкам в средствах массовой информации. Причины этих нападков находятся всецело в сфере международной политики, в области борьбы за рынок, хотя для мировой общественности все прикрывается интересами охраны природы. Тем не менее внедряемое в сознание отрицательное отношение к морскому промыслу лососей — это та реальность, не считаться с которой мы не можем. Поэтому нашей задачей является нахождение такого объема морского изъятия, которое должно оказаться практически не ощутимым для прибрежного промысла и заполнения нерестилищ.

При установлении величины возможного изъятия лососей промыслом (морским и прибрежным) основным принципом является сохранение их воспроизводства на высоком уровне за счет пропуска на нерестилища достаточного количества производителей.

Для определения величины возможного изъятия лососей в море необходимо представлять параметры смертности в морской период жизни. При этом следует учитывать, что регулярный мониторинг в данном случае невыполним и мы в состоянии оценить лишь порядок величины явления.

Сопоставляя многолетние данные по численности покатной молодежи и численности вернувшихся взрослых лососей, исследователи пришли к выводу, что величина естественной смертности лососей в море (в процентах от количества скатившейся молодежи) изменяется от 83,6 до 98,7%. Наиболее велика она в начале морского нагула и при первой зимовке в океане [Карпенко, 1994, 1998; Beamish, Mahnken, 1998].

В последующие периоды морского нагула одним из основных факторов смертности является выедание хищными рыбами и морскими млекопитающими [Шунтов, 1994; Мельников, 1998; Савиных, Глебов, 2003; Nagasawa, 1998]. По оценке Нагасавы [Nagasawa, 1998], в 1989 г. только сельдевые акулы (*Lamna ditropis*) с апреля по ноябрь съели в северной части Тихого океана от 12,6 до 25,5% половозрелых лососей. Более 5% лососей погибает в течение мая – июля в результате ран, нанесенных кинжалозубом [Савиных, Глебов, 2003]. По нашим оценкам, в тихоокеанских водах Камчатки и юго-западной части Берингова моря (за пределами 12-мильной зоны) в результате нападения кинжалозуба и морских млекопитающих (главным образом, котиков) погибает за три летних месяца около 10% лососей, мигрирующих в районы воспроизводства. Суммарно потери от хищни-

ков (в море и побережье), болезней, других факторов морской смертности составляют около 50% численности половозрелых лососей [Шунтов, 1994].

Возможную величину изъятия лососей в море без ущерба для воспроизводства и берегового промысла дают оценки потерь лососей от хищников в последний год жизни в море. Наиболее наглядно это можно проследить на горбуше как на самом короткоцикловом виде лососей. Так, оценка численности охотоморских стад горбуши в осенне-зимний период 1991–1992 гг. и соответствующая оценка во время преднерестовых миграций показала, что смертность горбуши в море между двумя этими учетами была равна 48% [Шунтов, 1994]. В численном выражении это составляло около 200 млн экз. а в весовом – около 250 тыс. т. Приняв для дальнейших расчетов величину 48% гибели во время преднерестовой миграции в качестве среднего коэффициента морской смертности для всех половозрелых лососей, можно сказать, что подход лососей к берегам составит 52% от общей численности созревающих в данном году особей. При этом мы исходим из того, что естественная смертность лососей в год нерестовой миграции одинакова у разных видов в отличие от периода жизни в море сразу после ската. Прибрежным промыслом изымается 60–80% (в среднем 70%) от общих подходов.

Абсолютная величина возможного изъятия в море должна рассчитываться, исходя из ожидаемой величины подходов в каждом конкретном году.

Так, если на 2004 г. ОДУ для прибрежного вылова определен примерно в 260 тыс. т, то подходы составят 370 тыс. т. С учетом морской смертности, составляющей 48% от численности половозрелых лососей в 2004 г. (а это около 340 тыс. т), для изъятия в море можно рекомендовать без ущерба для воспроизводства и прибрежного вылова 5–7% от ожидаемой величины подходов, что явно находится в пределах межгодовой изменчивости величины естественной смертности, насколько мы ее можем представить, располагая знаниями о колебаниях численности различных морских рыб и изменчивости океанологической обстановки. В весовом выражении при современном состоянии запасов это составит 20–25 тыс. т.

Попытаемся определить величину морского изъятия лососей, неощутимую для берегового промысла и воспроизводства другим способом. Для этого проанализируем изменения российских уловов лососей с 1956 г. по настоящее время, т.е. за весь период крупномасштабного японского сетного промысла в море. При этом мы исходим из того, что величина уловов характеризует величину численности.

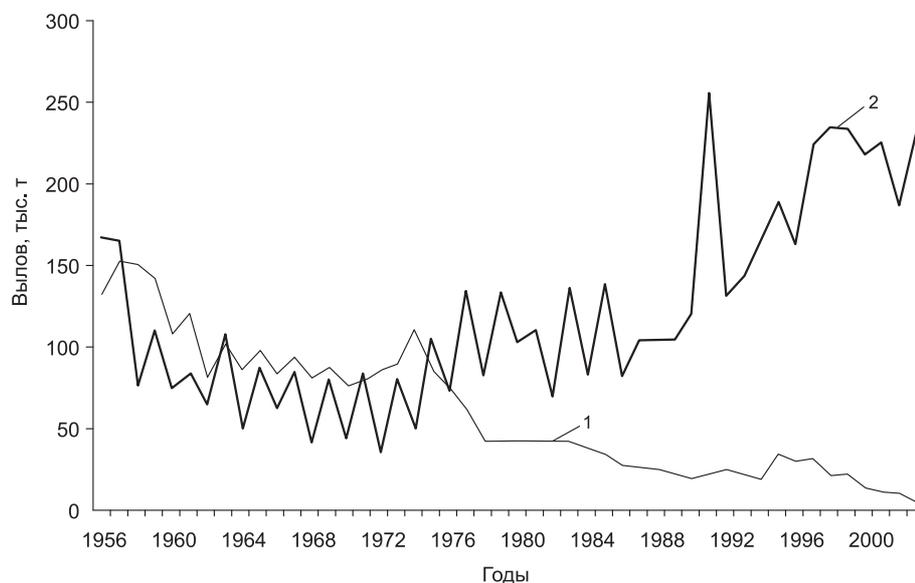
Японский промысел лососей в водах России (СССР) существует с 1927 г. С 30-х гг. XX в. он активно развивался в водах Камчатки, Сахалина и Курильских островов. После Второй мировой войны морской дрейфтерный промысел Японии был прекращен и с 1946 по 1949 гг. Япония осуществляла лишь прибрежный промысел лососей. После подписания в 1951 г. в Сан-Франциско мирного договора Япония получила возможность осуществлять рыболовство на обширных акваториях. Уже к 1956 г. лососевый дрейфтерный промысел в открытом море сильно интенсифицировался. Особенно значительным он был в районе западного побережья Камчатки. В этой связи 21 марта 1956 г. СССР опубликовал постановление Совета Министров «Об охране запасов и регулировании промысла лососей в открытом море в районах, смежных с территориальными водами СССР на Дальнем Востоке». В этом же году между СССР и Японией была заключена конвенция о рыболовстве в открытом море северо-западной части Тихого океана. Конвенция действовала 21 год, до апреля 1978 г., когда в связи с введением 200-мильных зон была денонсирована. В результате более чем 20-летней деятельности конвенции тенденция падения запасов лососей на российском Дальнем Востоке была приостановлена. В дальнейшем вплоть до 1985 г. японский промысел лососей в ИЭЗ России осуществлялся на основе ежегодных протоколов о порядке и условиях ведения лососевого промысла японскими рыбаками.

В 1985 г. в соответствии со статьей VII Соглашения между правительством СССР и правительством Японии о сотрудничестве в области рыбного хозяйства от 12 мая 1985 г. была создана Советско-Японская Смешанная Комиссия по рыб-

ному хозяйству (ныне Российско-Японская Смешанная Комиссия). С подписанием Соглашения между правительством СССР и правительством Японии о сотрудничестве в области рыбного хозяйства промысел тихоокеанских лососей японскими рыбаками стал регламентироваться на строго научной основе. За прошедший период российская сторона неуклонно проводила линию на снижение нерегулируемого промысла тихоокеанских лососей российского происхождения в северо-западной части Тихого океана. В результате этого объемы промысла лососей в местах нагула неуклонно снижались. При этом, начиная с 1993 г., японские суда ведут лов лососей российского происхождения только в экономических зонах Японии и России на условиях компенсации.

Если ранее, когда промысел производился за пределами исключительной экономической зоны Российской Федерации, японские рыбаки вылавливали в открытом море более 100 тыс. т, то к 1997 г. квота вылова для японских судов составила 26 тыс. т. После 1997 г. морской вылов лососей японским дрейфтерным флотом в ИЭЗ России планомерно сокращался и в последние годы уменьшился более чем вдвое по сравнению с периодом 1993–1997 гг., когда добывалось 12–13% от общего вылова России в 1995–96 гг., до 5–7% в 2000–2003 гг.

Линия на снижение японского морского промысла лососей, проводимая Российской стороной, положительно отразилось на береговых уловах российских рыбаков, которые значительно выросли, что показано на рисунке.



1 — вылов лососей японскими судами-дрейфероловами в ИЭЗ России; 2 — уловы России в прибрежье и внутренних водоемах Дальнего Востока

Анализ многолетних данных по величине японского морского промысла лососей и величине российских уловов можно рассматривать как экспериментальную проверку наших рекомендаций о допустимой величине изъятия лососей в ИЭЗ России, сделанных на основе информации о величине естественной смертности.

Как видно из рисунка, после 1977 г., когда Япония стала добывать менее 50 тыс. т лососей в год, уловы России неуклонно росли, колеблясь при этом независимо от японского вылова.

Для оценки воздействия величины японского морского дрейфтерного промысла в ИЭЗ России на уловы лососей в прибрежных районах российского Дальнего Востока был проведен однофакторный дисперсионный анализ. До проведения дисперсионного анализа при помощи кластерного анализа было проведено ранжирование рядов значений величины вылова по ряду японских уловов. Дисперсионный анализ показал, что в период с 1956 до 1977 г. ежегодные колебания прибрежного российского вылова на 36,5% были обусловлены воздействием японского морского промысла ( $F = 11,48$  при  $F$  крит. — 4,35). В период с 1978 г.

по настоящее время запасы (и прибрежный вылов) лососей, воспроизводящихся на Дальнем Востоке России, изменялись под воздействием естественных (в первую очередь климатических) факторов, а японский морской промысел практически не оказывал на него какого-либо влияния ( $F = 3,26$  при  $F$  крит. — 4,26).

Таким образом, при современном состоянии запасов тихоокеанских лососей возможное изъятие их в море может составлять 25 тыс. т, поскольку именно после снижения объемов японского морского промысла до этой величины уловы тихоокеанских лососей в России начали увеличиваться наиболее значительно. Такая величина вылова является практически не ощутимой для прибрежного промысла и воспроизводства.

#### Литература

*Атлас* распространения в море различных стад тихоокеанских лососей в период весенне-летнего нагула и преднерестовых миграций. 2002 / Н.В. Кловач, В.И. Карпенко, А.Е. Бобырев, А.К. Грузевич, Е.М. Кловач, С.С. Козлов; Под ред. О.Ф. Гриценко.— М.: Изд-во ВНИРО.— 190 с.

**Карпенко В.И.** 1994. Методические аспекты оценки смертности камчатской горбуши в ранний морской период жизни // Известия ТИНРО. Т. 116.— С. 152–162.

**Карпенко В.И.** 1998. Ранний морской период жизни тихоокеанских лососей.— М.: Изд-во ВНИРО.— 165 с.

**Мельников И.В.** 1998. Экология некоторых видов рыб дальневосточных морей и их использование в качестве биоиндикаторов океанологических условий: Дисс. канд. биол. наук.— Владивосток.— 246 с.

**Савиных В.Ф., Глебов И.И.** 2003. Влияние хищничества кинжалозуба *Anotopterus Nikparini* (Anotopteridae) на тихоокеанских лососей // Вопр. ихтиологии. Т. 43. № 5.— С. 650–659.

**Шунтов В.П.** 1994. Новые данные о морском периоде жизни азиатской горбуши // Известия ТИНРО. Т. 116.— С. 3–41.

**Beamish R.J., Mahnken C.** 1998. Natural regulation of the abundance of coho and other species of Pacific salmon according to the critical size and critical period hypothesis // NPAFC Doc.— № 319.— 25 p.

**Nagasawa K.** 1998. Predation by salmon sharks (*Lamna ditropis*) on Pacific salmon (*Oncorhynchus* spp.) in the North Pacific ocean // NPAFC Bull. № 1.— P. 419–433.

УДК 639.223.5

---

## Методические особенности обоснования ОДУ минтая в условиях неопределенности

*В.К. Бабаян, Д.А. Васильев (ВНИРО);  
А.И. Варкентин, Н.П. Сергеева (КамчатНИРО)*

Международная практика рыбохозяйственных исследований последних десятилетий убедительно доказала, что наиболее эффективным инструментом количественного анализа состояния запасов и перспектив рыболовства является модельный подход, позволяющий получить оценки важнейших параметров запаса, найти биологические ориентиры управления и обосновать прогнозный сценарий возможного развития системы запас-промысел. Анализ системы запас-промысел включает прежде всего выбор или разработку процедуры интегрального модельного анализа всей доступной биопромысловой информации, отражающей основные особенности рассматриваемой системы. Степень сложности используемой процедуры количественного анализа в общем случае определяется перечнем доступной информации и ее качеством. При этом необходимо отметить, что из-за высокой стоимости исходных данных для большинства морских объектов рыболовства удается обеспечить более или менее надежной информацией лишь сравнительно простые модели, учитывающие только наиболее очевидные взаимодействия как между запасами, так и между запасами и промыслом.

Включение в модельный анализ экологических и экономических показателей не только увеличивает перечень исходных данных, а, следовательно, и затраты на их получение, но и ставит перед необходимостью проведения дополнительных исследований с целью выявления целого ряда принципиально важных зависимостей между традиционными и вновь привлеченными параметрами. Принимая во внимание, что это значительно увеличивает не только затраты, но и неопределенность результатов количественного анализа, следует ожидать, что и в обозримом будущем в практике промыслового прогнозирования основную роль по-прежнему будут играть относительно простые модели одновидовых запасов или ограниченных промысловых сообществ.

При достаточно хорошем информационном обеспечении расчетов теоретическую основу оценки состояния запасов большинства отечественных и мировых объектов рыболовства в настоящее время составляют математические модели, основанные на анализе возрастного состава уловов, в частности, VPA с различными методами настроек [Darby & Flatman, 1984; Бабаян и др., 1984], XSA [Shepherd, 1991], ICA [Patterson, 1985], ISVPA [Васильев, 2001] и др. с привлечением всей доступной дополнительной информации (результатов съемок, данных по промысловым усилиям и уловам на усилие и т.д.). Для идентификации этого класса моделей используются различные названия: биостатистический анализ, анализ виртуальной популяции (VPA), когортный анализ, анализ возрастного состава уловов, последовательный популяционный анализ и др. Однако в научной литературе чаще других в качестве обобщающего термина встречается название «когортные модели». Принципиальной особенностью когортных моделей является отслеживание абсолютных изменений численности и биомассы каждого поколения (когорты), начиная с возраста его вступления в промысловую стадию жизни. При этом закономерности изменения численности с учетом влияния промысла выражаются с помощью соответствующих функциональных зависимостей, которые в совокупности и составляют когортную модель.

В случаях, если данные по возрастному составу уловов недоступны, могут применяться и другие методы количественного анализа, например динамические производственные модели, которые представляют запас в виде гомогенной совокупности особей, связывая его продуктивность с общей величиной биомассы промыслового запаса.

### **Проблема неопределенности и пути ее решения**

С точки зрения исходных допущений относительно вероятностной природы уравнений популяционной динамики и используемых биопромысловых данных, когортные модели можно условно разделить на две группы: детерминистские модели и модели, учитывающие наличие ошибок в наблюдениях и (или) уравнениях, применяемых для математического описания системы запас-промысел. Модели первой группы, как это следует из их названия, основаны на детерминистских представлениях о характере важнейших закономерностей динамики промыслового запаса. Очевидным недостатком детерминистских когортных моделей является невозможность получения с их помощью единственного решения без привлечения допущений о величине естественной смертности и терминальных значений промысловой смертности. Кроме того, исходные биопромысловые данные трактуются этими моделями как абсолютно точные, в связи с чем неизбежно присутствующие в наблюдениях ошибки приводят к ошибкам как в оценках параметров самой модели, так и в конечных результатах анализа, в первую очередь, в оценках ОДУ.

В противоположность им когортные модели второй группы учитывают наличие ошибок наблюдения и процесса, хотя используемые в моделях статистические гипотезы не всегда сформулированы в явном виде. Для того чтобы придать единственность решению системы уравнений когортной модели, необходимо обеспечить, чтобы число уравнений системы превышало количество подлежащих оценке параметров (отнеся к перечню таких параметров и численность возрастных групп). Для решения этой задачи используются различные приемы. Во-

первых, применение так называемых методов настройки когортных моделей, представляющих собой процедуры согласования оценок промысловой смертности с соответствующими значениями величин улова на единицу усилия или индексов численности, или биомассы, полученных по результатам съемок всего запаса или отдельных возрастных групп. В этом случае система уравнений модели расширяется за счет так называемых уравнений наблюдения, связывающих какую-либо дополнительную информацию с параметрами модели или с характеристиками состояния запаса (численностью отдельных возрастных групп, биомассой промыслового или нерестового запаса и т.д.).

Второй подход основывается на «сепарабельном» (раздельном) представлении мгновенных коэффициентов промысловой смертности, т.е. в виде произведения двух факторов (коэффициентов), один из которых зависит от года промысла (от приложенного в данном году усилия), а другой – от возраста. Данный подход получил широкую известность после создания так называемого сепарабельного VPA [Pope and Shepherd, 1982]. В этом случае количество уравнений в модели увеличивается без привлечения дополнительной информации и система уравнений когортной модели будет иметь единственное решение. Третий способ заключается в использовании в модели дополнительных соотношений, описывающих продукционные свойства запаса и заимствованных из теории продукционных моделей или зависимостей запас-пополнение.

Создание избыточного числа уравнений модели относительно числа подлежащих оценке параметров дает возможность не только оценить все параметры модели без использования дополнительных гипотез, но и учесть наличие ошибок как в наблюдениях, так и в допущениях модели. Отметим, что если для моделей первой группы (детерминистских моделей) вопрос о надежности получаемых оценок с математической точки зрения не вполне корректен (такие методы по существу представляют собой методы пересчета одних величин в другие), то для моделей второй группы решение имеет вероятностный (статистический) смысл, что вызывает к жизни весь комплекс вопросов о степени влияния ошибок в исходных данных и последствиях неадекватности модельных соотношений на конечный результат, т.е. проблему устойчивости моделей к ошибкам в исходных данных и принятым допущениям. Анализ этой проблемы исключительно важен для сырьевых исследований Дальневосточного бассейна, поскольку целый ряд объективных факторов (большое число изучаемых запасов при ограниченных объемах финансирования исследований, значительная доля неучтенного вылова и др.) далеко не всегда позволяет получить надежную информацию о фактическом состоянии запаса и промысла.

Для учета неопределенности в моделях второй группы, как правило, применяются следующие подходы. В первом из них оценки численности рассматриваются в качестве неизвестных параметров и оцениваются наряду с другими параметрами модели. Данный подход иногда называется «методом оценки ошибок в переменных». Во втором подходе рассчитанные значения численности считаются неизвестными случайными величинами, характеристики распределения которых зависят от других параметров модели. Для нахождения искомого решения в этом случае могут использоваться рекуррентные оценки, полученные с применением фильтра Калмана.

В настоящее время при выборе типа когортной модели в большинстве практических ситуаций предпочтение отдается сепарабельным когортным моделям, принципиальным достоинством которых является то, что уже в силу теории этих моделей они позволяют частично снизить зашумленность данных по возрастному составу уловов. Включение в сепарабельную модель дополнительной информации еще больше повышает ее устойчивость к ошибкам. Известными попытками реализации такого подхода на практике явились модели CAGEAN [Derizo et al., 1985] и ADAPT [Gavaris, 1988]. Дальнейшее развитие сепарабельных когортных моделей привело к созданию целой группы моделей, широко используемых в сырьевых исследованиях. Отличительными чертами моделей этой группы является возможность органичного привлечения к расчетам результатов любых учетных

съемок как дифференцированных по возрастам, так и в виде индекса биомассы промыслового или нерестового запаса; использования различных допущений об относительной величине ошибок в возрастном составе уловов и в гипотезе об устойчивости селективных свойств промысла; использования устойчивых к ошибкам в данных процедур оценки параметров модели.

При значительной зашумленности исходных данных, что характерно для многих дальневосточных объектов промысла, применение устойчивых к ошибкам (робастных) моделей и методов оценки их параметров является принципиально важным условием обоснования общего допустимого улова. Под устойчивостью модели принято понимать степень независимости полученных с ее помощью результатов от неточностей во входных данных и от возможных отклонений модельной динамики рассматриваемого процесса от его реального развития. Важной составляющей общей устойчивости модели является ее устойчивость по распределению, т.е. устойчивость к ситуациям, когда истинная функция распределения оценки того или иного параметра несколько отличается от предполагаемой в модели. С этим понятием тесно связано другое свойство моделей – степень защищенности искомых решений от присутствия в общем массиве входных данных резко выделяющихся значений. Так, например, наличие всего лишь 5% таких значений приводит к настолько существенному снижению эффективности метода наименьших квадратов при оценке параметров модели, что заставляет обращаться к нетрадиционным методам, построенным на более устойчивых к ошибкам в исходных данных статистиках.

Напомним, что процедура оценивания параметров модели, основанная на минимизации суммы квадратов остатков (ошибок) между фактическими значениями наблюдаемых величин и их модельными аналогами, соответствует гипотезе о нормальном распределении ошибок в наблюдениях. Соответственно гипотеза о логарифмически нормальном (логнормальном) распределении ошибок приводит к минимизации суммы квадратов остатков между логарифмами наблюдений и их модельных аналогов. Логнормальная модель распределения может рассматриваться также как более обоснованная (по сравнению с нормальным распределением) аппроксимация распределений с удлиненными «хвостами», т.е. распределений, в которых доля больших ошибок выше, чем в нормальном распределении. Хотя в рыбохозяйственных исследованиях выбор чаще всего делается в пользу логнормального распределения ошибки, нельзя забывать, что это всего лишь приближение, тогда как в реальности доля больших отклонений часто оказывается весьма значительной, а объем выборки, как правило, недостаточным для того, чтобы можно было с уверенностью остановить выбор на каком-либо конкретном распределении.

Одним из визуальных признаков ошибок в исходных данных иногда может служить наличие отдельных значений, заметно выпадающих из общего облака точек. Если такие отклонения вызваны ошибками в данных, то они способны существенно исказить полученные с их участием оценки искомых величин. Существует несколько подходов к снижению влияния больших ошибок в данных на оценки. Наиболее традиционным из них является цензурирование данных, т.е. выбраковка явно «плохих» наблюдений, после чего параметры модели оцениваются без их использования или с приданием этим данным меньшего относительного веса. Следует отметить, что не всегда есть возможность заранее, до применения модели к данным и получения остатков, определить, какие из наблюдений являются «плохими». Однако и в этом случае суждение о качестве тех или иных наблюдений может оказаться субъективным, поскольку зависит от результатов применения модели ко всем исходным данным. Более того, после применения модели к скорректированному набору данных может оказаться, что в категорию больших ошибок попали некоторые данные, уже прошедшие цензурирование. Этот недостаток присущ, например, известной процедуре – винзоризации [Хьюбер, 1984]. Таким образом, использование цензурирования и других приемов уточнения оценок в общем случае не снимает необходимости обеспечения робастности как самой модели, так и процедуры оценивания ее параметров.

Другим подходом является оценивание параметров модели путем минимизации более робастных статистик ошибки. Оказывается, что совсем не обязательно оценивание параметров осуществлять путем минимизации суммы квадратов остатков (или логарифмических остатков). Такой прием оптимален лишь в идеализированном случае, когда качество всех данных считается одинаковым, т.е. если ошибка в них распределена по одному и тому же закону. Только при этом условии есть основание доверять результату, полученному с использованием классических статистических методов. Если же имеется некоторое количество «плохих» данных (содержащих очень большую ошибку), то минимизация суммы квадратов остатков приводит к тому, что относительный вклад данных с большими ошибками в оценку становится очень велик и оценки параметров получаются чрезмерно от них зависимыми в ущерб близости к остальным «хорошим» наблюдениям.

Для снижения влияния наблюдений, содержащих большие ошибки, можно минимизировать иные меры близости между фактическими наблюдениями и их модельными аналогами, менее зависящими от отдельных измерений с большими ошибками. Одним из самых простых способов следует считать переход от минимизации суммы квадратов остатков к минимизации суммы абсолютных остатков. Поскольку в этом случае ошибки входят в сумму с меньшими весами, то общий вклад в суммарную ошибку от больших ошибок становится меньше и, следовательно, оценки параметров модели в большей степени становятся основанными на подгонке к «хорошим» данным. Однако такой подход все же оставляет в оценках «плохим» данным вес, равный весу «хороших» данных. Чтобы еще больше ослабить влияние «плохих» данных, в качестве статистик, более устойчивых к таким данным (т.е. к неоправданному удлинению «хвостов» распределения), часто используют, например,  $\alpha$  – урезанное среднее (среднее значение распределения квадратических ошибок, из которого устранены  $\alpha$  наименьших и  $\alpha$  наибольших членов) или же медиану распределения квадратических ошибок. Иногда применяются и другие устойчивые статистики, например, абсолютное медианное отклонение (медиана распределения абсолютных отклонений остатков от медианы распределения остатков); оценка Ходжеса–Лемана (медиана распределения всех попарных средних, взятых из распределения остатков модели) и др. [Хьюбер, 1984].

Ниже приводится пример использования комплексной процедуры количественного обоснования ОДУ восточноохотоморского минтая, в которой требование робастности расчетных методов реализовано как на этапе ретроспективного анализа динамики запаса (модель ISVPA [Vasilyev, 2003]), так и в процессе анализа перспектив промысла (предосторожный подход к управлению рыболовством [Бабаян, 2000, 2003]). В предосторожном подходе робастность процедуры оценки ОДУ обеспечивается благодаря тому, что ошибки в исходных данных и самой модели в явном виде учитываются при выборе рекомендуемого уровня интенсивности промысла (правила регулирования промысла) и при управлении рисками неблагоприятных для системы запас–промысел последствий управления. Это позволяет осуществлять рациональное промысловое использование запаса даже в условиях значительной неопределенности.

## Материалы и методы

Процедура обоснования ОДУ в условиях неопределенности (ошибок в исходной информации и неполной адекватности расчетных методов) реализована на примере восточноохотоморского минтая. В примере использованы четыре варианта биопромысловых данных за период с 1974 по 2003 г. включительно. Различия между вариантами обуславливалось способами оценки возрастного состава уловов (по чешуе или по отолитам), а также учетом или игнорированием выбросов молоди. Варианты исходных данных рассматривались в следующем порядке.

### I. Определение возраста по чешуе:

1. Возрастной состав уловов *без учета выбросов* по годам промысла, средние навески (массы) особей по возрастным группам и годам промысла, темп по-

лового созревания особей (доли половозрелых рыб по возрастам) по годам промысла;

2. Возрастной состав уловов *с учетом выбросов* по годам промысла, средние навески (массы) особей по возрастным группам и годам промысла, темп полового созревания особей (доли половозрелых рыб по возрастам) по годам промысла.

II. Определение возраста по отолитам:

3. Возрастной состав уловов *без учета выбросов* по годам промысла, средние навески (массы) особей по возрастным группам и годам промысла, темп полового созревания особей (доли половозрелых рыб по возрастам) по годам промысла;

4. Возрастной состав уловов *с учетом выбросов* по годам промысла, средние навески (массы) особей по возрастным группам и годам промысла, темп полового созревания особей (доли половозрелых рыб по возрастам) по годам промысла.

Общий годовой вылов —  $C$  и уловы на усилие —  $CPUE$  для среднетоннажного флота в вариантах 2 и 4 корректировались с учетом выбросов.

Для каждого года ( $y$ ) значения  $CPUE$  пересчитывались на величину усилия  $f(y)$  путем деления общего вылова  $C(y)$  (в весовых единицах) на  $CPUE(y)$ , после чего путем деления значений матрицы уловов  $c(a,y)$  на значения усилия  $f(y)$  формировался массив данных по уловам (в штуках) на единицу усилия  $CPUE(a,y)$  по возрастным группам ( $a$ ) и годам промысла ( $y$ ). Эти величины использовались в качестве индексов численности ( $y$ ).

Кроме того, в каждом случае к расчетам привлекались присланные нам ранее оценки биомассы нерестового запаса ( $SSB$ ) по икорным съемкам (до 2002 г. включительно). Ретроспективные расчеты проводились для интервала лет с 1974 по 2003 г. включительно.

Для всех наборов данных в расчетах использовались независимые от возраста значения мгновенного коэффициента естественной смертности  $M$ , равные 0,2. Кроме того, была предпринята попытка уточнения  $M$  для данных по возрастному составу уловов, оцененному по отолитам.

### Процедура оценки ОДУ на основе когортных моделей

При наличии необходимых биопромысловых данных предпочтение при выборе базовой модели всегда отдается моделям, учитывающим размерно-возрастную структуру запаса как наиболее обоснованным с биологической точки зрения. Когортные модели дают возможность детального анализа динамики запаса на уровне отдельных поколений, что делает процедуру прогнозирования предельно наглядной и убедительной. Кроме того, эти модели позволяют восстановить значения нерестового запаса и пополнения за весь период наблюдений, благодаря чему можно подробно изучить особенности механизма воспроизводства рассматриваемого запаса и использовать их при обосновании стратегии регулирования промысла.

Не останавливаясь на описании когортных моделей, перейдем к более детальному рассмотрению методических особенностей реализации предосторожного подхода к оценке ОДУ на основе этого класса моделей.

#### *Ретроспективный анализ запаса*

Общую постановку задачи ретроспективного анализа запаса, решаемую с помощью когортных моделей, в общем виде можно сформулировать следующим образом.

Известно:

- численность общего улова по годам промысла;
- возрастной состав уловов (в долях от численности годового вылова) по годам промысла;
- мгновенный коэффициент естественной смертности (постоянный для всех возрастов и всего периода наблюдений либо в виде функции возраста, постоянной для рассматриваемого периода).

Определяются или дополнительно задаются:

- мгновенные коэффициенты промысловой смертности для всех возрастных групп в последний (терминальный) год наблюдений;
- мгновенные коэффициенты промысловой смертности самой старшей в годовых уловах возрастной группы за весь период наблюдений.

Требуется найти:

- мгновенные коэффициенты промысловой смертности для всех возрастных групп за весь период наблюдений;
- численность всех возрастных групп за весь период наблюдений.

При наличии данных о средних темпах весового роста особей, темпах полового созревания и селективности промысла по годам постановка задачи может быть расширена за счет оценки биомассы общего запаса, а также численности и биомассы его нерестовой и промысловой части.

В числовом примере ретроспективный анализ выполнен с помощью когортной сепарабельной модели ISVPA [Васильев, 2001; Vasilyev, 2003] в версии «с управляющими уловами», относящей ошибку аппроксимации моделью данных по возрастному составу уловов к отклонениям в возрастной зависимости селективных свойств промысла от их «теоретических» (оцененных по модели) значений. В качестве соответствующих компонентов целевой функции при оценке параметров модели:

- использовалась сумма квадратов разностей между логарифмами полученных по модели оценок численности по годам и возрастным группам и логарифмами индексов численности  $CPUE(a)$ ;
- использовалась сумма квадратов разностей между логарифмами полученных по модели оценок  $SSB$  и логарифмами биомассы нерестового запаса по икорным сѐмкам;
- выбирались сумма или медиана распределения квадратов остатков в логарифмах данных по возрастному составу уловов (в зависимости от выраженности минимума целевой функции).

Общая целевая функция формировалась в виде взвешенной суммы перечисленных выше компонент. Весовые множители подбирались таким образом, чтобы обеспечить равный вес используемым видам информации после приведения значений всех трех компонент целевой функции к одному масштабу величин.

В связи с усилением пресса промысла на младшие возрастные группы в последние годы в процедуре оценки параметров сепарабельной модели рассматривались два возрастных распределения относительной селективности промысла (факторов селективности): до 1989 г. включительно и начиная с 1990 г.

Для данных, полученных при оценке возраста по чешуе, расчеты проводились для возрастных групп, начиная с 2 лет и до группы 11+. Для данных, полученных при оценке возраста по отолитам, в расчетах использовался возрастной диапазон от 2 лет до 20+.

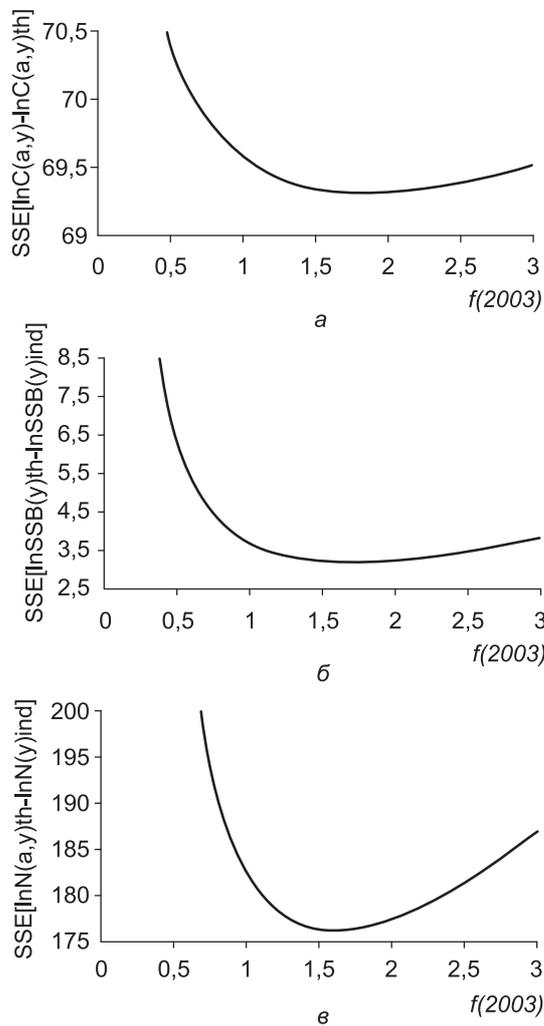
Как сказано выше, основными источниками информации о состоянии запаса в наших расчетах являются три вида данных: данные по возрастному составу уловов, оценки  $SSB$  по результатам сѐмок, а также данные по уловам на усилие. В условиях, когда ни один из видов информации не может рассматриваться как абсолютно точный, результаты часто оказываются противоречивыми. О степени противоречивости имеющихся данных можно судить по профилям компонент общей целевой функции модели, а именно, по различию в положении минимумов и по степени их выраженности.

На рис. 1–4 представлены графики трех компонент целевой функции модели ISVPA, отражающие зависимость ошибки аппроксимации моделью каждого из использованных вариантов исходной информации от величины фактора усилия  $f$  в терминальный год (2003). В модели ISVPA параметр, названный фактором усилия  $f$ , не равен общему мгновенному коэффициенту промысловой смертности, а является относительной величиной. Как можно видеть, для данных, в которых возраст определялся по чешуе и оценки выбросов не учитывались (см. рис. 1), минимумы компонент целевой функции от разных источников информации до-

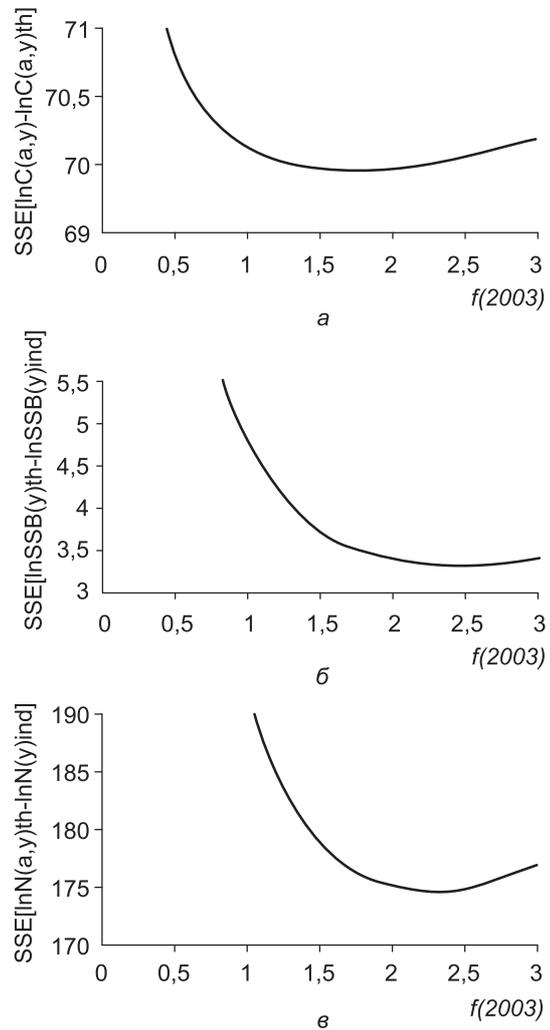
статочны близки друг к другу. Учет экспертных оценок выбросов в уловах (см. рис. 2) приводит к тому, что минимумы компонент целевых функций, относящихся к оценкам *SSB* по икорным съемкам и к *CPUE* значительно смещаются в сторону более низкой величины запаса в терминальный год.

Переход к использованию данных, полученных при оценке возраста по отолитам и без учета выбросов (см. рис. 3), приводит к вырождению минимума *SSE* и необходимости использования медианы распределения квадратических остатков в качестве меры ошибки вместо их суммы. Однако минимумы компонент целевой функции, относящихся к оценкам *SSB* по съемкам и *CPUE*, наоборот, становятся более четко выраженными. Сохраняется близость минимумов для компонент, соответствующих возрастному составу уловов и съемкам *SSB*, однако данные по уловам на усилии свидетельствуют о более благополучном состоянии запаса.

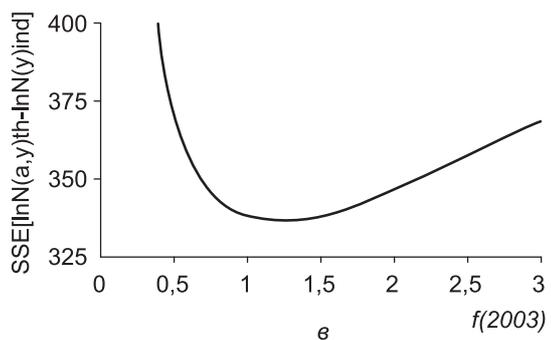
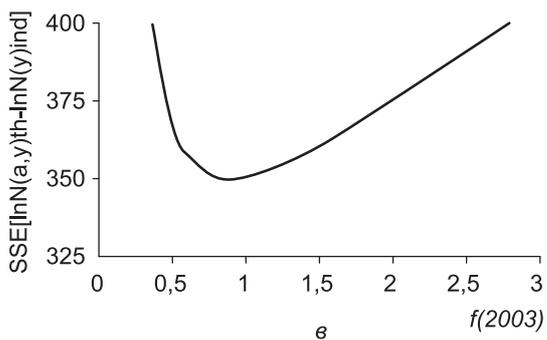
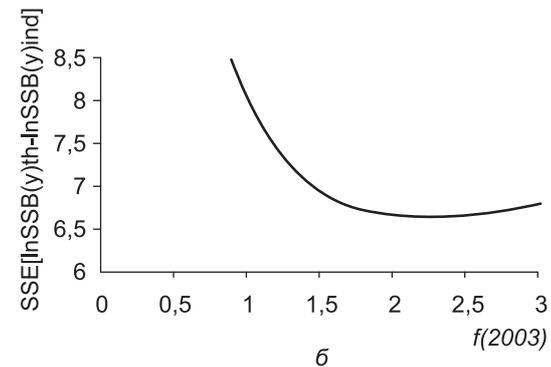
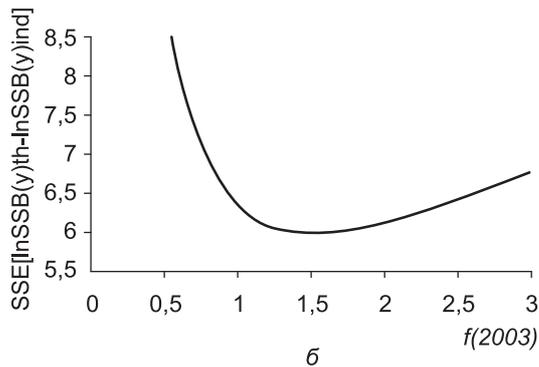
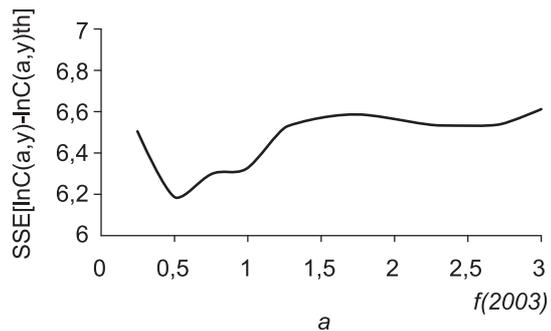
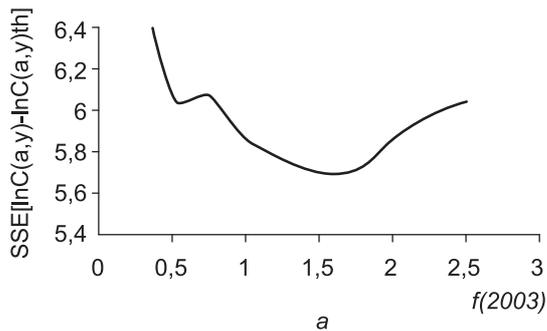
Учет в уловах экспертных оценок выбросов (см. рис. 4) вызывает значительное рассогласование сигналов от различных источников информации, а также резкое ухудшение сигнала от данных по возрастному составу уловов, возможно, за счет значительной неопределенности в оценках выбросов.



**Рис. 1.** Восточноохотоморский минтай. Профили компонент целевой функции модели ISVPA (возраст – по чешуе, в уловах выбросы не учитываются): *a* – ошибка модельного описания данных по возрастному составу уловов; *б* – ошибка модельного описания оценок *SSB* по икорным съемкам; *в* – ошибка модельного описания *CPUE*



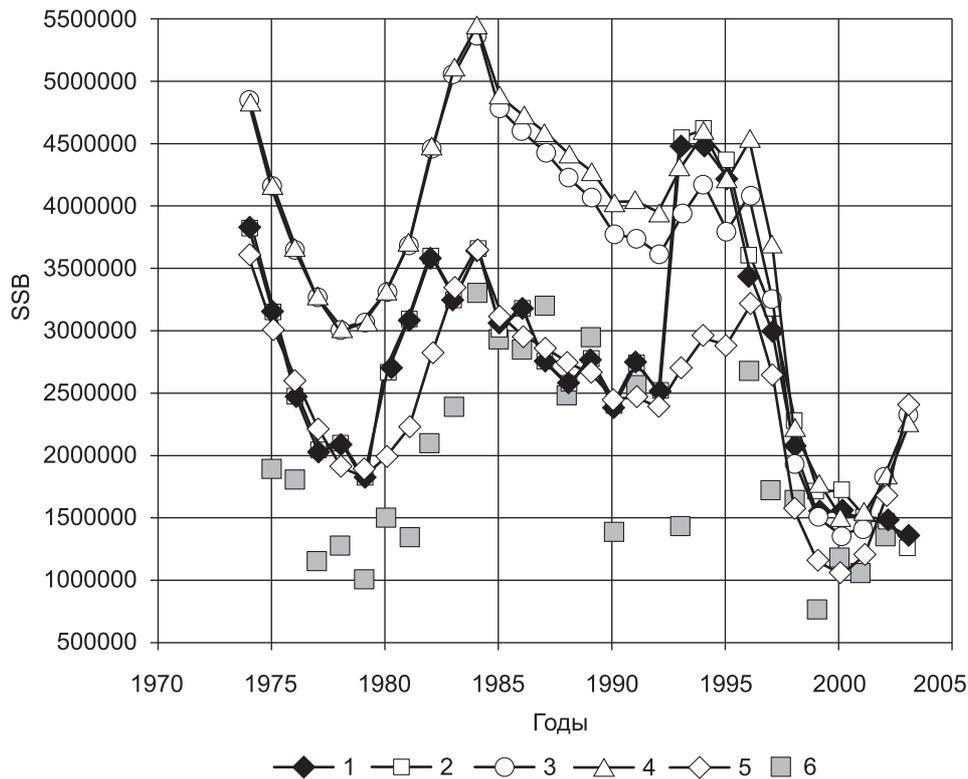
**Рис. 2.** Восточноохотоморский минтай. Профили компонент целевой функции модели ISVPA (возраст – по чешуе, в уловах выбросы учтены): *a* – ошибка модельного описания данных по возрастному составу уловов; *б* – ошибка модельного описания оценок *SSB* по икорным съемкам; *в* – ошибка модельного описания *CPUE*



**Рис. 3.** Восточноохотоморский минтай. Профили компонентов целевой функции модели ISVPA (возраст – по отолитам, в уловах выбросы не учитываются): *a* – ошибка модельного описания данных по возрастному составу уловов; *b* – ошибка модельного описания оценок *SSB* по икорным съемкам; *v* – ошибка модельного описания *CPUE*

**Рис. 4.** Восточноохотоморский минтай. Профили компонентов целевой функции модели ISVPA (возраст – по отолитам, в уловах выбросы учтены): *a* – ошибка модельного описания данных по возрастному составу уловов; *b* – ошибка модельного описания оценок *SSB* по икорным съемкам; *v* – ошибка модельного описания *CPUE*

На рис. 5 дано сравнение оценок биомассы нерестового запаса, полученных для каждого из четырех наборов данных. Как можно видеть, учет выбросов приводит к незначительному изменению результатов, тогда как переход к оценке возраста по отолитам существенно изменяет оценки ретроспективной динамики запаса. При этом разительно отличается динамика запаса в последние годы: если варианты с использованием данных с определением возраста по чешуе показывают дальнейшее снижение запаса (кривые 1 и 2), то данные с определением возраста по отолитам говорят о наличии выраженной тенденции к восстановлению запаса, начиная с 2000 г. (кривые 3 и 4). Отличаются результаты и по общему уровню биомассы в ретроспективные годы. Однако принимая во внимание, что при определении возрастного состава по отолитам диапазон возрастов существенно расширяется, приближая минтай к длиннопериодическим видам, коэффициент  $M = 0,2$  можно считать несколько завышенным. В этой связи была предпринята попытка получить в рамках модели более адекватную оценку  $M$ . К сожалению, в



**Рис. 5.** Восточноохотоморский минтай. Оценки биомассы нерестового запаса: 1 – по данным с определением возраста по чешуе, выбросы не учтены; 2 – по данным с определением возраста по чешуе, выбросы учтены; 3 – по данным с определением возраста по отолитам, выбросы не учтены; 4 – по данным с определением возраста по отолитам, выбросы учтены; 5 – по данным с определением возраста по отолитам, выбросы не учтены,  $M = 0,07$ ; 6 – оценки  $SSB$  по икорным съемкам

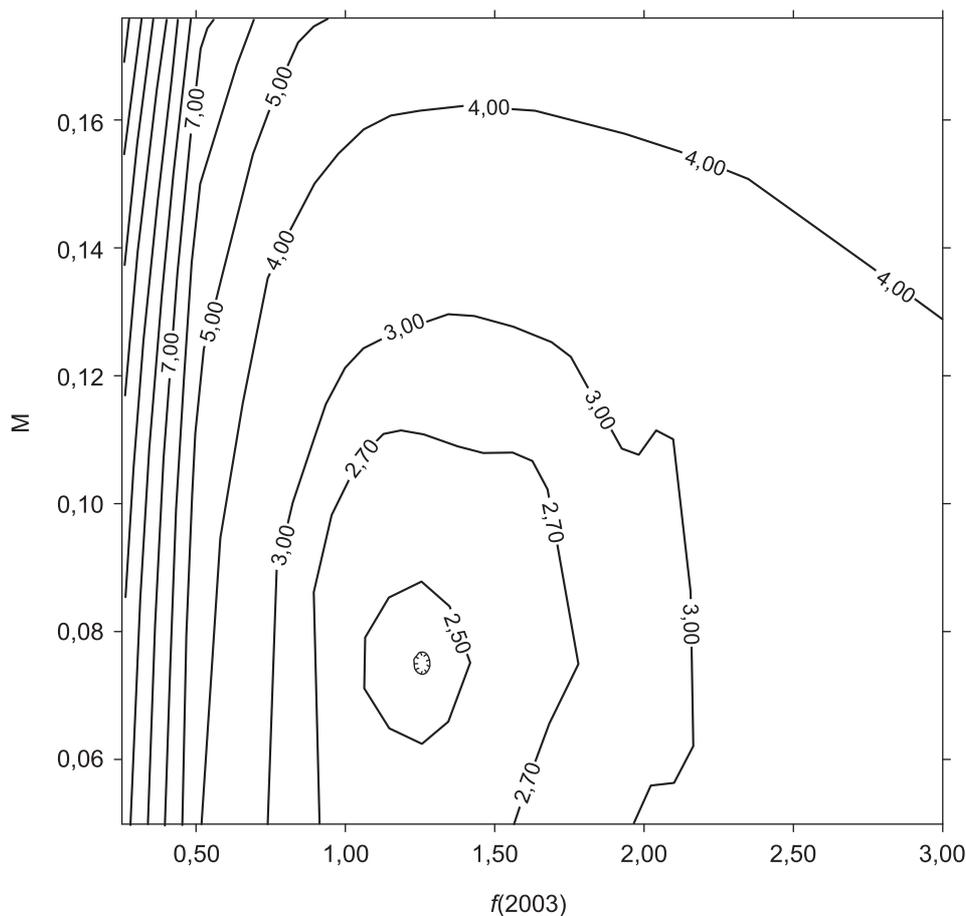
связи со значительной зашумленностью данных, оценить величину  $M$  оказалось возможным только по компоненте целевой функции, характеризующей качество модельных оценок  $SSB$  по отношению к результатам икорных съемок (рис. 6). Полученная оценка оказалась близка к 0,07. Результаты ретроспективной оценки биомассы нерестового запаса, проведенной с использованием  $M = 0,07$  по данным с определением возраста по отолитам, приведены на кривой 5 рис. 5.

На рис. 6 представлены изолинии компоненты целевой функции модели, характеризующей остаточную ошибку аппроксимации моделью оценок  $SSB$ , найденных по икорным съемкам, как функции двух параметров: мгновенных коэффициентов естественной смертности и фактора усилия в терминальный год.

Очевидно, что попытки уточнения величины  $M$ , соответствующей новым представлениям о возрастном составе уловов (и запаса), должны быть продолжены, однако полученная нами оценка  $M = 0,07$  лучше согласуется с результатами оценок  $SSB$  по икорным съемкам и, возможно, ближе к реальности. Учитывая это, а также принимая во внимание то, что, несмотря на некоторое повышение уровня шума в данных и ухудшение локализации минимумов компонент целевой функции, привлечение оценок выбросов к расчетам является практически важным, в дальнейшем анализе мы будем использовать данные, полученные с определением возраста по отолитам и с учетом оценок выбросов, а также значение  $M = 0,07$  для всех возрастных групп.

В табл. 1 приведены оценки численности запаса по годам и возрастным группам (таблица оценок общего, нерестового и промыслового запасов приведена ниже).

Точность результатов модельного анализа оценивалась методом Монте-Карло. Генерирование данных для реализации метода осуществлялось с помощью условного параметрического бутстрепа (для данных по возрастному составу уловов) и



**Рис. 6.** Восточноохотоморский минтай. Изолинии компоненты целевой функции модели, описывающей качество аппроксимации моделью оценок *SSB*

процедуры безусловного параметрического бутстрепа (для данных по съемкам и *CPUE*). Оценка точности оценок запаса выполнена на основе результатов 1000 стохастических реализаций модели *MSVPA*.

На рис. 7 и 8 представлены проценти́ли бутстреп-распределения оценок биомассы нерестового и общего запасов минтая.

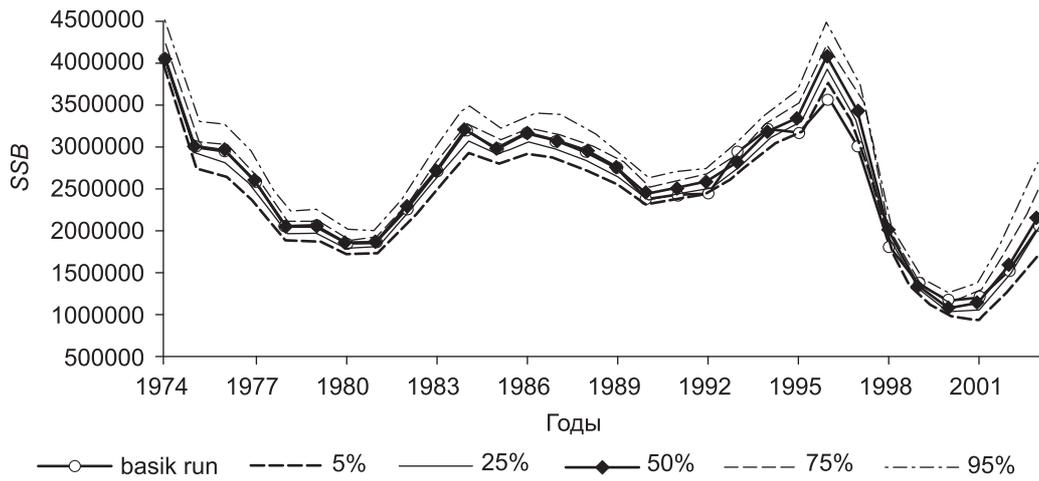
Нетрудно заметить, что результаты детерминистских расчетов (на графике — *basic run*) достаточно хорошо совпадает с медианой их бутстреп-распределения (помечена как 50%).

На рис. 9 представлены оценки фактора усилия и проценти́ли их бутстреп-распределения. Напомним, что оценки фактора усилия отражают тенденцию изменений промысловой смертности, однако численно не равны мгновенному коэффициенту промысловой смертности  $F$ .

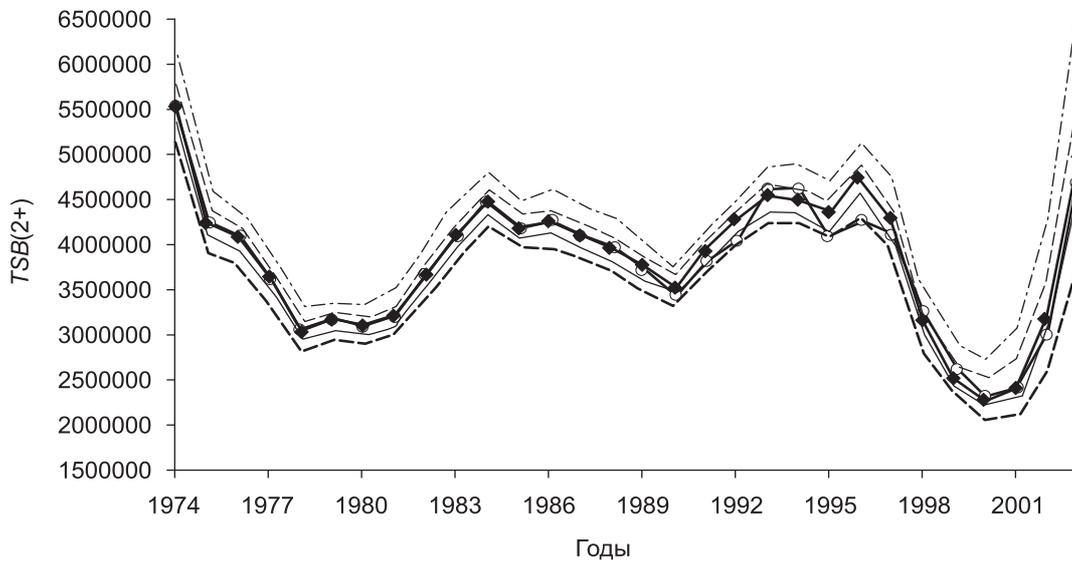
Оценки численности запаса в 2003 г. и проценти́ли их бутстреп-распределения представлены на рис. 10. На рис. 11 и 12 приведены оценки относительной селективности промысла для двух последовательных периодов (1974–1989 гг. и 1990–2003 гг.). Результаты подтверждают увеличение пресса промысла на младшие возрастные группы во второй период (для возраста 2 лет относительная селективность повысилась с 0,0015 до 0,0031, а для возраста 3 лет — с 0,0041 до 0,0074). Для первого периода в возрастной селективности промысла обращает на себя внимание падение селективности, начиная с возраста 9 лет, и всплеск ее в возрасте 12 лет. Для второго интервала лет данная тенденция выражена значительно слабее. В качестве вероятной причины этого можно предположить более высокие систематические ошибки в определении возраста по отолитам для младших возрастов.

## Оценки численности восточнохотоморского минтая, тыс. экз.

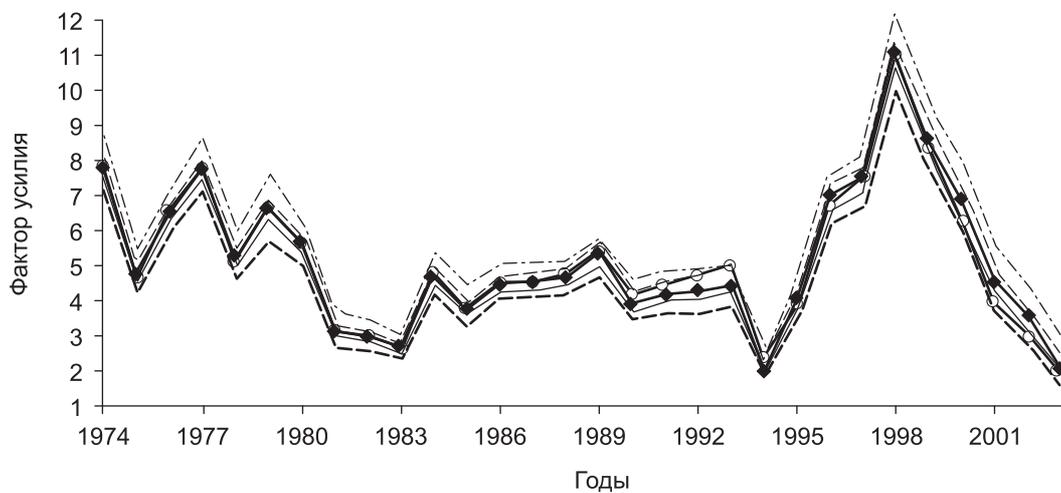
Год	Возраст, лет																			
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20+	
1974	1912,0	2272,8	2387,7	2431,2	2337,4	1687,3	807,3	406,3	239,2	148,5	98,5	56,4	34,4	22,9	14,7	9,5	5,3	3,8	7,6	
1975	1825,8	1760,0	1835,6	1821,7	1871,6	1496,4	727,5	358,0	210,5	134,1	82,7	45,9	28,0	16,1	10,5	7,4	5,6	2,4	4,8	
1976	2061,9	1698,4	1606,5	1617,2	1453,6	1085,4	630,4	335,1	198,9	133,2	89,6	49,7	30,6	19,5	11,2	7,7	5,5	4,2	8,3	
1977	2506,0	1918,2	1543,1	1403,2	1337,3	1023,7	535,0	272,4	161,9	100,7	68,0	37,1	21,9	13,6	8,8	5,1	4,2	2,7	5,2	
1978	3426,5	2296,6	1654,0	1334,2	1184,1	886,8	452,5	225,8	131,9	85,0	52,3	30,1	16,8	9,7	5,8	4,1	2,4	2,2	4,4	
1979	4099,6	3178,4	2124,7	1504,5	1154,1	839,1	436,0	215,3	124,0	78,7	52,5	27,6	18,0	9,8	5,4	3,3	2,6	1,3	2,7	
1980	3543,6	3661,8	2755,5	1841,8	1255,5	814,4	436,1	215,7	120,2	74,5	48,3	29,8	16,4	11,8	6,2	3,4	2,0	1,6	3,4	
1981	2551,1	3176,1	3395,8	2519,9	1559,5	830,8	406,5	217,0	121,3	72,0	44,9	26,1	18,6	10,5	8,2	4,1	2,0	1,1	2,4	
1982	2126,9	2358,3	2896,9	3031,9	2102,2	1089,4	521,3	280,4	165,4	96,6	57,7	34,7	21,0	15,5	8,7	7,0	3,3	1,5	3,2	
1983	2075,7	1974,0	2149,3	2560,2	2519,5	1480,6	684,6	361,8	216,0	133,7	78,5	45,0	28,1	17,2	13,1	7,3	6,0	2,7	5,4	
1984	1987,0	1933,8	1831,2	1947,9	2181,3	1831,3	925,3	455,0	266,5	168,4	105,9	58,9	35,0	22,4	13,8	10,9	6,0	5,0	9,3	
1985	1684,6	1847,9	1796,9	1687,3	1706,4	1490,6	814,6	409,9	236,9	153,2	100,4	54,7	33,6	20,1	13,3	8,6	7,8	3,6	7,0	
1986	1855,3	1568,7	1709,2	1644,5	1490,8	1277,7	793,7	418,3	239,2	147,9	99,4	60,3	35,9	23,2	14,0	10,0	6,5	6,0	13,3	
1987	1897,1	1711,6	1443,4	1568,6	1487,3	1222,3	755,6	431,8	254,4	150,3	92,4	57,5	38,2	22,6	14,5	8,3	6,1	3,9	7,3	
1988	1805,0	1758,9	1561,6	1289,5	1381,5	1176,1	715,3	419,4	274,4	167,1	95,3	51,5	35,8	25,4	14,9	9,9	5,9	4,0	7,9	
1989	1907,7	1649,9	1591,9	1402,7	1135,4	1095,5	700,1	403,5	273,2	192,2	115,4	56,6	31,4	23,8	17,8	10,2	7,0	3,9	7,8	
1990	3165,3	1728,1	1465,0	1422,9	1242,1	843,0	559,8	351,4	243,0	184,0	134,9	71,9	35,9	19,5	16,3	13,0	7,1	4,8	9,4	
1991	4708,4	2926,6	1585,3	1322,0	1241,0	998,2	557,7	331,1	224,6	166,9	130,8	91,7	49,1	23,6	12,2	12,0	10,1	5,0	9,4	
1992	3133,4	4358,8	2684,9	1407,5	1104,0	871,3	546,0	296,3	204,7	151,1	117,3	90,6	68,6	35,3	15,2	7,5	9,3	7,7	15,2	
1993	1533,0	2861,3	3973,4	2437,2	1259,0	920,4	608,1	366,6	196,7	139,3	103,2	75,5	64,4	49,9	23,2	8,3	4,1	6,3	11,6	
1994	1084,8	1431,8	2617,1	3657,5	2200,4	982,6	500,8	315,3	215,0	109,4	79,9	54,5	47,6	46,0	37,7	16,5	5,2	1,6	3,4	
1995	2088,6	993,2	1184,8	1930,2	2786,4	1651,2	681,0	370,9	257,2	183,2	92,2	67,1	47,4	42,5	41,8	34,5	15,0	4,5	9,0	
1996	2237,7	1900,8	897,1	966,3	1436,0	1826,3	956,0	402,1	247,4	190,4	139,2	59,3	48,2	34,9	33,6	35,5	30,3	12,5	24,4	
1997	5008,6	2069,9	1707,7	742,9	751,2	947,0	1185,9	362,3	167,2	122,9	104,6	50,4	40,5	25,5	11,0	9,4	15,2	16,5	24,7	
1998	3180,0	4120,1	1766,9	1265,3	539,2	336,8	395,1	520,0	228,0	87,0	49,5	58,8	32,0	23,7	13,6	5,5	8,1	9,9	16,3	
1999	3556,5	2753,5	2491,7	1497,7	629,2	217,9	99,9	99,1	130,7	54,6	36,6	33,3	20,5	11,7	4,3	3,7	2,6	4,9	10,5	
2000	2453,9	3258,6	2371,0	1866,2	1090,8	300,2	89,8	50,6	46,6	65,4	26,7	19,3	12,6	10,6	4,6	1,5	1,8	1,2	4,1	
2001	2033,5	2247,0	2929,2	2061,1	1330,6	562,3	137,8	50,6	30,1	33,0	40,7	14,3	139,0	6,6	5,3	1,9	0,5	1,2	2,1	
2002	4581,1	1891,6	2072,8	2564,6	1733,8	822,0	262,1	87,1	33,9	19,7	22,9	25,7	8,3	11,0	5,1	3,7	0,8	0,3	1,3	
2003	6301,7	4251,6	1753,3	1920,5	2273,7	1457,3	512,6	183,3	62,3	23,1	12,6	13,7	19,4	4,4	8,4	3,7	3,0	0,1	0,4	



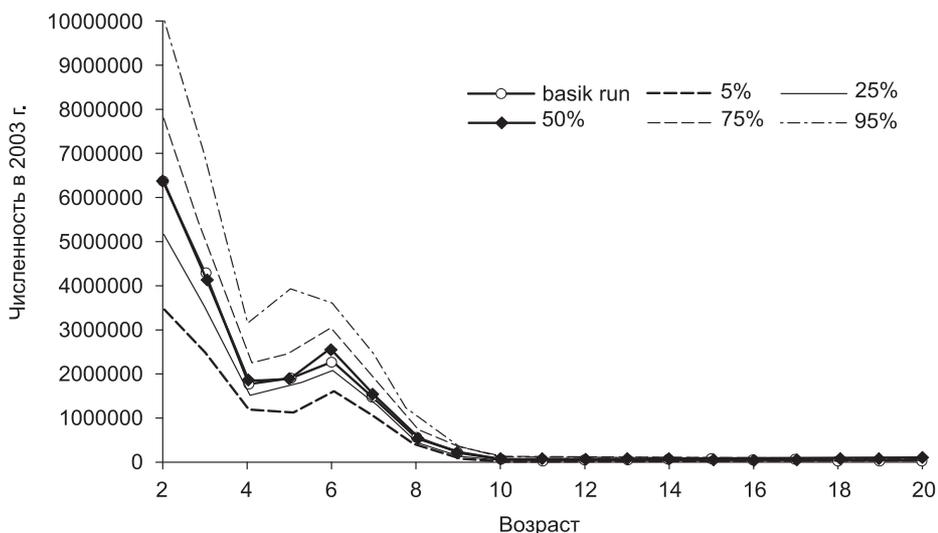
**Рис. 7.** Восточнооходотоморский минтай. Процентили бутстреп-распределения оценок биомассы нерестового запаса



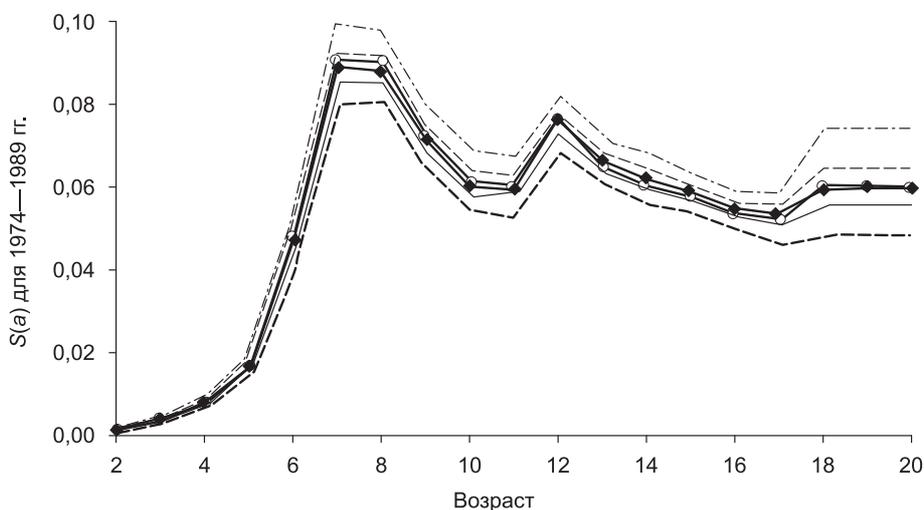
**Рис. 8.** Восточнооходотоморский минтай. Процентили бутстреп-распределения оценок биомассы общего запаса (2 года и старше). Условные обозначения, как на рис. 7



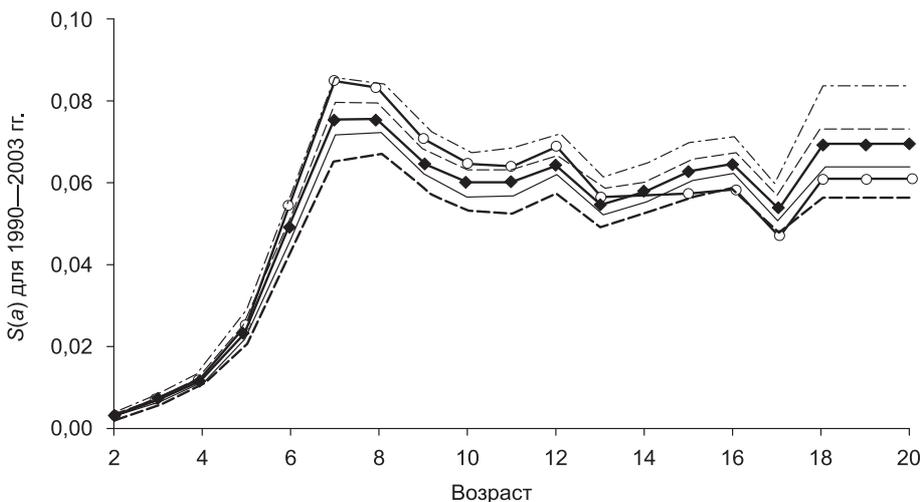
**Рис. 9.** Восточнооходотоморский минтай. Процентили бутстреп-распределения оценок фактора усилия. Условные обозначения, как на рис. 7



**Рис. 10.** Восточноохотоморский минтай. Проценти́лы бутстре́п-распределе́ния оценок численности по возрастным группам в терминальный год



**Рис. 11.** Восточноохотоморский минтай. Проценти́лы бутстре́п-распределе́ния оценок относительной селективности промысла (1974–1989 г.). Условные обозначения, как на рис. 10



**Рис. 12.** Восточноохотоморский минтай. Проценти́лы бутстре́п-распределе́ния оценок относительной селективности промысла (1990–2003 г.). Условные обозначения, как на рис. 10

### Построение правила регулирования промысла (ПРП)

ПРП представляет собой формализованную стратегию управления запасом путем регулирования интенсивности рыболовства в соответствии с заранее определенными целями эксплуатации рассматриваемого запаса и его биологическими особенностями. Правило регулирования рыболовства позволяет для каждого состояния запаса, характеризующегося биомассой нерестовой части запаса, рассчитать оптимальную рекомендуемую величину интенсивности промысла, выраженную в единицах мгновенного коэффициента промысловой смертности. Рекомендуемая величина промысловой смертности, найденная для прогнозного года, используется при оценке ОДУ на этот год. Идентификация правила регулирования осуществляется с помощью ориентиров управления по биомассе и промысловой смертности.

Оценивание ориентиров управления рекомендуется выполнять с помощью процедуры, в основе которой лежит метод построения кривой устойчивого улова  $Y = Y(F)$  с учетом возрастной структуры запаса [Pope, Shepherd, 1982; Бабаян, 2000]. При построении кривой устойчивого улова  $Y = Y(F)_e$  вычисления выполняются в следующей последовательности.

1. С помощью ВРА или любого другого метода когортного анализа рассчитываются значения численности пополнения  $\{R_i\}$  и биомассы нерестового запаса  $\{SSB_i\}$ , где  $i$  – индекс года промысла.

2. Оцениваются параметры выбранной модели запас–пополнение (здесь, для определенности, – модели Рикера):

$$R = a SSB \exp(-b SSB),$$

где  $R = N_{j^*}; SSB = SSB_{i;j^*+1}; j^*$  – возраст пополнения;  $a, b$  – коэффициенты модели.

3. Строятся кривые  $Y/R = f_{(1)}(F)$  и  $SSB/R = f_{(2)}(F)$  согласно любой выбранной аналитической модели (здесь, для определенности, – модели Томпсона-Белла):

$$\frac{Y}{R}(F)_e = w_{j^*} \frac{s_{j^*} F}{M + s_{j^*} F} \left[ 1 - \exp(-M - s_{j^*} F) \right] + \sum_{j=j^*}^T w_j \exp(-M - s_j F) \cdot \frac{s_j F}{M + s_j F} \left[ 1 - \exp(-s_j F) \right],$$

$$\frac{SSB}{R}(F)_e = \frac{m_{j^*} w_{j^*} s_{j^*}}{M + s_{j^*} F} \left[ 1 - \exp(-M - s_{j^*} F) \right] + \sum_{j=j^*}^T \frac{m_j w_j s_j}{M + s_j F} \cdot \exp(-M - s_j F) \left[ 1 - \exp(-s_j F) \right],$$

где  $m_j$  – доля половозрелых особей в возрасте  $j$ ;  $s_j$  – возрастной коэффициент промысловой смертности

$$s_j = \frac{F_i}{F_j};$$

$w_j$  – средняя навеска в возрасте  $j$ ,  $T$  – максимальный возраст особей в улове.

4. Для всех  $\frac{SSB}{R}(F_i)_e$ , найденных в п.3, рассчитываются равновесные значения  $SSB(F_i)_e$  путем подстановки  $\frac{SSB}{R}(F_i)_e$  в выражение для уравновешенной нерестовой биомассы (здесь – зависимость запас–пополнение Рикера):

$$SSB(F_i)_e = \frac{1}{b} \ln \left[ a \frac{SSB}{R}(F_i)_e \right].$$

Расчеты выполняются для  $F_i = i\Delta F$ , где  $i = 1, 2, \dots$ , а  $\Delta F$  задается исходя из рекомендуемого диапазона значений  $F$  и требований к точности построения кривых.

5. Для всех  $SSB(F_i)_e$ , найденных в п.4, рассчитываются равновесные значения пополнения:

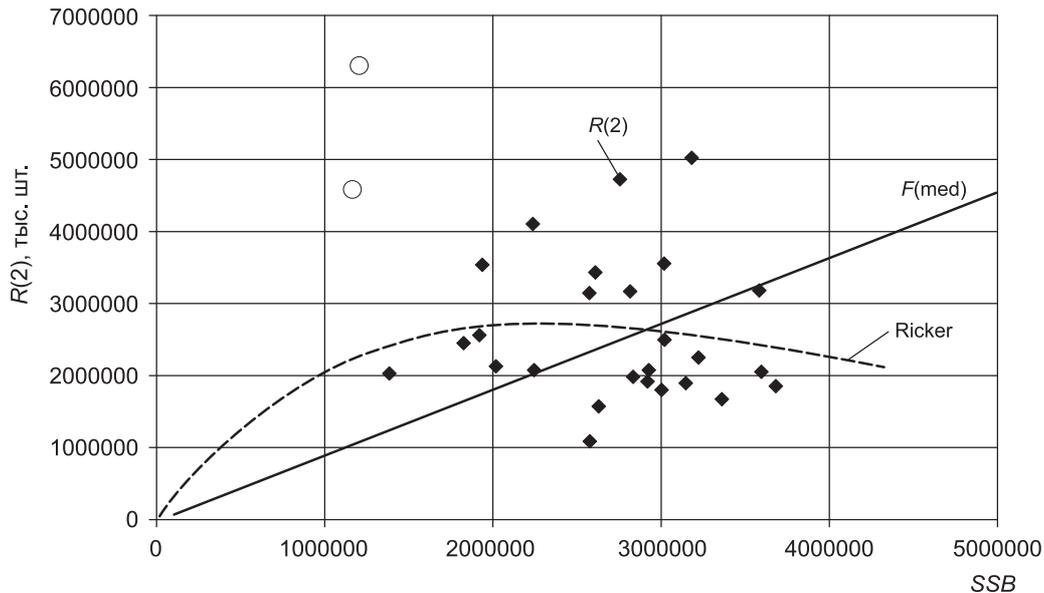
$$R(F_i)_e = a SSB(F_i)_e \exp[-b SSB(F_i)_e].$$

6. Для всех  $F_i$  с учетом результатов п.3 и 5 рассчитывается:

$$Y(F_i)_e = R(F_i)_e \frac{Y}{R}(F_i)_e.$$

7. По точкам, найденным в п.6, строится искомая кривая  $Y = Y(F)_e$ .

Результаты расчетов, связанных с построением кривой устойчивого улова для восточноохотоморского минтая, приведены ниже. На рис. 13 представлена зависимость между биомассой нерестового запаса и пополнением, построенная с помощью модели Рикера. Поскольку наиболее высокие оценки пополнения получены для 2002 и 2003 г., в которых соответствующие поколения еще недостаточно полно представлены в уловах (в связи с чем оценки могут быть не очень надежными), эти две точки при построении зависимости не учитывались. Коэффициенты зависимости оценивались в предположении о нормальном законе распределения остатков между «наблюденными» (оцененными по когортной модели) значениями пополнения и их аппроксимацией кривой Рикера.



**Рис. 13.** Восточноохотоморский минтай. Зависимость запас–пополнение (оценки пополнения 2002 и 2003 гг. исключены)

На рис. 14 и 15 изображены относительные и абсолютные кривые относительных и абсолютных устойчивых уловов, построенные с учетом зависимости запас–пополнение и с использованием среднесовременных данных по навескам и темпам полового созревания, а также показателей селективности промысла, оцененных для последних пяти лет. В качестве реперных значений коэффициента промысловой смертности выбраны значения  $F$ , усредненные по возрастным группам 6–20.

Исходя из результатов ретроспективного анализа и результатов применения продукционной модели с возрастной структурой ( $ASPM$ ), в качестве целевых ориентиров управления выбраны следующие величины:  $SSB_{ig} = SSB_{MSY} + \sigma_{norm.SSB} = 3,1 \text{ млн т} + 200 \text{ тыс. т} = 3,3 \text{ млн т}$ ;  $F_{ig} = F_{MSY} \exp(-\sigma_{norm.F}) = 0,32 \times \exp(-0,31) = 0,23$ . В качестве граничного ориентира по биомассе выбрано значение:  $SSB_{lim} = 3\sigma_{norm.SSB} = 600 \text{ тыс. т}$ .

Правило регулирования промысла, предназначенное для обеспечения устойчивого рыболовства в долговременной перспективе, представлено на рис. 16. На рисунке также изображены ретроспективные (2000–2003 гг.) и прогнозные состояния запаса в координатах биомассы нерестового запаса и промысловой смертности.

Универсального правила регулирования промысла не существует. В каждом конкретном случае его структура, определяемая набором и значениями ориентиров управления, зависит от особенностей данного запаса и промысла. В рассматриваемом числовом примере была выбрана упрощенная схема регулирования (см. рис. 16), ориентиры управления которой задавались следующим образом.

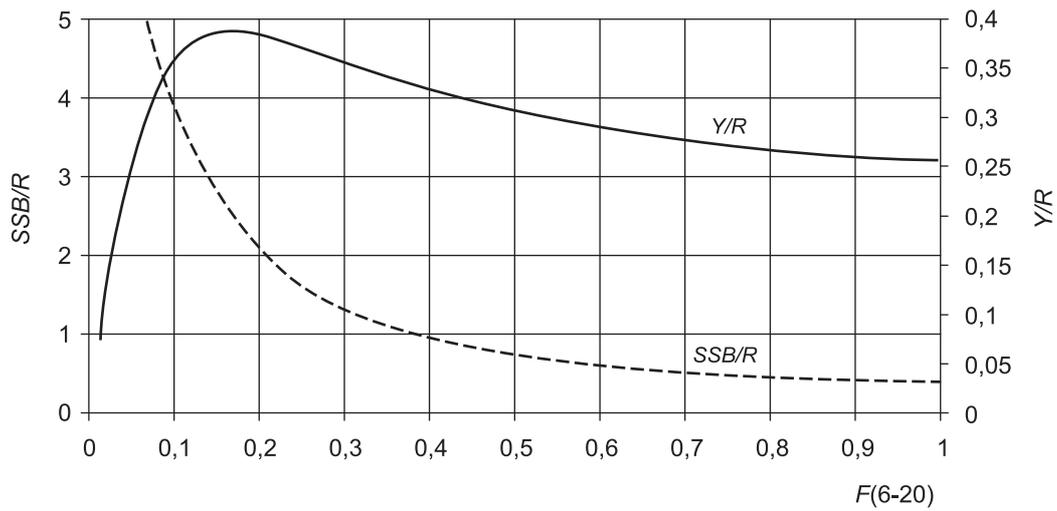


Рис. 14. Восточноохотоморский минтай. Анализ Томпсона – Белла

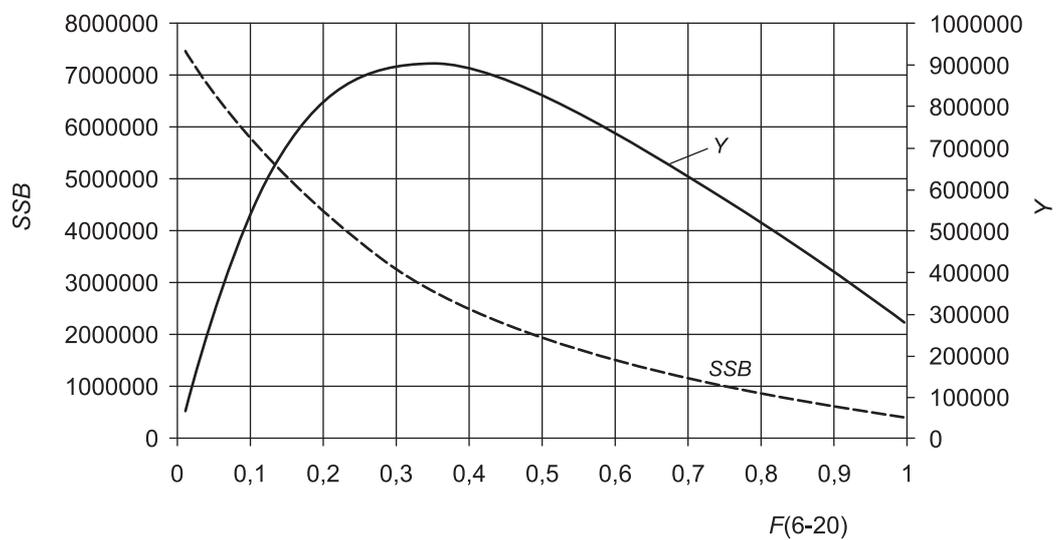


Рис. 15. Восточноохотоморский минтай. ASPM.  $SSB_{MSY} = 3,1$  млн т;  $F_{MSY} = 0,32$

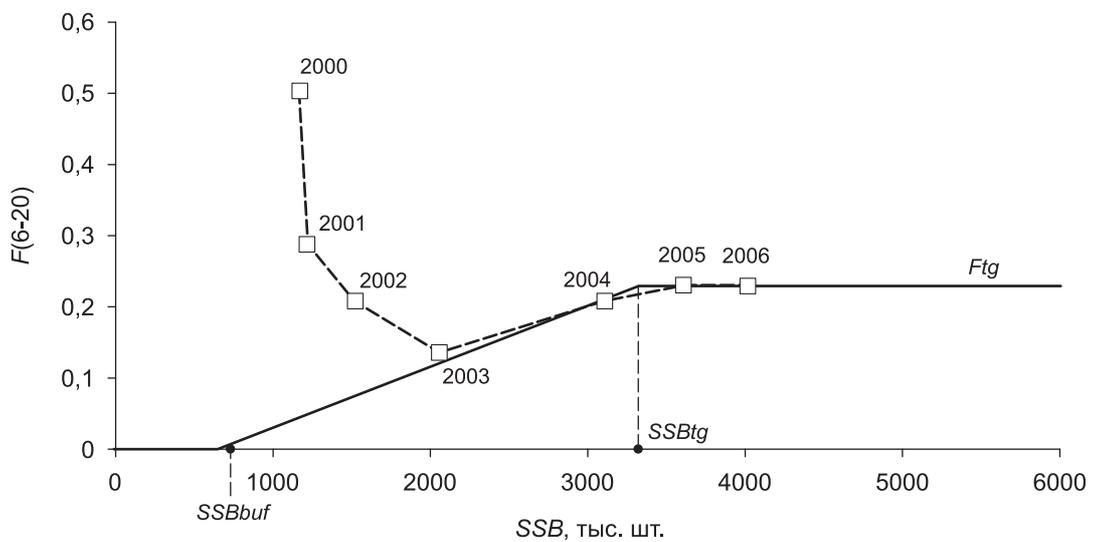


Рис. 16. Восточноохотоморский минтай. Правило регулирования промысла

Граничный ориентир по промысловой смертности определялся как максимум кривой устойчивого улова, или  $F_{lim} = F_{MSY}$ . Целевой ориентир  $F_{tr}$  рассчитывался как нижняя граница оценки  $F_{lim}$ , т.е. как буферный ориентир  $F_{buf} = F_{MSY} \exp(-\sigma_F t_s(70\%))$ , где  $\sigma_F$  – стандартная ошибка оценки коэффициента промысловой смертности  $F_{MSY}$  ( $\sigma_F = 0,31$ ), а  $t_s$  – коэффициент Стьюдента для доверительной вероятности 70%. Граничный ориентир по биомассе  $B_{lim}$  принимался равным нулю, а буферный ориентир  $B_{buf}$  находился как возможная погрешность оценки нулевой биомассы нерестового запаса при гипотезе о нормальном распределении ошибки,  $B_{buf} = t_s \sigma_B$ , где  $t_s$  – коэффициент Стьюдента для доверительной вероятности 99% (столь высокая доверительная вероятность выбрана с целью обеспечения биологической безопасности запаса);  $\sigma_B$  – стандартная ошибка оценки биомассы нерестового запаса ( $\sigma_B = 200$  тыс. т). Целевой ориентир по биомассе  $B_{tr}$  рассчитывался как функция  $F_{tr}$  при условии:  $B_{tr} > B_{buf}$ ,  $B_{ig} = 3\ 300$  тыс. т. Таким образом, оценки ориентиров управления, использованные при идентификации правила регулирования промысла, составили:  $B_{lim} = 600$  тыс. т;  $B_{ig} = 3\ 300$  тыс. т;  $F_{tr} = 0,32$  год<sup>-1</sup>.

### Прогнозирование состояния запаса и ОДУ

При использовании когортных моделей в качестве базовых прогнозирование состояния запаса осуществляется с помощью тех же соотношений, что и при восстановлении ретроспективы динамики запаса, однако теперь эти соотношения применяются для последовательного расчета параметров поколений от младшего возраста к старшему, т.е. в обратном направлении, позволяя оценивать ожидаемые изменения численности поколений в зависимости от заданного уровня промысловой смертности [Бабаян и др., 1984].

Единственным принципиальным отличием от традиционной процедуры является то, что при предосторожном подходе на каждом прогнозном шаге рекомендуемая промысловая смертность  $F_{rec}$  оценивается по заранее принятому правилу регулирования промысла в соответствии с предварительно полученной оценкой биомассы нерестового запаса на начало прогнозного года.

Все необходимые для прогнозных расчетов величины задаются или рассчитываются по результатам ретроспективного анализа запаса.

Естественная смертность  $M$  или  $M(t)$  принимается такой же, как и при ретроспективном анализе.

Навески по возрастам,  $\{w_j\}$ ,  $j = \overline{1 \div T}$  доли половозрелых особей по возрастам,  $\{m_j\}$ ,  $j = \overline{1 \div T}$ , возрастные составляющие общего мгновенного коэффициента промысловой смертности,  $\{s_j\}$ ,  $j = \overline{1 \div T}$ , где  $T$  – возраст самого старшего годового класса, оцениваются путем усреднения значений этих величин для каждой возрастной группы за весь период наблюдений или его часть.

Пополнение на произвольной год прогноза  $i$  оценивается как ожидаемая в этом году численность младшей возрастной группы ( $j = 1$  год),  $R_i = N_{i-1}$ . Традиционный способ определения  $R_i$  – усреднение оценок численности младшей возрастной группы за ряд предыдущих лет. Такой способ, особенно если в динамике наблюдаемых значений  $N_1$  в период, предшествующий прогнозному, не выявлено каких-либо заметных тенденций, вполне приемлем для прогнозирования состояния запасов и ОДУ на один-два года.

После завершения ретроспективного анализа, расчета биологических ориентиров и обоснования правила регулирования промысла прогнозирование ОДУ осуществляется в три этапа:

1. Оценивается величина биомассы нерестовой части запаса на начало прогнозного года ( $i = 1$ ):

$$SSB_1 = \sum_{j=t_m}^T m_j w_j N_{st,j-1} \exp\left[-(M_{j-1} + s_{j-1} F_{st})\right],$$

где  $t_m$  – возраст, в котором впервые встречаются половозрелые особи (здесь предполагается, что  $t_m > 1$ );  $i = st$  – индекс предпрогнозного, стартового года;  $F_{st}$  – общий мгновенный коэффициент промысловой смертности в стартовом году.

В качестве  $F$  в традиционных версиях сепарабельного когортного анализа используется средняя величина промысловой смертности по возрастным группам, наиболее полно представленным в уловах.

2. Имея оценку  $SSB_1$ , с помощью принятого для данного запаса правила регулирования промысла, можно вычислить рекомендуемое значение общего коэффициента промысловой смертности в первый год прогноза:

$$F_{rec_1} = f(SSB_1, B_{lim}, B_{tr}, F_{tr}).$$

3. Рассчитывается прогноз ОДУ на год вперед:

$$ОДУ_1 = F_{rec_1} FSB(F_{rec_1}) = F_{rec_1} \sum_{j=t_c}^T w_j N_{1,j} \frac{1 - \exp\left[-(M_j + s_j F_{rec_1})\right]}{M_j + s_j F_{rec_1}}.$$

Аналогично выполняется прогноз ОДУ и на последующий год  $i = 2$ . В этом случае стартовым годом будет первый прогнозный год  $i = 1$ , а  $F_{rec_2}$  рассчитывается по тому же правилу регулирования промысла, но уже для нового значения нерестовой биомассы  $SSB_2$ .

В приведенной выше формуле использованы соотношения ВРА с сепарабельным представлением промысловой смертности, однако данная процедура применима и для других когортных моделей с поправкой на их специфику.

При традиционном подходе к оценке ОДУ первые два этапа приведенной выше процедуры отсутствуют, поскольку рекомендуемая интенсивность промысла (критерий регулирования) в этом случае не зависит от прогнозируемой величины нерестового запаса и может быть найдена за рамками данной процедуры.

Процедура обоснования ОДУ включает обязательный анализ эффективности принятой для рассматриваемого запаса стратегии регулирования. Анализ выполняется методами стохастического моделирования. В рамках этого анализа при проведении численных экспериментов все параметры прогностического уравнения считаются случайными переменными, законы распределения которых находятся путем статистической обработки рядов исторических значений этих величин. Эксперимент строится на методе Монте-Карло и пошаговом принципе определения рекомендуемого значения целевого ориентира управления  $F_{rec}$ .

Прогноз состояния восточноохотоморского минтая и величины рекомендуемого промыслового изъятия на 2004–2005 гг. выполнен на основе версии предосторожного подхода, адаптированной к рассматриваемой системе запас–промысел [Бабаян, 2000, 2003; Бабаян и др., 2001].

В прогностических расчетах использовались средние за последние пять лет оценки возрастной селективности промысла, среднемноголетние значения распределения среднего веса и доли половозрелых рыб по возрастам; в качестве пополнения в возрасте два года выбрано среднегеометрическое значение ретроспективных оценок пополнения за весь рассматриваемый период. Такое же значение численности в возрасте два года использовалось и для 2003 г., поскольку полученную в рамках ретроспективного анализа оценку пополнения нельзя считать достаточно надежной, так как соответствующее поколение в матрице уловов представлено лишь одной возрастной группой.

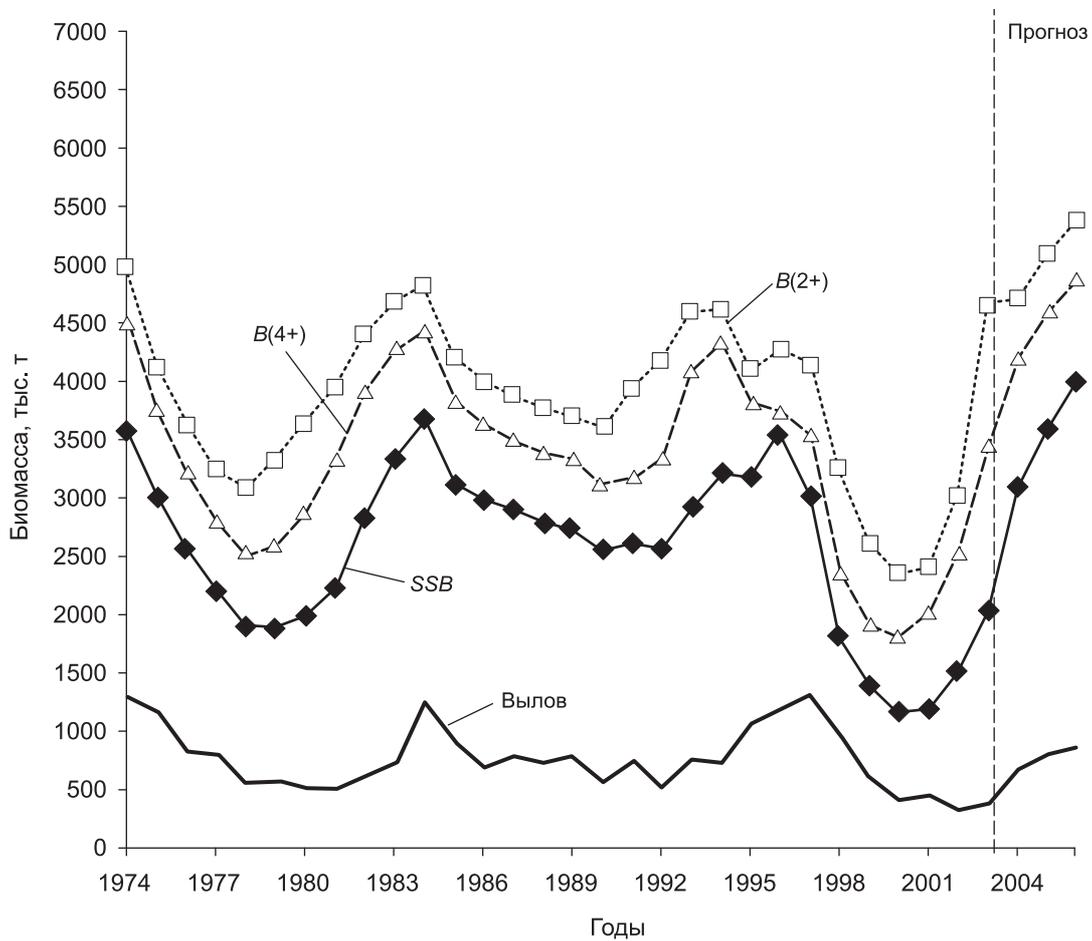
Детерминистский прогноз показывает (рис. 17 и табл. 2), что проявившаяся тенденция к восстановлению запаса продолжится и в прогнозные годы.

В рамках стохастического прогностического анализа рассмотрены вероятности того, что биомасса нерестового запаса окажется ниже целевого уровня  $SSB_{lg}$  в зависимости от величины ОДУ в 2004 г.

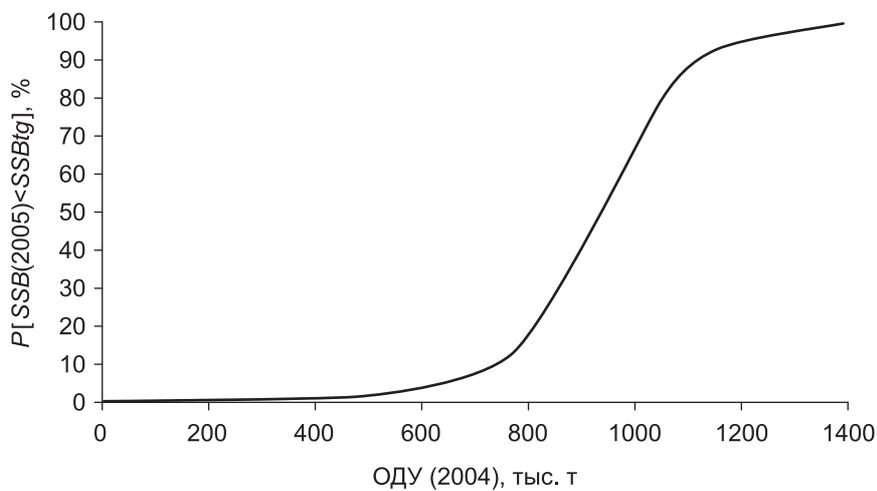
В стохастических прогностических расчетах в качестве стартовых значений численности по возрастам использованы оценки численности по возрастным группам для терминального года, за исключением возраста 2, для которого модельная оценка численности заменена на историческое среднегеометрическое значение. Неопределенность в оценках численности учитывалась путем внесения логнормально распределенной ошибки со стандартными отклонениями  $\sigma_a$ , оцененными на основании результатов ретроспективных расчетов отдельно для

каждой возрастной группы. Неопределенность в прогнозе пополнения учитывалась путем внесения логнормально распределенной ошибки со значением  $\sigma$ , оцененным для всего ретроспективного периода.

На рис. 18 приведена кривая вероятности снижения биомассы нерестового запаса в 2005 г. ниже  $SSB_{tg}$  в зависимости от величины ОДУ в 2004 г.



**Рис. 17.** Восточнооходоморский минтай. Динамика запаса и прогноз допустимого промышленного изъятия в режиме предосторожного подхода к управлению рыболовством



**Рис. 18.** Восточнооходоморский минтай. Вероятность снижения  $SSB$  в 2005 г. ниже  $SSB_{tg}$  в зависимости от величины ОДУ в 2004 г.

**Восточноохотоморский минтай. Ретроспективные оценки и прогноз, тыс. т**

Год	SSB	B(2+)	B(4+)	Вылов	F(6–20)
1974	3596,6	4994,5	4538,1	1320,0	0,83
1975	3023,9	4130,5	3750,4	1172,0	0,37
1976	2602,8	3617,7	3227,7	838,0	0,56
1977	2236,3	3266,6	2812,5	803,0	0,75
1978	1931,6	3085,2	2508,5	574,0	0,40
1979	1909,3	3344,7	2596,3	582,0	0,58
1980	2012,5	3641,0	2869,8	520,0	0,43
1981	2240,8	3955,0	3326,5	509,0	0,21
1982	2838,1	4414,4	3929,7	628,0	0,20
1983	3358,9	4703,9	4275,5	732,0	0,17
1984	3674,9	4858,0	4441,8	1256,0	0,33
1985	3143,0	4217,7	3836,6	942,0	0,26
1986	2991,2	4003,2	3646,8	689,0	0,34
1987	2911,0	3883,2	3504,1	790,0	0,35
1988	2812,9	3763,8	3385,5	729,0	0,37
1989	2747,7	3698,3	3326,8	791,0	0,41
1990	2563,2	3598,9	3119,5	596,0	0,26
1991	2623,4	3953,7	3192,4	764,0	0,29
1992	2567,2	4182,6	3348,6	517,0	0,28
1993	2919,0	4602,5	4094,0	766,0	0,30
1994	3214,6	4616,4	4338,2	719,0	0,13
1995	3176,6	4111,0	3814,7	1068,5	0,28
1996	3579,0	4278,5	3756,7	1205,4	0,56
1997	3019,1	4154,3	3538,8	1323,5	0,65
1998	1816,5	3266,6	2370,6	991,0	1,30
1999	1380,7	2616,6	1912,4	603,3	0,77
2000	1163,5	2343,7	1817,0	401,9	0,51
2001	1207,9	2421,0	2019,4	447,6	0,29
2002	1511,1	3016,7	2525,6	320,3	0,21
2003	2046,9	4666,8	3463,8	368,8	0,14
2004	3100,0	4710,0	4200,0	670,0	0,21
2005	3600,0	5100,0	4590,0	790,0	0,23
2006	4010,0	5380,0	4860,0	870,0	0,23

***Оценка качества рекомендуемой величины ОДУ***

Оценка качества ОДУ характеризует степень надежности прогноза с учетом реального уровня изученности объекта промысла и эффективности применяемых методов его количественного анализа [Бабаян, 2003]. В каждом конкретном случае качество прогнозной величины определяется одним или несколькими показателями: точностью, достоверностью, обоснованностью и оправдываемостью. Поэтому прежде чем приступать к оценке качества прогноза, следует выбрать показатели, которые в данном случае, во-первых, наиболее полно характеризуют его качество и, во-вторых, могут быть определены. Так, оценка точности предполагает проведение статистического анализа прогноза как величины случайной, результатом которого должны быть численные оценки заранее оговоренных показателей разброса его возможных значений (например, оценки дисперсии, коэффициента вариации и границ доверительных интервалов). Оценка достоверности рассчитывается как вероятность осуществления прогноза для заданного интервала его значений, поэтому правомерно считать ее оценкой условной оправдываемости прогноза. Оценка собственно оправдываемости прогноза осуществляется путем непосредственного сопоставления соответствующих прогнозных величин с их фактическими значениями. Очевидно, что такое сопоставление воз-

можно только на ретроспективных данных. Поэтому оценка оправдываемости прогнозов является скорее показателем качества метода прогнозирования, а не полученной с его помощью прогнозной величины. Оценка обоснованности прогноза является качественной оценкой, основанной на эмпирическом анализе полноты и точности информации, использованной при прогнозировании.

Кроме общепринятых показателей качества прогнозов, в промышленном прогнозировании крайне желательно использовать еще один показатель качества рекомендуемой величины ОДУ – оценку его биологической безопасности. Этот показатель характеризует уровень потенциальной опасности, которая может угрожать состоянию эксплуатируемого запаса при реализации расчетной величины ОДУ как меры регулирования промысла. Количественным выражением этой оценки является вероятность благополучных для запаса последствий применения данной величины ОДУ. Ориентиром для такой оценки служит пороговое значение одного из жизненно важных для запаса биологических параметров; чаще всего в качестве такого ориентира используется значение биомассы нерестового запаса, ниже которого заметно возрастает вероятность появления неурожайного поколения. Это значение применяется не только для оценки качества конкретного прогноза ОДУ, но и при выборе оптимального значения общего допустимого улова из нескольких альтернативных вариантов прогноза (риск-анализ).

Найдем оценки показателей качества прогноза ОДУ восточноохотоморского минтая на 2004–2005 гг.

В рыбохозяйственных исследованиях, связанных с промышленным прогнозированием, для получения количественной характеристики качества оценок случайных величин (к которым относится и величина ОДУ) чаще всего используются три статистических показателя точности: стандартная ошибка, коэффициент вариации и доверительный интервал.

Для получения необходимой статистики возможных значений оценки ОДУ на 2004 г. были проведены численные эксперименты с прогностической моделью (1), входные данные для которых генерировались методом условного непараметрического бутстрепа. В качестве случайных параметров модели рассматривались численность возрастных групп  $N_j$ , пополнение  $R = N_2$  и средние навески  $w_j$ . На основе частотного анализа встречаемости значений перечисленных параметров на всей доступной исторической ретроспективе было получено, что вероятностные распределения  $N_j$  отвечают логнормальному, а  $R$  и  $w_j$  – нормальному закону.

Из полученной в результате численных экспериментов статистики возможных значений оценки ОДУ<sub>2004</sub>, находим:

**стандартная ошибка**  $\sigma_{\text{ОДУ}_{2004}} = 45$  тыс. т,

**коэффициент вариации**  $CV_{\text{ОДУ}_{2004}} = 0,056$ .

Исходя из гипотезы о нормальном распределении оценки ОДУ<sub>2004</sub> и зная ее среднее значение и стандартную ошибку, определим **границы доверительного интервала** прогноза общего допустимого улова (в тыс. т) для двух уровней доверительной вероятности:

Таблица 3

Год прогноза	ОДУ	Доверительная вероятность P = 70%		Доверительная вероятность P = 90%	
		Нижняя граница	Верхняя граница	Нижняя граница	Верхняя граница
2004	670	625	715	596	744

Полученные результаты свидетельствуют о достаточно высокой (статистической) точности прогноза ОДУ в рассматриваемом примере.

Согласно определению, **достоверность** ОДУ оценивается как вероятность попадания его расчетного значения в заранее заданный интервал, который отвечает приемлемому или требуемому в каждом конкретном случае уровню точности прогноза. Строго говоря, в общем виде оценку достоверности прогноза можно рассматривать как задачу, обратную задаче нахождения доверительного интервала

ла. Главное различие заключается в том, из каких соображений задаются границы этого интервала. В данном случае эти границы могут задаваться из чисто практических соображений. В качестве ориентиров для определения границ интервалов, частота попадания в которые характеризует достоверность прогнозов ОДУ, можно принять эмпирические оценки реально достижимой точности, связанные с уровнем изученности объектов промысла.

Для минтая, например, допустимая ошибка прогноза ОДУ находится в пределах  $\pm 30\%$  от расчетной величины. Для нашего случая это составит  $800 \pm 240$  тыс. т. Воспользовавшись результатами приведенных ранее расчетов, находим, что при 30%-ной допустимой ошибке статистическая достоверность прогноза ОДУ<sub>2004</sub> практически составит 100%.

**Биологическая безопасность ОДУ ( $b_s$ )** может выражаться в долях или процентах как условная вероятность того, что некоторый априори установленный биологический ориентир (например,  $SSB_{lim}$ ) не будет превышен в случае реализации на практике рассматриваемого значения ОДУ, т.е.:

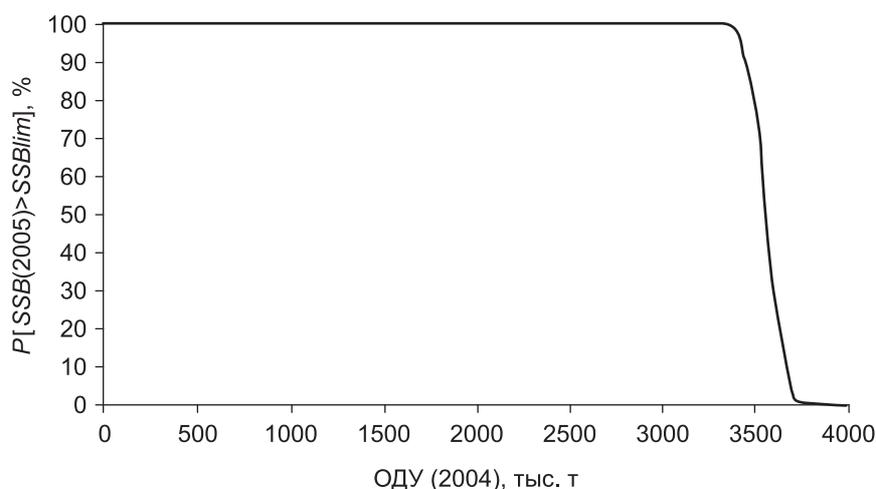
$$b_s = P(SSB_{i+1} > SSB_{lim} | ОДУ_i).$$

Если обратиться к широко используемому в современной практике сырьевых исследований понятию риска ( $r$ ), то  $b_s$  допустимо рассматривать как величину, обратную понятию риска, т.е. для каждого значения ОДУ будет справедливо равенство:  $b_s = 1 - r$ .

Для выполнения необходимых расчетов исходное прогностическое уравнение рассматривается в виде стохастической операционной модели, на основе которой с помощью метода Монте-Карло проводится серия численных экспериментов. Рандомизация исходных данных и параметров модели выполняется с использованием переборочных методов.

По результатам численного эксперимента находятся условные вероятности  $b_s = P(SSB_{2005} > B_{lim} | ОДУ_{2004})$ , где  $b_s$  — показатель биологической безопасности оценки ОДУ<sub>2004</sub>,  $SSB_{2005}$  — прогнозное значение биомассы нерестового запаса, рассчитанное с учетом рассматриваемой оценки ОДУ<sub>2004</sub>,  $B_{lim}$  — граничный ориентир по нерестовой биомассе. Для этого с помощью стандартной процедуры предосторожного подхода рассчитывается прогнозная величина  $SSB_{2005}$  для разных значений ОДУ<sub>2004</sub> из диапазона 0–1000 тыс. т и вычисляются соответствующие условные вероятности  $b_s$ .

Результаты расчетов показаны на рис. 19, где отчетливо видно, что при рекомендуемой на 2004 г. величине ОДУ = 670 тыс. т показатель биологической безопасности  $b_s$  составляет 100%, что говорит о безопасности рекомендованного ОДУ.



**Рис. 19.** Восточноохотоморский минтай. Вероятность сохранения  $SSB$  в 2005 г. выше уровня  $B_{lim}$  в зависимости от величины ОДУ в 2004 г.

## Заключение

1. Корректное обоснование ОДУ является важнейшим условием рационального использования промысловых биоресурсов, обеспечивая оптимальное управление возобновляемыми ресурсами в соответствии с заранее определенными целями их эксплуатации.

2. Одной из главных особенностей процедуры оценки ОДУ как основного управляющего параметра системы запас-промысел является высокая степень неопределенности как исходных, так и расчетных материалов, используемых в процессе обоснования рекомендуемых объемов ОДУ. Традиционные детерминистские подходы к прогнозированию состояния запасов и ОДУ в этих условиях оказываются малоэффективными, что обуславливает практическую необходимость перехода на новые методологии сырьевого прогнозирования, включающие вероятностные методы анализа.

3. Рассмотренный в настоящей работе расчетный пример служит для иллюстрации применения одного из таких подходов, а именно предосторожного подхода к управлению рыболовством, адаптированного к запасам минтая в российской экономической зоне. Данный подход позволяет выполнить математически строгий статистический анализ доступных данных, сведя к минимуму вероятность ошибочных рекомендаций промыслу. По сравнению с традиционным подходом он обладает целым рядом преимуществ, позволяющих, в частности, успешно его использовать для восстановления и эксплуатации подорванных запасов.

4. В численном примере впервые использованы экспериментальные данные по возрастному составу уловов восточноохотоморского минтая, полученные с помощью чтения возраста по отолитам (традиционно в расчетах использовался возрастной состав, определенный по чешуе). Результаты показали зависимость конечных результатов анализа от выбора исходных данных по возрастному составу уловов: данные, основанные на оценке возраста по чешуе, как и прежде, говорят о сохранении подавленного состояния запаса и подтверждают сделанные ранее рекомендации о крайне щадящем режиме промысла [Золотов и др. 2000; Бабаян и др. 2001]. Переход к оценке возраста по отолитам приводит к принципиально новым представлениям об исторической динамике запаса, демонстрируя его интенсивное восстановление в последние годы. Результаты расчетов, приведшие к очевидной переоценке состояния восточноохотоморского минтая, обусловлены почти удвоением числа возрастных групп в уловах (согласно новым данным) и связанной с этим чрезвычайно низкой оценкой естественной смертности. Эти данные, однако, требуют тщательной проверки, а полученные на их основе выводы следует рассматривать исключительно в контексте иллюстративного примера.

## Литература

*Бабаян В.К.* 2000. Предосторожный подход к оценке общего допустимого улова: Анализ и рекомендации по применению.— М.: Изд-во ВНИРО.— 192 с.

*Бабаян В.К.* 2003а. О некоторых проблемах прогнозирования общего допустимого улова // Материалы совещания-семинара «Роль и задачи ихтиологической службы и рыбохозяйственной экспертизы в контроле за состоянием водных биологических ресурсов и средой их обитания, в том числе при освоении нефтяных месторождений». УМЦ «Голицино», 20–23 марта 2002 г.— М.— С. 23–29.

*Бабаян В.К.* 2003б. Методические рекомендации по оценке качества прогнозов общего допустимого улова (ОДУ): Отраслевой нормативный документ. М.— 43 с.

*Бабаян В.К. и др.* 1984. Применение математических методов и моделей для оценки запасов рыб: Методические рекомендации.— М.: Изд-во ВНИРО.— 155 с.

*Бабаян В.К. и др.* 2001. Анализ состояния запасов и перспектив промысла минтая в дальневосточных морях России // Тез. докл. междунар. конф. «Рациональное использование биологических ресурсов Мирового океана», 17–18 октября 2001 г.— М.: Изд-во ВНИРО.— С. 14–15.

*Васильев Д.А.* 2001. Когортные модели и анализ промысловых биоресурсов при дефиците информационного обеспечения.— М.: Изд-во ВНИРО.— 111 с.

*Золотов О.Г. и др.* 2000. Оценка запасов восточноохотоморского минтая традиционными и альтернативными методами // Проблемы рационального использования биоресурсов Камчатки. Тез. докл.— Петропавловск-Камчатский.— С. 128–130.

- Хьюбер П.* 1984. Робастность в статистике.— М.: Мир.— 304 с.
- Darby C.D. and Flatman S.* 1994. Virtual Population Analysis: User Guide // ICES. 82 p.
- Deriso R.B., Quinn II T.J. and Neal P.R.* 1985. Catch-age analysis with auxiliary information // Can. J. Fish. Aquat. Sci. 1985. V. 42. № 4. P. 815–824.
- Gavaris S.* 1988. An adaptive framework for the estimation of population size // Canadian Atl. Fish. Sci. Adv. Commn. (CAFSAC) Res. Doc. 88/29. 12 p.
- Patterson K.R.* 1995. Technical reference for the Integrated Catch-at-Age Programmes, Version 1.2 // SOAFD Marine Laboratory. Aberdeen. 13 p.
- Pope J.G., Shepherd J.G.* 1982. A simple method for consistent interpretation of catch-at-age data // Cons. Int. Explor. Mer. V. 40. P. 146–184.
- Shepherd J.G.* 1991. Extended Survivors' Analysis: an improved method for analysis of catch-at-age data // ICES Working Group on Methods of Fish Stock Assessment W.P. 16 p.
- Vasilyev D.A.* 2003. Description of the ISVPA // ICES Working Group on Methods of Fish Stock Assessment W.P. 15 p.

УДК 639.2053.8:639.223.5 (265.518)

---

## **Вопросы прогнозирования ОДУ и промысел минтая Берингова моря**

*О.А. Булатов (ВНИРО)*

Юридические аспекты регулирования промысла в Беринговом море в настоящее время регламентируется в ИЭЗ РФ федеральными законами «Об исключительной экономической зоне Российской Федерации», «О континентальном шельфе», «О животном мире», а также «Правилами промысла водных биоресурсов для российских юридических лиц и граждан в исключительной экономической зоне, территориальных водах и на континентальном шельфе Российской Федерации в Тихом и Северном Ледовитом океанах», утвержденных приказом Минрыбхоза СССР № 458 от 17 ноября 1989 г. с изменениями и дополнениями к «Правилам...», предусмотренными приказом Госкомрыболовства № 467 от 11 декабря 2002 г.

Рыбохозяйственная деятельность в открытой части моря, находящейся за пределами юрисдикции РФ и США, регламентируется соответствующей международной Конвенцией по сохранению запасов минтая и управлению ими в центральной части Берингова моря, которая была ратифицирована Россией в 1994 г. В ИЭЗ США регулирование рыболовства осуществляется в соответствие с актом Магнусона-Стивенса об охране и воспроизводстве рыбных запасов, принятом в 1996 г. конгрессом США.

Условия для промысла, осуществляемого российскими рыбаками в северной части Берингова моря, изменились после подписания в 1990 г. «Соглашения между СССР и США о линии разграничения морских пространств» (линия «Шевард-надзе-Бейкер»). Новая разграничительная линия, проведенная в ущерб интересам России, существенно уменьшила площадь биологически продуктивных вод в ИЭЗ России. В настоящее время данное соглашение ратифицировано только конгрессом США. Государственной Думой РФ в 1997 г. было принято решение о не продлении срока временного применения соглашения. Таким образом, на сегодняшний день данное соглашение ратифицировано только одной стороной.

В 1995 г. (ООН, г. Нью-Йорк) была принята Конвенция по сохранению трансграничных рыбных запасов и запасов далеко мигрирующих рыб и управления ими, к которой присоединилась Россия (Федеральный Закон от 26 апреля 1997 г. № 69-ФЗ «О ратификации Соглашения об осуществлении положений Конвенции Организации Объединенных Наций по морскому праву от 10 декабря 1982 г.,

которые касаются сохранения трансграничных рыбных запасов и запасов далеко мигрирующих рыб и управления ими»). В связи с этим возникает необходимость в подготовке основ универсального документа, регламентирующего стандартизацию методов сбора и обработки биологической и статистической информации, направленной на эффективное управление промыслом и сохранение запасов минтая и ассоциированных видов в Беринговом море.

Подготовка соглашения о рыболовстве в северной части Берингова моря ведется в течение нескольких лет и в перспективе предусматривает совместный контроль состояния запасов и промысла Россией и США: планируется создание Района координированного управления и сохранения рыбных ресурсов и установление специального рыболовного района [Курмазов, 2001].

В связи с вышеизложенным, становится ясно, что юридическая составляющая управления промыслом проработана достаточно глубоко. Однако известно, что биологические объекты, в том числе и минтай, в своих жизненных стратегиях руководствуются исключительно биологическими, а не юридическими принципами. Поэтому возникает необходимость в подготовке научных основ формирования механизма управления промыслом и сохранения запасов минтая и ассоциированных видов, обитающих в Беринговом море, которую предлагается осуществлять, опираясь на знания биологии минтая.

Оценка общего допустимого улова, понимаемая как научно обоснованная величина годового изъятия, соответствующая стратегии устойчивого и рационального использования промыслового запаса, является широко используемым инструментом управления степени воздействия промысла на запасы как в нашей стране, так и за рубежом. Однако, видимо, от того, как «удачно» сконструирован сам инструмент управления, зависит и конечный результат труда, а именно, (не)эффективное управление промыслом и сохранение биоресурсов. Основные элементы современной системы управления как в нашей стране, так и в США состоят из следующих звеньев: мониторинг состояния запасов — прогнозирование ОДУ — распределение квот между пользователями — контроль их освоения. Основы системы использования минтая и других видов водных биологических ресурсов (ВБР) в СССР закладывались еще при плановой экономике. На протяжении ряда лет была доказана высокая эффективность регулирования промысла посредством «принципа квотирования».

Однако в течение последних 10 лет кардинально изменились принципы хозяйствования. Если при плановой экономике основным девизом было: «План — любой ценой», то в условиях рыночной экономики на первое место вышли не валовые показатели, а прибыль и эффективность. Таким образом, произошла смена парадигм, и мотивация собственника добывающего флота в значительной степени стала зависеть не от доступности или многочисленности объекта промысла, а от уровня спроса и ликвидности на рынке предлагаемой им товарной продукции.

Прорыв в технологии, отмеченный в 1980-е гг., привел к тому, что минтай стал универсальным сырьем для приготовления широкого ассортимента пищевой продукции в странах Азии, что обеспечило его устойчивый спрос на мировом рынке. В результате минтай в течение более чем 10-летнего периода продолжает оставаться «товаром высокого спроса». Таким образом, вектор высокого спроса, отмечаемый на рынке, и мотивация получения собственником высокой прибыли (выгоды) совпадают. Именно в таких ситуациях и возникает опасность значительного антропогенного воздействия на запасы минтая, которое может привести к перелову и дальнейшей депрессии.

В связи с этим зададимся вопросом: «А эффективна ли система управления промыслом в таких условиях?» Ведь именно она должна предотвратить ресурсы от чрезмерного промыслового воздействия. Для ответа на данный вопрос сравним объемы поставок ([www.fis.com](http://www.fis.com)) и официального вылова минтая [FAO, 2005]. Сравнение пересчитанных по коэффициентам продукция/сырец данных показало, что реальный вылов минтая полностью совпадал с данными официальной статистики в 1998 г. и соответствовал уровню 4 млн т. Однако в дальнейшем, как только поставки снизились, указанный баланс нарушился и уровень официального

вылова составлял около 3 млн т, тогда как реальные поставки на мировой рынок приближались к 3,9 млн т. Из полученных данных можно сделать вывод о том, что минимальный уровень поставок, необходимый для удовлетворения спроса мирового рынка, составлял в 1998–2002 гг. около 4 млн т. Следовательно, удовлетворение спроса происходило независимо от состояния запасов и системы управления промыслом (табл. 1).

Рекордного уровня это явление достигло в 2002 г., когда разница составила 1,15 млн т, или 30%. Данное превышение представляется весьма значительным, поэтому приходится признать, что существующая система управления промыслом минтая, видимо, неэффективна, поскольку не предотвращает широкомасштабное браконьерство.

Однако мировой вылов слагается из усилий ряда стран. Для выяснения степени значимости стран-поставщиков воспользуемся тем же источником информации – Ежегодным статистическим сборником ФАО (2005). Согласно данному документу в течение 10 лет ситуация менялась достаточно динамично. Если в 1990-е гг. лидером была Россия, то к 2000 г. пальму первенства мы уже делили с США, а в 2001 г. произошла смена лидера, и основным «игроком» на мировом рынке поставок продукции из минтая стали США (табл. 2).

Таблица 1  
Ориентировочная оценка объемов несообщаемого вылова минтая в 1998–2002 гг.

Год	Поставки, млн т	Мировой вылов, млн т	Разница, млн т
1998	4,0	4,0	0,0
1999	3,8	3,3	0,5
2000	4,0	2,9	1,1
2001	3,8	3,1	0,7
2002	3,8	2,7	1,2

Таблица 2  
Национальный вылов минтая в 1994–2003 гг., тыс. т [FAO, 2005]

Страна	Год									
	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
Россия	1747	2208	2440	2253	1931	1500	1216	1145	827	1056
США	1417	1293	1184	1140	1232	1055	1182	1442	1516	1525
Япония	379	338	332	339	316	382	300	242	213	220
Корея	311	346	227	225	236	146	86	197	25	22
КНДР	75	120	15	67	60	55	52	52	60	60
Польша	270	249	118	125	82	66	33	17	0	0
Китай	170	250	227	335	191	64	60	40	11	0
Прочие	5	5	5	2	1	2	1	1	3	5
Итого	4374	4809	4548	4486	4049	3270	2930	3136	2655	2888

Динамика вылова минтая за этот период характеризовалась устойчивым снижением у Японии (2,1 раза), Кореи (1,8 раза), Польши (17 раз) и Китая (8 раз). За сравниваемый период существенно уменьшились объемы ежегодного вылова и у России – с 2440 до 827 тыс. т (3 раза), тогда как вылов США увеличился в 1,4 раза. Данные ФАО (2003) свидетельствуют о том, что в 1992–2001 гг. доля России в мировом улове минтая снизилась с 46 до 37%, тогда как доля США соответственно возросла с 26 до 46%. На фоне снижающегося улова России вылов США достиг исторического максимума – 1,5 млн т [Janelli et al., 2003]. Таким образом, к 2003 г. основные «игроки»: Россия и США имели значительную долю на мировом рынке – 89%.

Основные районы промысла минтая в ИЭЗ России расположены в Беринговом и Охотском морях. Динамика освоения ОДУ, рекомендованного ТИНРО-центром [Состояние, 2002], и фактический вылов минтая в Охотском и Беринговом морях, по оперативным данным [Котенев, Булатов, 2003; Булатов, 2003] и материалам ФАО, представлены в табл. 3.

**Общий допустимый улов (числитель) и вылов минтая российскими рыбаками  
(знаменатель) в Охотском и Беринговом морях в 1998–2002 гг., тыс. т**

Район	Год				
	1998	1999	2000	2001	2002
Берингово море	750	995	845	747	370
	680	692	392	550	383
Охотское море	1330	1020	905	815	435
	1328	1020	863	839	430
Всего	2080	2015	1750	1562	805
	2008	1712	1255	1389	813
Вылов РФ [ФАО, 2005]	1931	1500	1216	1145	827

Динамика освоения ОДУ в Беринговом море в 1998–2001 гг. была такова: резерв сырьевой базы составлял 100–450 тыс. т, в 2002 г. вылов несколько превысил рекомендованный уровень. Совершенно иная ситуация сложилась в Охотском море: практически за весь сравниваемый период времени резерв отсутствовал, ОДУ во все годы полностью осваивался промыслом. Однако даже беглое сравнение оперативных данных по суммарному вылову минтая в Беринговом и Охотском морях с данными из источников ФАО показывает, что в 1999, 2001 г. разница официальных и оперативных данных составляла 212 и 244 тыс. т соответственно (без учета вылова в других районах).

В последние годы стратегия использования запасов минтая Охотского моря сложилась таким образом, что основной пресс промысла ложится на преднерестовый период. В 1998–2005 гг. вылов в посленерестовый период не превышал 5% от ОДУ. Безусловно, с точки зрения рыночных условий товарная стоимость продукции из икряного минтая существенно выше, однако такой подход к значительной диспропорции сезонного освоения ОДУ вряд ли приемлем с биологической точки зрения.

С учетом всего вышеизложенного, с высокой степенью вероятности можно предполагать существование широкомасштабного отечественного браконьерского промысла. Каковы же ориентировочные значения превышения ОДУ? Попробуем в первом приближении оценить это явление. Возьмем за расчетный 2000 г., в котором, согласно данным ФАО (2003), Россия выловила 1216 тыс. т. Именно этот год оказался самым провальным в плане освоения ОДУ в Беринговом море – при рекомендуемом объеме вылова в размере 845 тыс. т, было освоено лишь 392 тыс. т (46,4%). Если учесть это обстоятельство, а также то, что промысел здесь базируется на нагульном (дешевом) минтае, то становится ясно, что в таких условиях рыбакам нет никакого смысла занижать фактический вылов.

Таким образом, остается только Охотское море. Именно здесь разворачивается в зимне-весенний период основная путина и идет заготовка икры и икряного минтая. Сравнение ОДУ и оперативных данных вылова показало, что в 2000 г. рекомендуемый уровень был освоен на 95,4% (863 тыс. т). Если допустить, что превышение было обеспечено работой Охотоморской экспедиции, то становится ясным, что ОДУ, видимо, был двукратно превышен. Таким образом, современная система управления и контроля промысла минтая не в состоянии адекватно реагировать на повышенный спрос и предотвратить значительное превышение фактического улова над рекомендуемым, поэтому нуждается в срочном реформировании, которое позволит существенно снизить объемы браконьерства.

Система управления промыслом, состоящая из различных блоков, видимо, должна быть подвергнута ревизии с целью определения и устранения «узких мест». Сравним современную систему управляемого рыболовства с существующими канонами науки управления – менеджментом, который является отдельной системой знаний и с высокой эффективностью используется как в администрировании, так и в финансах.

В современной прикладной ихтиологии появилась новая специализация — биоменеджмент. Не все биологи сегодня хотят воспринимать объективную необходимость перехода от биологического «романтизма» описания интересных сторон биологии объекта исследований к жесткой логической схеме расчетов и биологических обоснований. От «сырьевиков», занятых в сфере подготовки материалов прогноза ОДУ, зачастую требуют таких знаний, которые дают менеджерам, а не биологам. Кроме того, реалии сегодняшних условий таковы, что основное финансирование прикладных научных разработок направлено на получение основного научного результата — прогноза ОДУ. В связи с этим, видимо, есть смысл сопоставить имеющийся опыт, который сегодня накоплен биологами-«сырьевиками» при подготовке принятия решений в управлении промыслом, со знаниями менеджмента, чтобы получить ответ на вопрос: «Соответствуют ли современные принципы, используемые учеными, основным требованиям и стандартам менеджмента?»

Теория принятия управленческих решений, являющаяся одним из основных разделов менеджмента, базируется на двух подходах: эмпирическом и теоретическом [Переверзев и др., 2002]. Сторонники первого подхода считают, что формализовать процедуру принятия решений невозможно из-за сложности процесса управления и неопределенности внешней среды, отсюда основной акцент делается на накопление опыта. Сторонники второго подхода считают, что путем формализованных алгоритмов, включая обработку, передачу и предоставление информации, можно исключить вероятность принятия волевых управленческих решений. Сегодня большинство менеджеров стремятся разумно совмещать оба подхода. Учитывая накопленный опыт в сфере подготовки ОДУ, можно сделать вывод о том, что в практике современной рыбохозяйственной науки также применяются как тот, так и другой подходы.

Несмотря на различающиеся цели и задачи, по которым принимаются решения в различных сферах деятельности, процесс принятия решения (ППР) всегда включает следующие три взаимовлияющие стадии [Переверзев и др., 2002]:

- 1) подготовку решения;
- 2) принятие решения;
- 3) выполнение решения и его корректировку.

Первая стадия включает в себя реализацию следующих процедур: определение мотивов; изучение ситуации и ее динамики; определение цели; формирование вариантов возможных решений; определение необходимой информации. Выходом первой стадии подготовки принятия решения, согласно существующим представлениям менеджмента, является следующая исходная информация: **набор** возможных альтернатив; **критерии**, согласно которым представляется возможным оценить каждую альтернативу; **оценка** каждой альтернативы по каждому критерию; **сопоставимость** критериев, характеризующих альтернативы, по признаку важности при принятии решения.

Вторая стадия заключается в выборе наилучшего решения из множества возможных вариантов. Основа выбора — определение решающего правила (метод, позволяющий выбрать наиболее предпочтительное решение), на основе которого из множества альтернатив выбирается единственная. Третья, последняя, стадия — реализация решения и его возможная корректировка.

Информационное обеспечение процесса принятия решений состоит из двух этапов: получение фактических данных и их анализ. Без информации, полученной из надежного источника, и современных методов анализа менеджер не может осуществлять основную функцию — эффективное управление.

Теория принятия решений выделяет следующие составные части технологического процесса: цель, альтернативы (возможные варианты решения), оценка реализации альтернатив (числовая: больше, меньше и т.д. или вербальная: перспективный, рискованный, опасный и т.д.), решающее правило (выбор оптимального решения), собственно принятие решения (информационная среда, в которой лицо или группа лиц принимают управленческое решение).

Решения могут приниматься в условиях определенности, риска и неопределенности. В первом случае принятие решения осуществляется по набору критериев,

во втором — определяется статистическая вероятность наступления какой-либо альтернативы, в третьем — в условиях отсутствия информации о факторах, влияющих на наступление того или другого состояния, принятие решения осуществляется как мера уверенности лица, принимающего данное решение. Таким образом, выбор оптимального решения в условиях определенности возможен при помощи оценки суммы критериев, в условиях риска — анализа частотного распределения, в условиях неопределенности — основываясь на интуиции. В деятельности специалистов, занимающихся прикладной биологией, встречаются все перечисленные варианты. Более того, такая технология принятия решений (с позиции менеджмента) имеет много общего с применяемой биологами технологией оценки ОДУ: прямые учетные работы, математическое моделирование, экспертные оценки.

Основная цель функционирования системы мониторинга заключается в диагностике состояния запасов при помощи сбора научной и промысловой биологической информации, характеризующей количественное и качественное состояние биосистемы в целом и ее элементов в отдельности. Исследования ТИНРО-центра, КамчатНИРО и ряда других Дальневосточных НИИ, выполнявшиеся на протяжении более 20 лет, позволили сделать вывод о том, что именно благодаря мониторингу состояния запасов важнейших промысловых рыб и беспозвоночных удается на практике осуществлять подготовку меры регулирования промысла в виде ОДУ [Бочаров и др., 2003; Бочаров, Шунтов, 2003].

Основные параметры, учитываемые при определении объемов ОДУ минтая, связаны с регистрацией изменений количественных и качественных характеристик состояния запасов. Источником биологической информации, являющейся основой для решения данной задачи, служат результаты прямых и косвенных методов оценки запасов. К широко используемым в настоящее время методам прямого учета относятся гидроакустические, тралово-акустические, траловые и ихтиопланктонные съемки, к косвенным методам — математическое моделирование и экспертная оценка.

Как известно, запасы минтая подвержены межгодовой изменчивости, что заставляет ежегодно учитывать количественную и качественную составляющие их динамики, без знания которых управление промыслом будет неэффективным. Однако современные методы учета численности и биомассы минтая и других видов рыб содержат определенные допущения. В результате полученное исследователями представление о запасах пропорционально «чувствительности» каждого метода. Измеряя запас несовершенной методикой, можно получить представления, которые будут далеки от реальных. В связи с этим техника сбора и методология учета запасов представляется исключительно важным элементом исследований, влияющим на оценку биомассы и соответственно ОДУ.

Практика показала, что каждый из перечисленных методов прямого учета имеет свою «ахиллесову пята», что существенно влияет на его «чувствительность» и конечный результат. Оказалось, что надежность гидроакустического метода в значительной степени зависит от точного определения «силы цели», тралово-акустического — от оборудования и опыта оператора, тралового — от принимаемого коэффициента уловистости орудия лова и настройки промыслового вооружения, ихтиопланктонного — от учета фактора смертности и продолжительности нерестового периода. Не избежали уязвимых мест и математические методы, информационная составляющая которых основана на данных официальной промысловой статистики, которая, как известно, может значительно отличаться от реального вылова. До конца нет ясности и с границами применения метода экспертных оценок. Все вышеперечисленное свидетельствует о том, что сегодня назрела необходимость в критическом анализе современной методологии оценки запасов и прогнозирования ОДУ с целью определения «чувствительности» и границ применения широко используемых в настоящее время методов и получения реальных знаний о запасах.

В соответствии с Концепцией развития рыбного хозяйства Российской Федерации на период до 2020 г. важной проблемой отрасли, способствующей выходу из кризиса, является «создание в будущем механизмов устойчивого и долгосроч-

ного управления водными биоресурсами, обеспечивающих эффективное управление и развитие рыбного хозяйства». Реальная оценка запасов уже определена в качестве одного из приоритетных направлений современных рыбохозяйственных исследований [Котенев, Зайцева, 2003].

Для того чтобы ответить на вопрос: «Какой метод точнее?», необходимо провести критический анализ существующих методов оценки запасов минтая. Безусловно, для ряда последних лет вряд ли целесообразно привлекать в качестве сравнения данные математического моделирования, так как недостоверная промысловая статистика сводит на нет усилия специалистов, неизбежно приводя к заниженной оценке запасов. Поэтому, пока не наведен порядок со статистической отчетностью, видимо, преимущество следует отдать методам прямого учета, при которых сбор материала осуществляется учеными по комплексным научным программам и стандартным методикам. Тем более, что мотивация ученых при проведении исследований никак не связана с занижением уловов и соответственно оценок запасов.

Чтобы определить критерий реальности запасов, сравним информацию с использованием **ихтиопланктонного метода** и фактический вылов в контрольном районе. Критический анализ ихтиопланктонного метода, широко используемого для оценки нерестового запаса минтая, проведен автором в период максимума нереста – в мае 1984 г. [Булатов, 1986]. В расчетах использовались данные по качественному и количественному составу икры минтая, учтенной из ихтиопланктонных проб, собранных ИКС-80 вертикальным способом лова в западной части моря (западнее 176° в.д.). Сравнение оценок нерестового запаса осуществлялось по разным методикам: Гензена [1887], Сэвилла [1964], Т.В. Дехник [1964], А.С. Соколовского [1973] и Т.Ф. Дементьевой [1976]. Полученные результаты представлены в табл. 4.

Таблица 4

Оценка нерестового запаса минтая в западной части Берингова моря в 1984 г.  
[Булатов, 1986]

Автор методики	Численность икры, 10 × 11 шт.	Средняя плодовитость, тыс. шт.*	Численность самок, 10 × 8 шт.	Соотношение полов	Масса нерестовых особей**	Биомасса нерестового запаса, тыс. т
Гензен	235,8	193,4	1,2	1:1	0,52	125
Сэвилл	469,1	193,4	2,4	1:1	0,52	250
Дехник	563,0	193,4	2,9	1:1	0,52	302
Соколовский	4658,5	193,4	24,1	1:1	0,52	2506
Дементьева	3684,1	193,4	19,0	1:1	0,52	1976

\* Плодовитость установлена по данным П.А. Балькина (КамчатНИРО).

\*\* Данные по среднему весу и проценту отнерестившихся самок (54,7%) получены из траловых уловов в период выполнения ихтиопланктонной съемки.

Методика Гензена, не учитывающая смертности икры и динамику нереста, дала самые низкие результаты нерестового запаса – 125 тыс. т. Методика Сэвилла учитывает суточную продукцию икры, допуская, что динамика интенсивности нереста подчиняется закону нормального распределения. Оценка численности продуцируемой икры определяется, исходя из продолжительности периода развития икры на первой стадии развития и соответственно численности икры, продуцируемой в течение суток, она экстраполируется на весь нерестовый сезон. Данная методика позволила получить вдвое больший результат. Методика Т.В. Дехник, основанная на допущении, что выживаемость икры пропорциональна соотношению ее количества на каждой стадии, с успехом примененная автором для рыб Черного моря, показала несколько больший результат (+21%), чем предыдущая методика.

Методика А.С. Соколовского основана на том, что одна пара особей продуцирует то количество икры, которое приведет к появлению другой пары особей че-

рез  $n$  лет ( $n$  – возраст наступления массового полового созревания). Оказалось, что, исключая критические периоды развития, в первом приближении можно допускать смертность как некую математическую величину, обратно пропорциональную возрасту и не подверженную межгодовой изменчивости. Иными словами, средняя плодовитость модальной группы самок является интегрированной величиной, компенсирующей в процессе эволюции влияние среды путем адаптационного механизма – плодовитости. Безусловно, что предложенная методика является в некоторой степени условной, однако она дала оценку биомассы на порядок выше, нежели три предыдущие – 2506 тыс. т.

Методика Т.Ф. Дементьевой, основанная на визуальном определении смертности при помощи выявления и учета мертвой (непрозрачная оболочка) и аномально развивающейся икры, показала, что нерестовый запас минтая составил 1976 тыс. т.

Столь существенная разница между результатами, полученными по первой и последней методикам, объясняется исключительно высокой фактической смертностью минтая в период эмбриогенеза, достигающей на первой стадии развития 95% и более [Булатов, 1986; Балыкин, 1993]. Следовательно, игнорирование фактора смертности привело к 15–20-кратному занижению биомассы. Тогда как использование поправочных коэффициентов, учитывающих данное явление, позволило получить результаты намного реальнее. Таким образом, за последние 50 лет эволюция ихтиопланктонного метода претерпела два качественных скачка в своем развитии: первый ознаменовался переходом на тотальный (вертикальный) лов, а второй – введением поправки на выживаемость. Данные обстоятельства позволяют широко использовать этот метод в прикладных исследованиях.

Сопоставление оценок запасов, полученных с использованием разных методик оценки нерестового запаса и данных фактического вылова минтая в указанном районе позволило установить их сравнительную точность. Согласно данным Н.С. Фадеева и В. Веспестада [2001] в 1984 г. к западу от 174° в.д. было выловлено 252 тыс. т минтая, что превышает или соответствует оценке запасов, полученной по первым трем методикам. Следовательно, они не могут быть признаны объективными. Из оставшихся наиболее приемлемой можно считать методику Т.Ф. Дементьевой, которая основана на визуальном, а не гипотетическом определении смертности.

Как показали дальнейшие исследования [Бабаян и др., 1999; Балыкин, 2003], основанные на оценке запасов по методу математического моделирования, именно в середине 1980-х гг. был отмечен исторический максимум запасов – 2 млн т. Таким образом, как данные промысловой статистики, так и научные исследования подтвердили, что наиболее объективными получились оценки запасов, полученные с применением методики Т.Ф. Дементьевой. Однако в случае отсутствия эмпирических данных по смертности для оценки запасов в первом приближении можно применять методику А.С. Соколовского.

Кроме указанных методик оценки нерестового запаса, в последние годы широкое распространение получили также методики Н.С. Фадеева [1999] и Л.А. Лисовенко [2000], применяющиеся для охотоморского минтая. Первая методика не учитывает смертности, поэтому дает заниженные результаты. Методика Л.А. Лисовенко учитывает данный параметр, что позволяет оценить нерестовый запас в два раза выше [2000], чем без учета смертности. Полученные результаты представляются весьма важными, так как ОДУ минтая в Охотском море в течение ряда лет рассчитывается преимущественно по данным ихтиопланктонных съе­мок [Авдеев и др., 2001]. Таким образом, как в Беринговом, так и в Охотском морях использование методик с применением поправочного коэффициента на выживаемость (смертность) позволяет получить более объективные результаты.

Весьма неоднозначны также результаты оценок запасов минтая, основанные в последние годы на данных **гидроакустических съе­мок**. Как правило, конечные цифры запасов оказываются существенно ниже, чем по результатам других методов. Например, данные 2000 г. показали, что запас минтая Наваринского района оценивался в объеме 118 тыс. т, из них 54 тыс. т составляли пелагические скоп-

ления [Борец и др., 2002], тогда как фактический вылов минтая в 2000 г. в данном районе превысил 300 тыс. т [Фадеев, Веспестад, 2001]. На невысокую точность гидроакустического метода оценки минтая Охотского моря указывает также А.В. Смирнов с соавторами (см. далее). В настоящее время не представляется возможным оценить точность данного метода, однако в несколько раз заниженные цифры оценок запасов существенно сужают его возможности, поэтому данный метод в настоящее время корректнее применять лишь в качестве сравнительного, для оценки качественных изменений.

Не избежал «ахиллесовой пяты» и широко применяемый метод **траловых съемок**. Одной из самых распространенных методических неточностей является игнорирование уловистости. Американские и японские исследователи, изучающие межгодовую изменчивость запасов [Wespestad, Traynor, 1988; Sasaki, 1989, 1990; Ianelli et al., 2000, 2001, 2002], не применяют вообще поправку на уловистость, допуская ее равной 100% или 1,0. Их позицию разделяет и ряд отечественных ученых, хотя известно, что это нереально. В результате на «выходе» появляется гарантированно заниженная цифра запаса. А это неизбежно приводит к искаженным представлениям и соответственно заведомо ложным выводам относительно степени их эксплуатации и стратегии управления промыслом.

Результаты подводных исследований, экспериментальных и теоретических работ [Трещев, 1974; Честной, 1977; Заферман, Серебров, 1985; Карпенко, настоящий сборник] показали, что горизонтальная уловистость отцеживающих орудий лова составляет для рыб среднего размера, по скоростным параметрам близким к минтаю, 30%, или 0,3. В практике рыбохозяйственных исследований наиболее распространенным коэффициентом, применяемым для оценки запасов минтая, является коэффициент 0,4 [Шунтов и др., 1993]. Если этот параметр надежно себя зарекомендовал для пелагических тралений и ни у кого не вызывает сомнений, то при выполнении донных тралений, имеющих меньшую скорость лова и небольшое вертикальное раскрытие, предложенное значение поправочного коэффициента вряд ли соответствует действительности.

Автором в летний период 1985 г. при проведении стандартной донной траловой съемки на шельфе восточной части Берингова моря были проведены специальные работы, целью которых было определить долю минтая, которая оказалась необловленной. Суть методики проста: донные траления ( $n = 363$ ) сопровождалась работой эхолота, на ленте которого отмечались начало и завершение траления. Затем в пределах установленных границ площадным способом определялось соотношение площади записей (или их части) минтая, попавших в зону действия трала с площадью всех скоплений минтая (от поверхности до дна). Оказалось, что в зону действия трала в среднем попало 22% площади записей косяков и/или скоплений, принадлежащих минтаю.

Аналогичные работы в летний период 1982 г. проводились автором также в западной части моря: в Олюторско-Наваринском и Анадырско-Наваринском районах ( $n = 116$ ). В данном случае коэффициент оказался выше — 0,33, что связано, видимо, с большим количеством солнечных дней. В том и другом случае траления выполнялись исключительно в светлое время суток по одинаковым методикам.

Сравнение результатов оценки запасов, выполненных японскими и американскими учеными в 1980-е гг. на шельфе восточной части Берингова моря, показало, что в среднем японские были в четыре раза выше [Wespestad, Traynor, 1988]. Анализ сравнительной уловистости японских и отечественных донных тралов, применяемых на северных Курильских островах, показал, что наши тралы учитывают минтая в семь раз меньше [Тупоногов и др., настоящий сборник]. Все эти данные говорят о том, что игнорирование поправочного коэффициента на уловистость — верный путь к 3–4 кратному занижению оценок промысловой биомассы. Скептики могут сказать: «Эта проблема вообще не имеет решения. Несколько десятков факторов влияют на этот параметр». Действительно, много факторов влияют на результативность тралений, однако с практической точки зрения гораздо важнее приблизиться к реальным оценкам, чем отдаляться от них, ссылаясь на сложность проблемы.

Кроме учета уловистости, необходимо исследования выполнять в стандартные сроки и по стандартным методикам. Какие же сроки наиболее приемлемы для выполнения траловых съемок? Данный вопрос в значительной степени зависит от концентрации рыб в скоплениях. В осенне-зимний период скопления локализованы на небольшой площади и уловы на одночасовое траление могут достигать десятков т, тогда как в летний период концентрация рыб снижается в несколько раз. Как правило, оценку запасов минтая выполняют в летне-осенний период. Для того чтобы ответить на вопрос о том, какой из сезонов более предпочтителен, сравним данные по оценке запасов минтая, полученные в восточной части Берингова моря при выполнении съемок по стандартной методике (табл. 5, 6).

Таблица 5

**Оценка биомассы минтая по данным стандартной траловой съемки ( $n = 316$ ), выполненной в восточной части Берингова моря в осенний период ( $p=0,95$ , сентябрь–ноябрь 1981 г.)**

Подрайон	Средний улов, т/ч траления	Доверительный интервал	Средняя биомасса, тыс. т	Доверительный интервал, тыс. т
1	4,04	2,49–5,60	2578	1586–3569
2	3,49	0,95–6,04	1991	539–3443
3С	1,85	1,08–3,12	1125	484–1900
3Ю	4,13	2,76–5,50	2313	1546–3079
4С	0,09	0,03–0,15	58	31–95
4Ю	0,04	0,02–0,07	30	1–148
5	0,42	0,000–0,84	302	143–602
В целом			8397	4340–12736

Таблица 6

**Оценка биомассы минтая по данным стандартной траловой съемки ( $n = 363$ ), выполненной в восточной части Берингова моря в летний период ( $p=0,95$ , июнь–август 1985 г.)**

Подрайон	Средний улов, т/ч траления	Доверительный интервал	Средняя биомасса, тыс. т	Доверительный интервал, тыс. т
1	2,54	2,01–3,07	1564	1236–1892
2	0,50	0,38–0,62	291	221–361
3С	3,10	2,47–3,73	1864	1486–2242
3Ю	0,11	0,07–0,15	78	49–107
4С	1,36	0,99–1,72	825	604–1046
4Ю	2,81	2,48–3,14	1549	1364–1731
5	1,35	0,80–1,90	579	343–814
В целом			6750	5303–8193

Из таблиц следует, что доверительный интервал средних уловов и значений биомассы имел большой размах колебаний в осенний период и намного меньший в летний. Можно сказать, что дисперсно распределенные летние скопления минтая обеспечили меньшую вариабельность средних уловов и более высокую точность траловой съемки.

Таким образом, объективная оценка запасов может быть получена при использовании ихтиопланктонного (с учетом смертности) и тралового (с учетом уловистости) методов. Гидроакустический метод требует дальнейшего усовершенствования. Рамки его применения ограничиваются сравнительным анализом динамики биомассы. Методы оценки запасов, основанные на данных промысловой статистики, требуют введения поправочных коэффициентов на выбросы и скрываемый улов. Данные поправки позволяют существенно увеличить их точность.

Проблема количественной оценки выбросов является весьма актуальной. Ни для кого не является секретом, что это явление весьма распространено при промысле минтая. Данные американских наблюдателей и исследователей показали, что выбросы в ИЭЗ США в целом за период с 1991 по 2000 г. изменялись от 2 до 9%. Однако после того как с 2001 г. выбросы стали входить в ОДУ их доля снизилась до 1,3–1,4% [Panelli et al., 2003]. Масштаб этого явления в нашей зоне значительно больше и по самым скромным оценкам составляет около 20% [Буслов и др., настоящий сборник]. По данным ученых ВНИРО [Абрамова, Яновская, 2002], ежегодные выбросы минтая составляют около 0,5 млн т.

И здесь естественно возникает вопрос: «А какую точность имеют современные методы оценки запасов и прогнозирования ОДУ минтая, если в целом для Дальнего Востока допускается столь существенное превышение фактических уловов над рекомендуемым уровнем?» С одной стороны, понятно, что спрос «разогревает» рынок и вследствие этого возникает ситуация превышения вылова. А, с другой стороны, двухкратное превышение фактического улова над рекомендуемым говорит о заниженных оценках запасов. В пользу этого свидетельствует то обстоятельство, что исключительно высокий пресс промысла на минтай в Охотском море в 2000 г. не только не привел к снижению запасов, но и не препятствовал их существенному росту в 2000/2001 гг. — с 2,8 до 4,4 млн т [Информационный отчет... «ТИНРО-центра» за 2003 г.]. Следовательно, современные представления о запасах нуждаются в корректировке.

Кроме реальной оценки запасов, в настоящее время является до сих пор нерешенной проблема **популяционного статуса**. Для рациональной эксплуатации ресурсов необходимо знать происхождение единицы запаса и ее ареал. Однако единая точка зрения среди специалистов отсутствует. Ожидания, связанные с работами генетиков в 1980-е гг., по большому счету не оправдались, что в дальнейшем даже привело к сворачиванию этого направления исследований. Основной причиной неудачи является, видимо, методическая сторона вопроса. Оказалось, что большой арсенал средств не только не прояснил, но даже еще более запутал имеющуюся картину. Мнения разделились настолько, что можно говорить о том, что в Беринговом море обитает от двух [Зверькова, 2003] до пяти и более популяций минтая [Low et al., 2002].

Ключевыми вопросами в настоящее время являются различающиеся среди специалистов понимание термина «популяция» и поиск маркеров. Выйти из тупиковой ситуации можно лишь при условии решения данных вопросов. Сделать шаг вперед могут представления специалистов, изучающих популяционную биологию, согласно которым популяцией является самовоспроизводящаяся группа особей одного вида, на протяжении эволюционно длительного времени населяющая определенное пространство и образующая самостоятельную генетическую систему [Глубоковский, 1987; Яблоков, 1987]. Следовательно, три направления — дислокация нерестилищ, ареал и генетические признаки могут быть использованы для диагностики популяций, или единиц запаса. Решение данной проблемы можно осуществлять, изучая:

- межгодовую изменчивость расположения нерестилищ (критерий — основные концентрация икры первой стадии развития);
- онтогенетические миграции (критерии — сезонная динамика основных концентраций икры, личинок, сеголеток, молоди, половозрелых особей);
- генетические различия (критерий — использование единой методики сбора и обработки генетического материала, полученного от половозрелых рыб на нерестилищах в период размножения). В результате будут получены данные по «паспортизации» нерестилищ, привязанности/удаленности рыб к местам размножения и структуре скоплений, на которых базируется промысел. Скорее всего, обнаружится несоответствие границ промыслово-статистических районов и ареала обитания единиц запасов, однако эта проблема является проблемой следующего уровня.

По литературным источникам и данным автора [Булатов, 2004], выявленная квазистационарность нерестилищ свидетельствует о том, что популяционная струк-

тура минтая Берингова моря, видимо, намного сложнее, чем это представляется сегодня. Оказалось, что «собирательный образ» берингоморского минтая включает 21 нерестовую группу, подразделяющихся на зимне- и весенне-нерестующие экологические формы и имеющих пространственно-временную репродуктивную изолированность. При условии сбора генетических проб в период размножения с установленных нерестилищ, обработки и анализа информации по единой методике можно получить более реальные данные, которые позволят существенно уточнить популяционную структуру минтая Берингова моря.

Современная технология определения ОДУ минтая и других морских рыб связана не только с оценкой промыслового (нерестового) запаса в год наблюдения, но и с заблаговременным (1–2 года) ее **прогнозом**. Самым распространенным методом прогноза переменного пополнения является использование «кривой Рикера» [Рикер, 1979], согласно которой наибольшей численности потомство достигает при средней (оптимальной) численности нерестового запаса. Однако исследователями, использующими данный метод, допускается, что влияние среды отсутствует и определяющее значение имеет только исходная численность родителей. Тем самым не только отрицаются «критические периоды развития» [Владимиров, 1975] организма, но и он сам искусственно вырывается из среды, в которой живет и борется за существование. В настоящее время накоплено значительное количество данных о том, что среда оказывает определяющее значение на выживании минтая. В том числе данные автора свидетельствуют: численность поколений минтая в восточной части моря зависит от температурных условий ( $r = 0,75$ ).

Другой подход основан на допущении, что запас относительно стабилен, поэтому можно предполагать, что изменений в ближайшие 1–2 года не произойдет. Оба подхода не лишены недостатков. Есть надежда, что накопленные данные по численности поколений и изменчивости таких параметров среды, как температура воды, позволят в ближайшем будущем формализовать процесс и перейти к надежным прогностическим моделям.

Определение годового ОДУ является одним из самых важных параметров в управлении промыслом. В общем виде ОДУ является величиной, пропорциональной величине запаса и норме (доле) промыслового изъятия. Для того чтобы определить возможный **уровень промыслового изъятия**, необходимо количественно оценить естественную смертность модальных возрастных групп. Очевидно, данный уровень превышать нельзя, так как возникает опасность «перелова». В настоящее время среди специалистов отсутствует единая система взглядов, которая дала бы биологически обоснованный ответ на то, в каких случаях и при каких значениях пресс промысла не будет превышать безопасный уровень. Большую часть методов определения доли промыслового изъятия объединяет то обстоятельство, что сегодня практически невозможно критически оценить их «чувствительность» и надежность. Л.М. Зверькова, используя единую методику, рассчитала значения мгновенной естественной смертности минтая Берингова и Охотского морей (табл. 7).

У средневозрастного минтая (4–7 лет), обитающего в восточной части Берингова моря и южной части Охотского моря, смертность одинакова и составляет 0,30. В более суровых по климатическим условиям северной части Охотского моря и западной части Берингова

моря значения смертности ниже и составляют в среднем около 0,25. Во всех районах наблюдается 1,5–2-кратное снижение смертности по мере увеличения возраста.

В соответствии с концепцией репродуктивной разнокачественности популяций [Малкин, 1999] норма промыслового изъятия зависит от возраста наступления массового

Таблица 7

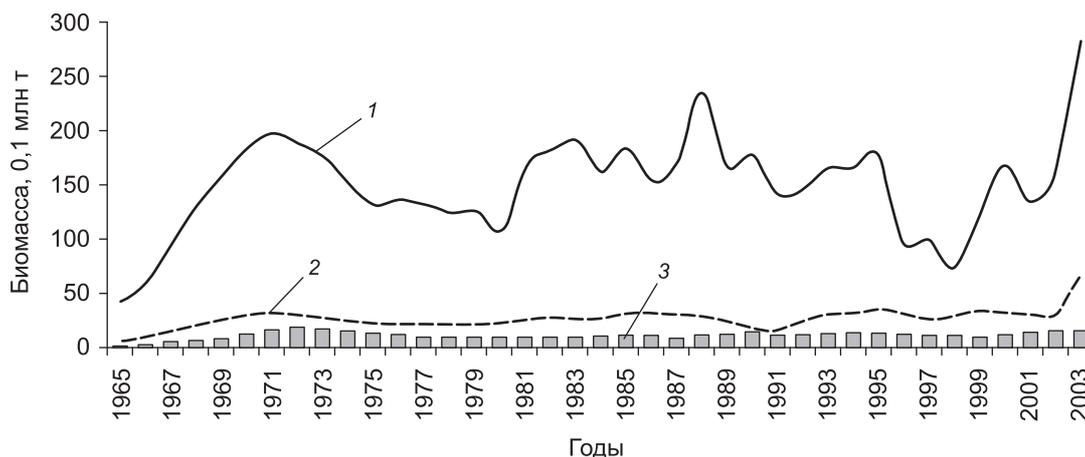
**Значения мгновенной естественной смертности минтая [Зверькова, 2003]**

Район	2–3 года	4–7 лет
Берингово море (восточная часть)	0,44	0,30
Берингово море (западная часть)	0,47	0,26
Охотское море (северная часть)	0,35	0,23
Охотское море (южная часть)	0,61	0,30

созревания самок. Имеющиеся данные автора и литературные источники [Серобаба, 1974; Фадеев, 1986; Nonkalento, 2002] позволили сделать вывод о том, что в восточной части Берингова моря это явление у самок наступает в возрасте 3,7–4 года. Следовательно, норма промыслового изъятия может составить 0,27, что весьма близко данным Л.М. Зверьковой. В Наваринском районе и в западной части Берингова моря, созревание наступает при длине 38–40 см, что соответствует 4,5 и 5 годам [Буслов, неопубликованные данные; Балыкин, 1993, 2003]. В соответствии со шкалой Е.М. Малкина норма промыслового изъятия в этом случае может составить 0,25 и 0,23 соответственно. Наименее изучено массовое половое созревание самок минтая Богословского района. Это вызвано тем, что в уловах практически отсутствовали неполовозрелые рыбы. Согласно нашим данным, полученным в нерестовый сезон 1984 г., 50% самок достигало половой зрелости при длине тела 39 см, что соответствует возрасту 4 лет (0,27).

Имея данные по межгодовой изменчивости запасов минтая, полученные значения биологически обоснованных норм промыслового изъятия и результаты промысла в различных районах Берингова моря, можно будет ответить на вопрос: «В каком районе и когда был допущен перелов минтая?»

Сопоставление возможного (допустимого) и фактического уловов в восточной части моря в 1965–2003 гг. показало отсутствие ситуации даже временного его превышения как в период нерегулируемого (до 1977 г.), так и в период регулируемого промысла (после 1977 г.). Следовательно, в данном районе на протяжении всей истории освоения ресурсов минтая наблюдается их регулярное недоиспользование (рис. 1).



**Рис. 1.** Динамика реставрированной биомассы (1), возможного (2) и фактического (3) уловов в восточной части Берингова моря в 1965–2003 гг.

История освоения запасов минтая в открытой части моря, над глубоководными котловинами, также имеет два периода: нерегулируемый промысел (до 1993 г.) и регулируемый (после 1993 г. в виде моратория). В условиях нерегулируемого промысла до 1987 г. фактический улов не превышал возможный (рис. 2), однако с 1988 г. произошло его существенное превышение. Так, уровень запасов позволял изымать в 1988 г. 1 млн т, а фактический вылов в анклавe превысил возможный на 0,5 млн т. Ситуация стала более драматичной в 1989 г., когда при допустимом изъятии 0,7 млн т, в анклавe фактически было выловлено в два раза больше. Таким образом, в 1988–1989 гг. в анклавe Берингова моря было допущено превышение фактического улова над рекомендованным. Однако его последствия не подорвали запас, а лишь ускорили его снижение. В пользу этого свидетельствует то обстоятельство, что резкий перегиб кривой произошел в 1984–1985 гг., когда масштабы промысла не превышали 1/10 запаса.

В Наваринском районе, наиболее важном для отечественного промысла, также существовали два этапа промысла: нерегулируемый (до 1991 г.) и регулируемый (после 1991 г.). Недостаточность научных данных не позволяет в полной

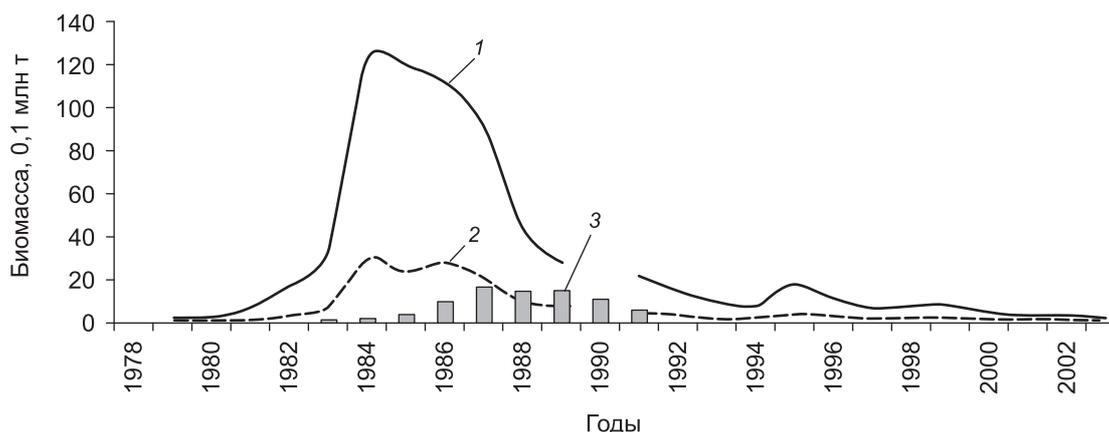


Рис. 2. Динамика биомассы (1), возможного (2) и фактического (3) уловов в анклав и Богословском районе Берингова моря в 1979–2003 гг.

мере ответить на вопрос, насколько рационально эксплуатировались запасы, поэтому данное сравнение носит предварительный характер. Наибольшему прессу промысла подверглись запасы в начале 1980-х гг., когда фактический вылов превышал допустимый двукратно, однако данное обстоятельство не только не привело к снижению запасов, но даже не препятствовало росту биомассы (рис. 3). Следовательно, несмотря на существенное превышение фактического промысла над рекомендуемым, ущерба запасам нанесено не было. По существу, это был единственный эпизод значительного превышения фактического вылова над допустимым, в дальнейшем промысел велся в оптимальном режиме.

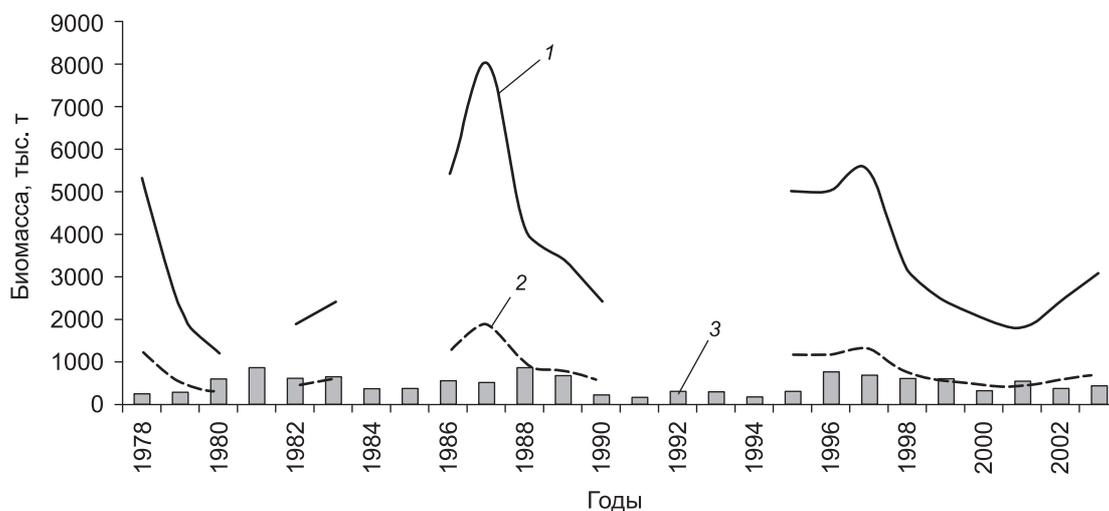
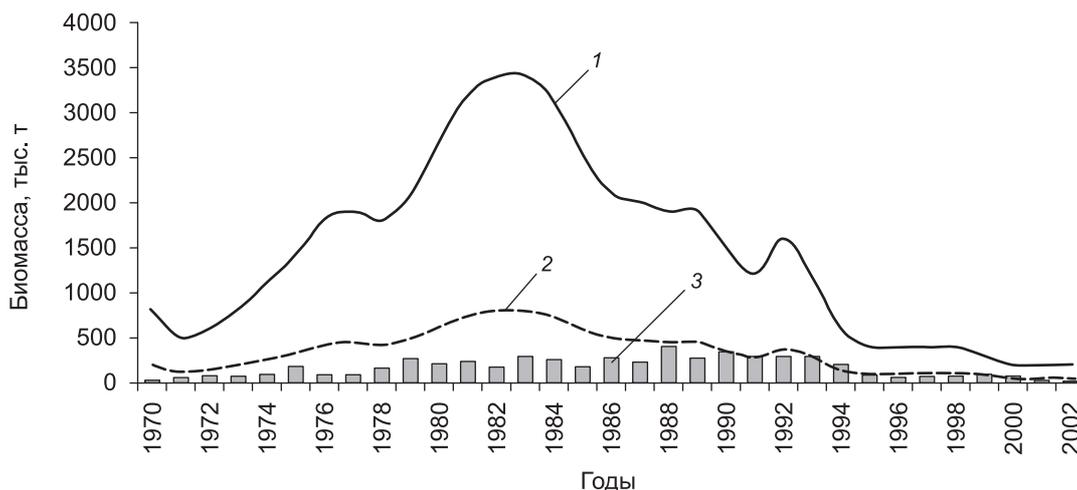


Рис. 3. Динамика реставрированной промысловой биомассы (1), возможного (2) и фактического (3) уловов в Наваринском районе в 1978–2003 гг.

В западной части Берингова моря также существовали два периода промысла: нерегулируемый – до 1986 г. и регулируемый – после 1986 г. Если до 1988 г. промысел велся в щадящем режиме и запасы существенно недоосваивались, то в дальнейшем промысел вырос и в отдельные годы (1994) превышал допустимый уровень. Промысел в 1992–1993 гг. велся без превышения (рис. 4), поэтому резкое снижение биомассы с 1,6 до 0,6 млн т было вызвано естественными, а не антропогенными причинами.

Таким образом, на протяжении всей истории промысла минтая в Беринговом море достоверно известным случаем превышения фактического вылова над допустимым, повлекшим ускоренное снижение запасов, является период промысла в анклав в 1988–1989 гг. Сравнение среднееголетних значений фактического с



**Рис. 4.** Динамика промысловой биомассы (1), возможного (2) и фактического (3) уловов в западной части Берингова моря в 1970–2002 гг.

возможным (допустимым) выловом показало, что запасы минтая в среднем осваивались в Наваринском районе — на 62%, в западной части моря — на 50%, в анклаве — на 49%, в восточной части моря — на 34%.

Анализ межгодовой изменчивости запасов минтая в различных районах Берингова моря позволил установить разный тип динамики их численности. Оказалось, что в восточной части моря и в Наваринском районе амплитуда (соотношение максимума и минимума запаса) изменялась в диапазоне 4:1 и 7:1. В открытой части моря и западном районе амплитуда составляла 62:1 и 17:1. Высокий уровень биомассы наблюдался крайне редко, характерным являлось также наличие продолжительного периода депрессии. Данные обстоятельства свидетельствуют о том, что к минтаю, имеющему разный тип динамики, нецелесообразно, с биологической точки зрения, применять одинаковую стратегию промысла. Видимо, с большей степенью осторожности необходимо подходить к неустойчивому запасу, тогда как устойчивый запас может выдерживать и максимально возможную норму промыслового изъятия.

Разная динамика запасов, различная амплитуда изменчивости и тип устойчивости, а также различный уровень запасов — все это является той изменчивой средой, в условиях которой риск принятия субъективного решения относительно доли промыслового изъятия становится не только вероятным, но и вполне реальным. Значения естественной смертности, полученные Л.М. Зверьковой [2003] и определенные по шкале Е.М. Малкина [1999] для высокого и среднего уровня запасов, представляются вполне обоснованными. Однако при низком уровне запасов норма промыслового изъятия должна быть снижена. Данная мера направлена на восстановление запаса. Мотивация очевидна: необходимо дать возможность участвовать в нересте большему количеству возрастных классов. Поэтому, если «сдвинуть» шкалу Е.М. Малкина хотя бы на один год, то норма изъятия уменьшится.

Какую же стратегию управления промыслом использовать, если в одном случае определяется ОДУ для устойчивого запаса, а в другом случае — для неустойчивого? В соответствии с современными представлениями [Бабаян, 2000] в таких случаях регулирование промысла может осуществляться, исходя из модифицированного традиционного подхода (два режима: восстановления запасов и постоянной интенсивности промысла) и предосторожного подхода (три режима: полного запрета промысла, восстановления запаса и постоянной интенсивности промысла).

Одним из важнейших опорных критериев является восстанавливаемость запасов (приложение 2 Конвенция по сохранению трансграничных рыбных запасов и запасов далеко мигрирующих рыб и управления ими). Согласно полученным

оценкам запасов в различных районах моря была эмпирически определена восстанавливаемость (под этим термином понимается достижение среднего уровня запасов после минимального), которая составила для минтая, обитающего в восточной части моря и на наваринском шельфе, 3–4 года. Для богословского минтая период восстановления запасов составляет уже более 10 лет, однако признаки восстановления до сих пор не установлены. Следовательно, жесткие меры регулирования, принятые к промыслу минтая богословского происхождения, вплоть до полного запрета, являются биологически обоснованными. Все страны, ратифицировавшие Конвенцию по сохранению запасов минтая и управлению ими в центральной части Берингова моря, сохраняют мораторий на промысел минтая с 1993 г. Возможная отмена моратория произойдет при достижении запаса выше уровня 1,67 млн т. Наши данные показали, что критическим уровнем может считаться значение биомассы ниже уровня 0,4 млн т. Предложенная цифра в объеме 1,67 млн т, видимо, хотя и осторожна, но, учитывая крайнюю неустойчивость запаса и недостаточный ряд наблюдений, представляется вполне обоснованной.

В западной части Берингова моря запрет на промысел минтая, существующий в течение последних лет, был продиктован необходимостью сохранить запасы, поскольку достиг минимально исторического уровня – 0,2 млн т. Средний уровень запасов минтая в западной части моря для 33-летнего периода наблюдений составил 1,4 млн т. В течение 5 лет в этом районе осуществляется режим запрета специализированного промысла. Контрольный лов применяется в ограниченных объемах исключительно с целью сбора биологической информации. В 2003 г. появились первые признаки роста запасов, что позволяет ожидать в ближайшие годы восстановления запасов.

В восточной части Берингова моря обитает минтай, имеющий наиболее устойчивый тип запаса. Среднемноголетние значения реставрированной биомассы для периода 1965–2003 гг. составили 15 млн т, при минимальных уровнях 4–6 млн т в середине 1960-х гг. и около 10 млн т в 1996–1997 гг. В Наваринском районе запасы минтая также обладают высокой устойчивостью. По предварительным данным, основанным на наблюдениях 1978–2003 гг., средний уровень запасов в этом районе составляет 3,5 млн т, минимальный уровень отмечался в 1980 г. – 1,2 млн т и в 2001 г. – 1,8 млн т. Запас характеризуется быстрой восстанавливаемостью.

Для определения уровней запаса выполнялся следующий расчет. На основании эмпирических данных за достаточно продолжительное количество лет определялось значение среднего уровня запасов. Затем устанавливался коридор, границы которого являлись верхним и нижним значением среднего уровня запасов. Диапазон биомассы разбивался на три части – от максимума до минимума запасов и определялись границы трех зон. Таким образом, 1/3 значений биомассы попадала в интервал средних значений, а оставшиеся распределились в области ниже и выше границ среднего уровня. Выбранный в данном случае количественный критерий представляется вполне логичным и обоснованным.

Значения среднего уровня запасов уже установлены для каждого из районов на основании данных многолетних наблюдений и составляют: 1,4 млн т в западной части моря, 2,9 млн т в Богословском районе, 3,5 млн т в Наваринском районе и 15,0 млн т в зоне шельфа восточной части моря. Верхняя и нижняя границы среднего уровня имеют для каждого из перечисленных районов следующие значения: 1,1–1,8 млн т (западный район), 2,0–3,8 млн т (Богословский), 2,7–4,6 млн т (Наваринский) и 11,5–19,5 млн т (восточный). Значения биомассы выше этого «коридора» соответствуют высокому уровню запасов, ниже – низкому.

Для минтая, обитающего в зоне высокой биопродуктивности – на шельфе восточной части моря и в Наваринском районе и имеющего устойчивый запас, нет необходимости определять значение граничного ориентира управления промыслом. Для западноберингоморского и богословского минтая выбор стратегии управления промыслом зависит от значения предельных критериев (ориентиров) по биомассе, которые эмпирически установлены на уровне 0,2 и 0,4 млн т, что в семь раз меньше среднего уровня. Исторические минимумы, когда запасы

минтая в западной части моря достигали значений существенно ниже среднего уровня, наблюдались в начале 1970-х годов и в 1995–2003 гг., следовательно, периодичность появления такого явления наблюдалась не реже одного раза за 25–30 лет. Граничный ориентир по биомассе для Богословского района определен соответствующей «Конвенцией...» и составляет 1,67 млн т, хотя в действительности, видимо, можно было бы принять более низкое значение – 0,4 млн т.

В табл. 8 представлена матрица, в которой объединены все количественные параметры изменчивости динамики запасов минтая в различных районах Берингова моря. Принцип, использованный в данной матрице, позволит специалистам по принятию управленческих решений в области регулирования рыболовства избежать принятия волевых решений, не имеющих биологических оснований в силу неопределенности или по каким-либо другим причинам.

Таблица 8

**Матрица принятия решений по управлению промыслом минтая в различных районах Берингова моря в зависимости от состояния запасов**

Район	Стратегия	Состояние запасов	Значение биомассы, млн т	Степень эксплуатации, %	Интервал ОДУ, тыс. т
Западная часть моря, ИЭЗ РФ	Предосторожный подход	Высокое	> 1,8	23,4	> 400
		Среднее	1,1–1,8	23,4	250–400
		Низкое	< 1,1	20,7	< 220
		Критическое	0,2	Мораторий	НИР
Наваринский район*, ИЭЗ РФ	Модифицированный традиционный подход	Высокое	> 4,6	26,6	> 1200
		Среднее	2,7–4,6	23,4–26,6	600–1200
		Низкое	<2,7	20,7–23,4	< 600
		Критическое	Не выявлено	20,7	200 (факт)
Восточная часть моря*, ИЭЗ США	Модифицированный традиционный подход	Высокое	> 19,5	26,6	> 5000
		Среднее	11,5–19,5	26,6	3000–5000
		Низкое	< 11,5	23,4	< 3000
		Критическое	Не выявлено	23,4	1000 (факт)
Богословский район (ИЭЗ США) + анклав	Предосторожный подход	Высокое	> 3,8	23,4	> 900
		Среднее	2,0–3,8	23,4	500–900
		Низкое	<2,0	20,7	< 400
		Критическое	1,67 (по Конвенции)	Мораторий	НИР

\*Реставрированная биомасса, полученная с использованием поправочного коэффициента на уловистость (0,3) и переведенная с «языка» промысловой статистики на «язык» траловых съемок.

Таким образом, устойчивый запас минтая восточной части моря и Наваринского района позволяет обходиться без использования предосторожного подхода. Для этих районов биологически обосновано применение модифицированного традиционного подхода.

Важной с биологической точки зрения является сезонность распределения ОДУ. Если оценить ежемесячное и поквартальное фактическое освоение ОДУ в Наваринском районе в течение 1998–2003 гг., то окажется, что основной выбор квоты наблюдался в июле–сентябре, т.е. в третьем квартале (табл. 9). Поквартально освоение в среднем за шесть лет выглядит следующим образом: 1 – 6,3%, 2 – 15,2, 3 – 52,9 и 4 – 25,6%.

В последние годы практика промысла в Наваринском районе Берингова моря сложилась таким образом, что в зимне-весенний период лов минтая практически не ведется, тогда как в 1980-е гг. существовал круглогодичный промысел. Данное обстоятельство определяется конъюнктурными соображениями судовладельцев,

Таблица 9

**Динамика абсолютных и относительных показателей вылова минтая крупнотоннажным флотом в Наваринском районе в 1998–2003 гг., тыс. т**

Год	Месяц											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1998	5,7	8,0	0	13,5	17,6	118,5	146,9	164,7	122,5	56,7	14,4	31,9
1999	26,5	16,4	2,4	31,5	18,0	34,3	53,9	91,6	100,0	47,4	14,0	55,3
2000	24,4	2,5	0	0	6,5	12,7	29,2	68,8	58,4	58,1	31,9	4,6
2001	6,4	3,2	0	0,9	11,2	25,1	32,0	58,9	39,7	36,6	33,3	40,8
2002	35,7	5,5	0	0,6	3,6	27,2	43,1	46,9	46,0	45,9	43,8	28,2
2003	13,6	6,4	0	0	5,8	51,6	71,9	73,2	68,7	56,2	27,7	11,2
Средний	18,7	7,0	0,4	7,8	10,5	44,9	62,8	84,0	72,5	50,1	27,5	28,7
%	4,5	1,7	0,1	1,9	2,5	10,8	15,1	20,3	17,5	12,1	6,6	6,9

деятельность которых направлена на широкомасштабную заготовку икры минтая в преднерестовый сезон в Охотском море. В настоящее время **сезонное распределение** ОДУ как мера регулирования промысла носит исключительно рекомендательный характер, поэтому в летний период промысла количество крупнотоннажных судов в Наваринском районе может достигать на небольшой акватории 40–50 и более единиц.

Выше уже указывалось, насколько масштабно явление браконьерства при промысле минтая. Наиболее вероятно предположить, что при вылове нагульных после нерестовых рыб, имеющих меньшую ценность, чем икра минтая, объемы несообщаемого улова ниже, чем в Охотском море. В качестве одной из эффективных мер, содействующих оптимальной расстановке флота и препятствующих браконьерству, можно использовать принцип распределения ОДУ по промысловым мощностям исходя из минимальных суточных норм 2003 г., заложенных в «Правилах промысла водных биоресурсов для российских юридических лиц и граждан в исключительной экономической зоне, территориальных водах и на континентальном шельфе Российской Федерации в Тихом и Северном Ледовитом океанах» и утвержденных Приказом Госкомрыболовства РФ № 467 от 11 декабря 2002 г. Скорректируем опубликованные в данном документе нормы минимальных расчетных величин суточного вылова на судод-сутки промысла с учетом роста запасов в 2004 г. на 20% по сравнению с 2003 г. (табл. 10).

Для оценки ориентировочного количества флота рассчитаем теоретически, исходя из утвержденного распоряжением правительства ОДУ минтая в Наварин-

Таблица 10

**Минимальные расчетные объемы вылова на судод-сутки промысла (Берингово море, специализированный траловый промысел, 2003/2004 г.)**

Тип судна	Утвержденные нормы в 2003 г., т	Расчетные нормы в 2004 г., т
СРТМ проекта 502Э, 502ЭМ	10	12
СТР проекта 420	10	12
СТР проекта 503	10	12
ТСМ проекта 333 типа «Орленок»	25	30
РТМ типа «Атлантик» проекта 394	25	30
СРТМ типа «Стеркодер»	35	42
БМРТ типа «Прометей»	35	42
БМРТ типа «Пулковский меридиан»	40	48
РТМКС типа «Моозунд»	45	54

ском районе, возможный вылов в 2003 г. и сравним его с фактическими данными. Известно, что ОДУ составлял 425 тыс. т, из них согласно оперативным данным (более реальным, чем официальная статистика) национальный вылов составил 390 тыс. т, причем 384 тыс. т было освоено крупнотажным флотом. С учетом имеющейся информации [Берингоморская..., 2004], а именно фактических значений улова на судо-сутки промысла – 57 т, определим расчетное значение затраченного количества промыслового времени на освоение выделенной квоты. Оно составило:  $384\ 000\ \text{т} : 57\ \text{т/сут} = 6737$  судо-суток. Если учесть, что максимальная сезонная промысловая нагрузка ложится на третий квартал, составляя в среднем 52,4%, определим, что на этот период пришлось  $6737 \times 0,524 = 3530$  судо-суток. Количество судов, загруженных полностью промыслом (на лову) в течение третьего квартала (92 суток), должно было составить  $3530\ \text{судо-суток} : 92\ \text{сутки} = 38,4$  судов.

При сравнении фактических данных, полученных из оперативных источников, оказалось, что в третьем квартале (июль–август 2003 г.) вылов минтая крупнотажным флотом был близок к расчетным значениям и составил 214 тыс. т (55,7% годового улова). Однако, количество судов на промысле составляло в июле 48–65 (на лову 42–59), в августе 51–55 (на лову 40–51), в сентябре 47–55 (на лову 38–52) единиц, что превысило расчетные значения примерно на 10 единиц. Отсюда реальный вылов как минимум превысил сообщаемый на четверть. Таким образом, существующая сегодня система управления промыслом является на поверку недостаточно эффективной, поскольку не она управляет интенсивностью рыболовства в современных экономических условиях, а устойчивый спрос «горячих» товарных позиций на международном рынке. В тех случаях, когда нет высокого спроса, нет и проблемы превышения ОДУ. Чем раньше мы осознаем несоответствие существующей системы управления промысла современным требованиям, тем быстрее можно будет сформировать более эффективную систему управления промыслом и сохранения запасов. Применяя практику регулирования промысла посредством ограничения продолжительности лова и количества флота, можно существенно снизить размеры браконьерства, что особенно важно для сохранения запасов минтая Охотского моря.

Именно такая система управления промыслом сложилась в США, она и на практике показала свою высокую эффективность. Применение «олимпийской» системы, позволяет более удачливым рыбакам осваивать больший объем вылова минтая в единицу времени (сутки, месяц), что позитивно сказывается на экономике, принося большую прибыль судовладельцам при меньших затратах по сравнению с конкурентами. В таких условиях отсутствует стимул занижать фактический улов, так как сроки окончания промысла оговорены заранее независимо от того, насколько выполняют свои «планы» судовладельцы. Применение подобной практики позволяет рационально эксплуатировать запас, не допуская превышения ОДУ, что обеспечивается ежесуточными донесениями наблюдателей, которые в период промысла находятся на **каждом** судне и передают информацию по вылову в координационный центр, суммирующий ежесуточное освоение ОДУ.

Кроме того, промысел разбивается на два сезона: *A* – преднерестовый и *B* – нагульный. Освоение ОДУ, например, в 2003 г. в сезон *A* составило 42% от годового, тогда как в Охотском море на преднерестовый сезон приходится около 95% ОДУ. А если еще учесть то обстоятельство, что фактический вылов превышает рекомендуемый примерно в два раза, то становится понятным, насколько нерациональна современная стратегия управления промыслом.

Серьезной проблемой, которой не уделяется должного внимания, является **пространственное распределение ОДУ**. Особенно это относится к Берингову морю. Современное промысловое районирование включает следующие районы: Карагинскую подзону (район западнее 170° в.д.), Берингоморскую зону (170° в.д. – 175° з.д.) и Чукотскую зону (восточнее 175° з.д.). Огромная акватория (Западно-Берингоморская зона), на которой в течение 25 лет существует широкомаштабный промысел минтая, не имеет ни подзон, ни районов. Хотя в 1970-е гг. здесь выделялись и Анадырский микрорайон, и Наваринский район. Возможно,

рыбакам и удобнее осваивать запасы минтая в этой зоне, но исследования последних лет показали, что здесь существуют по крайней мере пять нерестилищ местного минтая (дежневское – 174° в.д., южно-наваринское зимнее и весеннее, каньонное – юго-восточнее м. Наварин, у границы ИЭЗ России-США, анадырское). Кроме того, эту высоко продуктивную в биологическом отношении зону используют в качестве кормовой мигранты из Олюторского залива и из ИЭЗ США. Существующая система управления промыслом не дифференцирует единицы запаса, следовательно, пространственное распределение ОДУ осуществляется по случайному принципу, что не соответствует положению Конвенции по сохранению трансграничных рыбных запасов. Следовательно, назрела необходимость дополнить существующее промысловое районирование в пределах существующей классификации ФАО и определить границы подзон и (микро)районов с целью более эффективного управления рыболовством и сохранения запасов минтая Берингова моря.

### **Заключение**

Эксплуатация запасов минтая Берингова моря во всех районах, за исключением анклава, велась без негативного антропогенного воздействия даже в период нерегулируемого промысла. Пресс промысла на запасы минтая богословского происхождения существенно превысил биологически обоснованный уровень в 1988–1989 гг., что из-за уникальности возрастного состава, представленного высокоурожайными поколениями 1977–1978 гг. рождения, и отсутствия многочисленного пополнения способствовало резкому снижению биомассы.

Современная система управления промыслом, основанная на принципе квотирования, неэффективна и не препятствует превышению ОДУ. Рыночные отношения создают предпосылки для модернизации системы управления и контроля промысла, основанной на ограничении промысловой активности посредством регулирования сроков промысла и количества выставяемого флота.

В результате анализа динамики запасов определена амплитуда изменчивости запасов минтая, обитающего в различных районах Берингова моря. Наличие периода депрессии у богословского и западноберинговоморского минтая является признаком неустойчивости запаса, что позволяет применять стратегию управления промыслом, основанную на принципе предосторожного подхода. При достижении запасов критического значения биомассы (предельный ориентир) 1,67 и 0,2 млн т вступает в силу режим полного запрета на промысел – мораторий.

Динамика запасов минтая, обитающего на высокопродуктивном шельфе восточной части моря и в Наваринском районе, демонстрирует высокую устойчивость, что позволяет применять стратегию управления промысла, основанную на модифицированном традиционном подходе. Предельные ориентиры, применяемые для рыбоохранных мероприятий, не устанавливаются, поэтому применение режима рыболовства в виде моратория биологически не обосновано.

Предложенная матрица принятия решения выбора режима эксплуатации учитывает разный уровень состояния запасов и имеет переменную норму промыслового изъятия. Полученные величины ОДУ характеризуются следующими значениями. В западной части моря при высоком уровне запасов – более 0,4 млн т, среднем – 0,25–0,4 млн т, при низком – менее 0,22 млн т. В Наваринском районе при высоком уровне запаса – более 1,2 млн т, при среднем – 0,6–1,2 млн т, при низком – менее 0,6 млн т. В восточной части моря при высоком уровне запасов – более 5 млн т, при среднем – 3–5 млн т, при низком – менее 3 млн т. Для богословского минтая при высоком уровне запасов – более 0,8 млн т, при среднем – 0,5–0,8 млн т и при низком – менее 0,4 млн т.

В настоящее время возникла острая необходимость в разработке единых «правил игры»: стандартных методов учета и оценки запасов, унификации методов анализа информации с целью разработки единой шкалы критериев, позволяющей объективно оценивать текущий и прогнозируемый уровни запасов. Исключительно важным является также решение вопроса популяционного статуса минтая Берингова моря.

## Литература

- Абрамова Л.С., Яновская Н.В.** 2002. О нерациональном использовании сырьевой базы российского рыболовства // Пути решения проблем изучения, освоения и сохранения биоресурсов Мирового океана: Материалы Всероссийской конференции.— М.: Изд-во ВНИРО.— С. 67–73.
- Авдеев Г.В., Смирнов А.В., Фронек С.Л.** 2001. Основные черты динамики численности минтая северной части Охотского моря в 1990-е годы // Известия ТИНРО. Т. 128. Ч. 1.— С. 207–221.
- Бабаян В.К.** 2000. Предосторожный подход к оценке общего допустимого улова (ОДУ).— М.: Изд-во ВНИРО.— 192 с.
- Бабаян В.К., Булгакова Т.И., Васильев Д.А.** 1999. Состояние запасов восточноохотоморского, восточнокамчатского и западноберингоморского минтая и перспективы их промышленного использования // Деп. ВНИЭРХ 1343 РХ 99. № 7.— 64 с.
- Балькин П.А.** 1993. Изменчивость сроков нереста и смертность развивающейся икры у западноберингоморского минтая (*Theragra chalcogramma* (Pallas)) // Исследования биологии и динамики численности промысловых рыб камчатского шельфа. Вып. 2.— Петропавловск-Камчатский.— С. 166–176.
- Балькин П.А.** 2003. Обоснование промысловой меры западноберингоморского минтая // Известия ТИНРО. Т. 132.— С. 245–248.
- Берингоморская** минтаевая путина — 2004 (путинный прогноз). 2004.— Владивосток: ТИНРО-центр.— 59 с.
- Борец Л.А. и др.** 2002. Состояние запасов минтая в Наваринском районе Берингова моря // Известия ТИНРО. Т. 130. Ч. 3.— С. 1001–1014.
- Бочаров Л.Н. и др.** 2003. Рыбохозяйственные исследования на Дальнем Востоке и их ресурсное обеспечение // Вопр. рыболовства. Т. 4. № 2.— С. 184–208.
- Бочаров Л.Н., Шунтов В.П.** 2003. Состояние и задачи современного этапа экосистемных исследований биологических ресурсов дальневосточных морей России // Рациональное природопользование и управление морскими биоресурсами: экосистемный подход: Тез. докл. межд. конф.— Владивосток: ТИНРО-центр.— С. 3–8.
- Булатов О.А.** 1986. К методике оценки нерестового запаса минтая в западной части Берингова моря // Тресковые дальневосточных морей.— Владивосток: ТИНРО-центр.— С. 35–42.
- Булатов О.А.** 2003. Промысел и запасы минтая Берингова моря // Аналитическая и реферативная информация. Сер. «Экономика, информация и управление промыслом». Сб. ВНИЭРХ. Вып. 2.— С. 101–114.
- Булатов О.А.** 2004. Минтай (*Theragra chalcogramma*) Берингова моря: размножение, запасы и стратегия управления промыслом. Автореф... дисс. д-ра биол. наук.— М.: Изд-во ВНИРО.— 49 с.
- Владимиров В.И.** 1975. Критические периоды развития у рыб // Вопр. ихтиологии. Т. 15. Вып. 6(95).— С. 955–975.
- Глубоковский М.К.** 1987. Популяционная организация вида у рыб // Популяционный состав, динамика численности и экология минтая.— Владивосток: ТИНРО-центр.— С. 45–57.
- Дементьева Т.Ф.** 1976. Биологическое обоснование промысловых прогнозов.— М.: Пищевая промышленность.— 237 с.
- Дехник Т.В.** 1964. Об изменении численности икры и личинок черноморской ставриды в процессе онтогенеза // Тр. Севастопольской биол. станции. Т.15.— С. 292–301.
- Заферман М.Л., Серебров Л.И.** 1985. Методы и результаты изучения коэффициентов уловистости тралов // Исследования по оптимизации рыболовства и совершенствованию орудий лова: Сб. науч. тр. ВНИРО.— М.: Изд-во ВНИРО.— С. 84–94.
- Зверькова Л.М.** 2003. Минтай: Биология, состояние запасов.— Владивосток: ТИНРО-центр.— 248 с.
- Информационный** отчет о научной деятельности ФГУП «ТИНРО-центр» за 2003.— Владивосток: ТИНРО-центр.— 460 с.
- Котенев Б.Н., Булатов О.А.** 2003. Запасы минтая и управление промыслом // Рыболовство России. Май.— С. 33–35.
- Котенев Б.Н., Зайцева Ю.Б.** 2003. О первоочередных задачах рыбохозяйственной науки в связи с утверждением Концепции развития рыбного хозяйства Российской Федерации (2003–2020 гг.) и действиях, необходимых для ее реализации // Рыбное хозяйство. № 6.— С. 18–20.
- Курмазов А.А.** 2001. Международно-правовые условия освоения морских биологических ресурсов в Тихом и Индийском океанах // Мировой океан: Использование биологических ресурсов.— М.: ВИНТИ.— С. 26–35.
- Лисовенко Л.А.** 2000. Размножение рыб с прерывистым оогенезом и порционным нерестом на примере минтая Западной Камчатки.— М.: Изд-во ВНИРО.— 111 с.
- Малкин Е.М.** 1999. Репродуктивная и численная изменчивость промысловых популяций рыб.— М.: Изд-во ВНИРО.— 106 с.
- Переверзев М.П., Шайденко Н.А., Басовский Л.Е.** 2002. Менеджмент: Учеб. / Под общ. ред. проф. М.П. Переверзева.— М.: ИНФРА-М.— 288 с.

- Рикер У.Е.** 1979. Методы оценки и интерпретации биологических показателей популяций рыб.— М: Пищевая промышленность.— 408 с.
- Серобаба И.И.** 1974. Экология нереста беринговоморского минтая *Theragra chalcogramma* (Pallas) // *Вопр. ихтиологии*. Т. 14. Вып. 4.— С. 635–644.
- Соколовский А.С.** 1973. К методике определения естественной смертности у рыб // *Исследования по биологии рыб и промысловой океанографии*. Вып. 4.— Владивосток: ТИНРО-центр.— С.142–149.
- Состояние** промысловых ресурсов. 2002. Прогноз общих допустимых уловов по тихоокеанскому бассейну на 2003 г.— Владивосток: Изд. ТИНРО-центр.— 222 с.
- Трецев А.И.** 1974. Научные основы селективного рыболовства.— М.: Пищевая промышленность.— 446 с.
- Фадеев Н.С.** 1986. Минтай // *Биологические ресурсы Тихого океана*.— М.: Наука.— С.187–200.
- Фадеев Н.С.** 1999. Методика оценки запасов минтая по численности икры и размерно-возрастному составу // *Биология моря*. Т. 25. № 3.— С. 246–249.
- Фадеев Н.С., Веснецад В.** 2001. Обзор промысла минтая // *Известия ТИНРО*. Т.128. С. 75–91.
- Честной В.Н.** 1977. Динамика уловистости донных тралов.— М.: Пищевая промышленность.— 97 с.
- Шунтов В.П. и др.** 1993. Минтай в экосистеме дальневосточных морей.— Владивосток: ТИНРО-центр.— 426 с.
- Яблоков А.В.** 1987. Популяционная биология.— М.: Высшая школа.— 304 с.
- Hensen V.** 1887. *Über die Bestimmung des Plankton oder das in Meere treibenden Materials an Pflanzen und Thieren* // *Berl. Komm. Wiss. Unter. Merrs.* - #5.— 13 g.
- FAO yearbook.** 2003. *Fishery statistics: Capture production*.— V. 1. 92/1.— Rome.— 627 p.
- FAO Yearbook.** 2005. *FAO Fishery statistics. FAO Statistics Series #69. Food and Agriculture Organization of the United Nations*.— Rome.— V. 96/1.— 664. p.
- Ianelli J.N., Fritz L., Honkalento T., Williamson N. and Walters G.** 2000. Eastern Bering Sea walleye pollock stock assessment. Draft. - Alaska Science Fisheries Center / NMFS.— 92 p.
- Ianelli J.N., Fritz L., Honkalento T., Williamson N. and Walters G.** 2001. Eastern Bering Sea Walleye Pollock Stock Assessment. - NMFS, NOAA.— [www.refm.noaa.gov](http://www.refm.noaa.gov).— 92 p.
- Ianelli J.N., Barbeaux S., Honkalento T., Walters G. and Williamson N.** 2002. Eastern Bering Sea Walleye Pollock Stock Assessment // *NPFMS Bering Sea / Aleutian Islands SAFE*, NOAA.— [www.afsc.noaa.gov](http://www.afsc.noaa.gov).— P. 33–120. (Draft).
- Ianelli J.N., Barbeaux S., Walters G., Williamson N.** 2003. Eastern Bering Sea Walleye Pollock // *Stock assessment and Fishery evaluation report for groundfish resources of the Bering Sea / Aleutian Islands Regions*.— [www.afsc.noaa.gov](http://www.afsc.noaa.gov).— P. 39–127.
- Low L.L., Kotenev B., Kobayashi T., Yang W.S., Janusz J., Qisheng T.** 2002. Pollock Stocks in the North Pacific and Importance of Stock Structure and Identification Research // «*Pollock stock structure and Identification Workshop*» - Tech. Rep. of Hokkaido Nat. Fish.Res. Inst., Japan - N. 5.— P. 5–13.
- Sasaki T.** 1989. Synopsis of biological information on pelagic pollock resources in the Aleutian Basin // *Proc. Intern. Sci. Symp. on Bering Sea Fish.*— Seattle, WA.— P. 80–102.
- Sasaki T.** 1990. Preliminary report on the second research cruise by Kaiyo maru for fiscal 1989. Research on pollock stock in the international waters of the Bering Sea // *Proc. Intern. Sci. Symp. On the Bering Sea Fisheries, April 2-5, 1990. Khabarovsk, USSR*.— NOAA, Seattle.— P. 83–104.
- Saville A.M.** 1964. Estimation of the abundance of a fish stock from egg and larval surveys // *Rapp. F.V. CIEM*.— P. 164–170.
- Wespstead V.G., Traynor J.J.** 1988. Walleye pollock // *Condition of groundfish resources of the eastern Bering Sea and Aleutian Islands region in 1987*. Seattle, WA. P. 11–32. US Dep. Commer., NOAA Tech. Memo. NMFS F / NWC-139.

УДК 639.222.2

## О принципах оценки ОДУ тихоокеанских сельдей

Г.А. Богданов (ВНИРО)

При подготовке данной статьи ставилась задача ретроспективно (начиная с 1960-х г. XX в.) рассмотреть принципы оценки допустимого улова важнейших

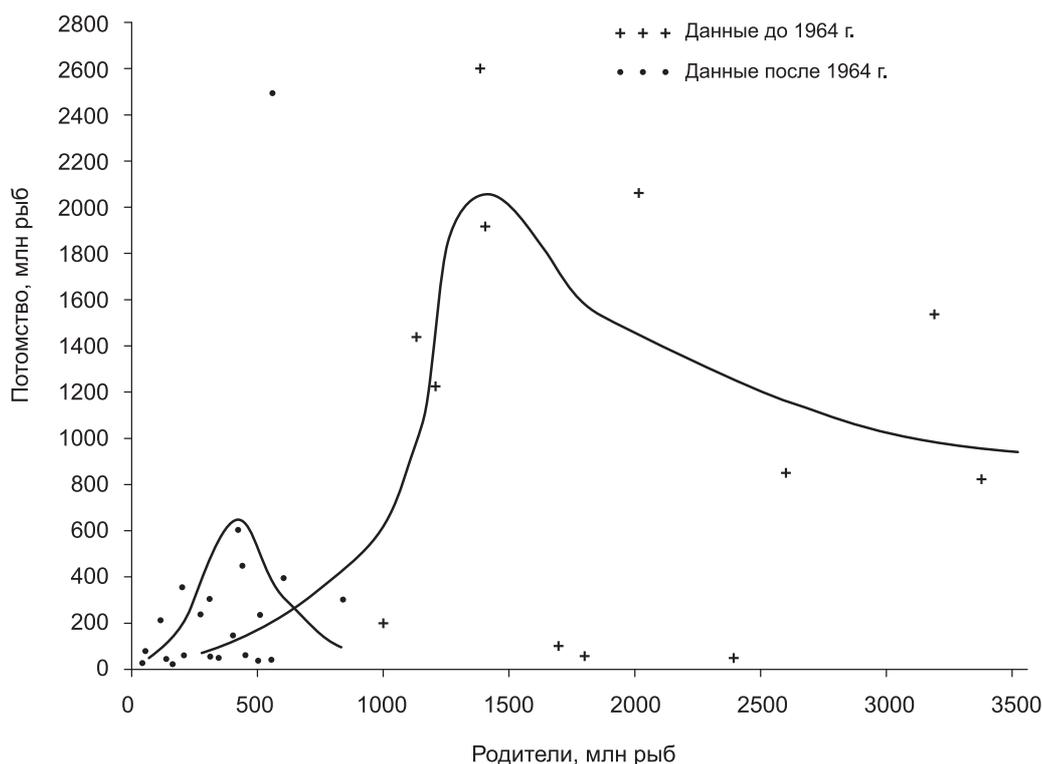
стад тихоокеанской сельди. Это связано с определенным разнообразием в подходах к оценкам ОДУ и далеко не всегда убедительностью их обоснования, а в некоторых случаях и с отсутствием такового.

Следует заметить, что период с середины 1960-х гг. и до настоящего времени был очень не простым для сельдевого промысла. Именно в 1960-е гг. началось ухудшение условий воспроизводства как для тихоокеанской, так и для атлантической сельди, обусловившее снижение их численности и спад промысла [Федоров, 1966], что, в свою очередь, повлияло на подходы к оценке возможных уловов. Определенную отрицательную роль в снижении запасов тихоокеанской сельди играл также промысел. Пример такого воздействия приводится ниже. Вообще нередко при снижении запасов того или иного вида рыб ставится вопрос об ответственности за эту ситуацию нерационального управления промыслом. Применяемый в настоящее время особенно широко в бассейне Атлантического океана так называемый предосторожный подход имеет в основе предположение об определяющем влиянии промысла и не учитывает степень воздействия на запасы факторов среды, хотя в действительности зачастую именно они и оказываются определяющими.

Логично поставить вопрос: почему именно высокий уровень запасов считается нормой? Возможно, в реальных условиях это совсем не так, и будь у нас возможность проследить за численностью вида или популяции в течение сотен лет, мы обнаружили бы относительно редкие и кратковременные подъемы численности. Примером изменения отношения к подъемам и спадам численности может служить сардина иваси, для которой характерны, как стало ясно теперь, периодические подъемы и спады численности [Кляшторин, 1996; Кляшторин, Сидоренков, 1996], обусловленные изменениями климатических факторов. А когда-то резкое снижение численности иваси воспринималось как некая аномалия.

Большинство методов оценки возможного изъятия части запаса тихоокеанской сельди (и не только сельди) основано на признании наличия связи между численностью родительского стада и потомства (при полном отсутствии такой связи теряет смысл сама оценка ОДУ), хотя прямой связи обычно не наблюдается. Т.Ф. Качина [1981] построила график связи численности производителей и потомства у корфо-карагинской сельди (рис. 1) для периода высокой численности стада — до 1964 г. и для нескольких лет периода спада — до 1971 г. Как видно по рисунку, говорить о каком-либо даже приближении к прямой связи не приходится. Однако заметно, что урожайные поколения появились только при численности производителей 1–2 млрд особей. Такая численность не является гарантией высокой урожайности потомства, а только необходимой предпосылкой для появления урожайного поколения. А дальше судьбу поколения решают условия воспроизводства. Поэтому связь родители–потомство у этого стада сельди Т.Ф. Качина описала представленной кривой.

В 60-е гг. прошлого века начался спад численности корфо-карагинской сельди. В итоге соотношение родители–потомство для 1964–1971 гг., если и может быть описано представленной кривой, то с большой натяжкой. Мы дополнили материалы Т.Ф. Качиной данными до 1993 г. (см. рис. 1). Полученное распределение точек, характеризующее более низкую численность нерестового стада и потомства, чем до 1964 г., может быть описано кривой того же типа, что и кривая Т.Ф. Качиной. Эта кривая имеет отчетливо выраженные восходящую и нисходящую ветви. Вершина ее соответствует оптимуму численности родительского стада в новых условиях, составляющему 350–500 млн особей. Кривая Т.Ф. Качиной и построенная нами позволяют приблизительно определить численность родительского стада, которая может дать относительно многочисленное потомство в благоприятных и неблагоприятных условиях воспроизводства. Наивысшая точка, характеризующая поколение численностью более 3 млрд особей, появившееся при величине родительского стада более 500 млн особей при улучшении условий воспроизводства, относится к 1993 г. По данным КамчатНИРО, поколение 1993 г. оказалось наиболее многочисленным за последние 40 лет, хотя численность родительского стада была значительно ниже оптимума периода до 1964 г. Представляется, что



**Рис. 1.** Соотношение численности родителей и потомства у корфо-карагинской сельди

этот факт ввиду его исключительности не может служить основанием для того, чтобы считать оптимальной для воспроизводства в благоприятных условиях (аналогичных периоду до 1964 г.) численность производителей от 500 млн особей. Поэтому ориентиры численности — 1–2 млрд особей для благоприятных условий и 350–500 млн особей для неблагоприятных следует сохранить.

Промысел корфо-карагинской сельди получил развитие в середине 50-х гг. прошлого века. Однако к 1961 г. уловы достигли уровня 200 тыс. т, после чего началось их снижение. В те годы еще не существовало системы прогнозирования, сколько-нибудь близкой к современной. Возможный вылов, а точнее план, определялся в основном по инерционному принципу с учетом, однако, уловов на усилие и биологических параметров стада. При снижении запасов корфо-карагинской сельди возможный улов с 1967 г. и до начала 1990-х гг. определялся как летний прирост биомассы половозрелой части стада. Обоснований такого метода не приводилось. Какая цель ставилась при введении подобной меры, можно лишь предполагать. Если целью было просто снижение промысловой нагрузки, то результат несомненно достигался. Если же целью было накопление нерестового запаса и в итоге повышение воспроизводительной способности стада, то эффективность такого подхода сомнительна. Дело в том, что летний прирост может наблюдаться даже при продолжающемся снижении численности, если только это снижение не будет слишком резким. Н.И. Науменко [2001] приводит кривую весового роста корфо-карагинской сельди с учетом сезонности, на которой четко видны колебания массы особей, особенно у старших возрастов, с максимумом в ноябре и минимумом весной. В соответствии с этим изменяется и биомасса половозрелой части стада. Снимая летний прирост биомассы стада, мы так или иначе сокращаем его численность. Данные о запасах и приростах корфо-карагинской сельди приводятся в табл. 1.

Доля изъятия от промыслового запаса, как видно из таблицы, колебалась от 7,2% в 1983 г. до 16,6% в 1990 г., а в основном была на уровне 12–15%. Сейчас трудно сказать, как изменялся бы запас при другой системе оценки ОДУ. Однако вполне возможно, что при более раннем полном запрете промышленного лова

Таблица 1

**Промысловый запас и летние приросты биомассы корфо-карагинской сельди**

Год	Запас, млн шт.	Запас, тыс. т	Прирост (ОДУ), тыс. т, % запаса	Год	Запас, млн шт.	Запас, тыс. т	Прирост (ОДУ), тыс. т, % запаса
1983	749,0	218,0	15,8/7,2	1988	215,8	79,3	10,2/12,9
1984	625,4	195,2	18,3/9,4	1989	154,0	69,0	13,0*/18,8
1985	558,3	183,6	20/10,9	1990	268,9	96,4	16,0/16,6
1986	472,2	159,9	20/12,5	1991	197,6	72,6	11,0/15,1
1987	342,3	120,1	16,4/1,6	1992	148,9	54,3	8,5/15,6

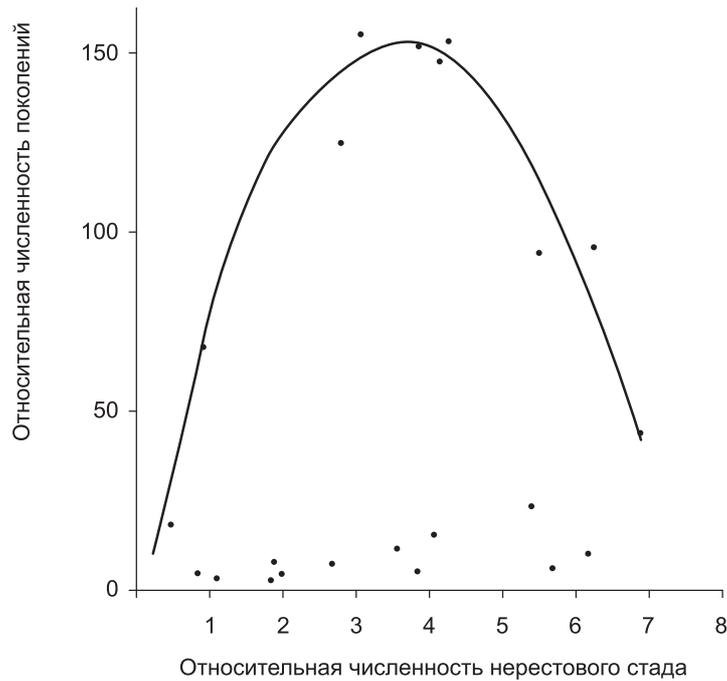
\* С учетом большой доли пополнения, которое определило увеличение запаса в 1990 г., ОДУ 1989 г. был сокращен до 7,7 тыс.т.

(он был введен только в 1993 г.) не было бы столь значительного снижения запаса, как в 1987, 1989 и 1992 гг., и при улучшении условий воспроизводства подъем численности стада произошел бы раньше. Представляется, что наблюдаемое у корфо-карагинской сельди устойчивое снижение запасов при ежегодном изъятии летнего прироста биомассы стада, особенно в 1983–1987 гг., подтверждает наше представление об ошибочности данного подхода.

В середине 1990-х гг. КамчатНИРО при подготовке прогнозов изменил метод расчета ОДУ. Для расчета стала использоваться так называемая формула ВНИРО для шадящего режима промысла, которая применялась ранее магаданскими специалистами при расчетах ОДУ гижигинско-камчатской сельди:  $У = 0,38 МВ$ , где  $У$  – годовой улов,  $М$  – коэффициент мгновенной естественной смертности, равный 0,297, а  $В$  – биомасса на начало года. Наши попытки найти автора этой формулы, с тем чтобы установить обоснованность коэффициента 0,38 успехом не увенчались. Н.И.Науменко [2000] в качестве источника называет работу В.К.Бабаяна [1982], в которой, однако, этой формулы или чего-то близкого к ней нет. По сути дела, используя эту формулу, предусматривается изъятие на уровне около 40% естественной смертности или порядка 11–12% от запаса. Эта величина не кажется достаточно обоснованной.

В 1990-е гг. условия воспроизводства корфо-карагинской сельди (и некоторых других популяций) значительно улучшились, появились поколения средней численности 1987–1990 гг. и урожайные поколения 1993 и 1997 г. (так что запрет промышленного лова по сути дела опоздал). В этих условиях при оценке ОДУ в КамчатНИРО стали использовать метод Е.М. Малкина [1995, 1999], основанный на концепции репродуктивной разнокачественности популяций и широко применяемый в последние годы. Мы полагаем, что применение этого метода должно иметь определенные ограничения, которые пока не сформулированы. Дело в том, что при этом методе используется средний возраст массового созревания, а на практике сроки созревания варьируются в зависимости от разных причин. Кроме того, вряд ли правильно подходить с одной меркой к относительно стабильному запасу, растущему или резко снижающемуся. Тем не менее следует отметить серьезную биологическую обоснованность этого метода, определяющую правомочность его применения.

Обратимся к охотской сельди. Б.В. Тюрнин и Е.Я. Елкин [1977] установили связь численности родительского стада и потомства у охотской сельди (рис. 2). При благоприятных условиях воспроизводства, которые были до начала спада численности этого стада, эта связь имела параболический характер. Построенная авторами кривая и распределение точек в значительной мере сходны с построениями Т.Ф. Качиной по корфо-карагинской сельди. Связь носит вероятностный характер. При этом выделяется оптимальная численность, при которой в благоприятных условиях появляются урожайные поколения. Как определили авторы, численность производителей должна быть не меньше 4–6 млрд особей, биомасса –



**Рис. 2.** Связь численности родительского стада и потомства у охотской сельди (в условных единицах)

**Биомасса нерестового стада и численность поколений охотской сельди в возрасте трех лет (количество поколений соответствующей численности)**

Биомасса нерестового стада, тыс. т	Численность поколения, млрд экз.					
	0,5	0,5–1,0	1,0–2,0	2,0–5,0	5,0–8,0	8,0
830	2	4	2	4	1	6
700–830			1	1	2	
600–700	1	1		1		
500–600	1	2	1			
400–500			1	1		
400	1	3	1			

Таблица 2 830 тыс. т. Установление оптимальной величины родительского стада легло в основу оценки ОДУ. В течение длительного времени ОДУ определяли, вычитая из ожидаемой величины запаса 830 тыс. т. В подтверждение правомочности такого подхода специалисты магаданского института в конце 1980-х гг. провели анализ зависимости урожайности поколений охотской сельди от численности родительского стада (табл. 2).

Как видно из таблицы (материалы были в свое время любезно предоставлены нам Ю.К. Бенко), из 37 проанализированных поколений, 16,2% относились к урожайным. Численность

более 8 млрд особей в возрасте трех лет наблюдалась в годы с биомассой половозрелой части популяции, превышающей 830 тыс. т. При нерестовой биомассе менее 830 тыс. т из 18 поколений лишь пять (22,2%) относились к средним по численности (2,0–8,0 млрд особей), два из которых имели повышенную численность в возрасте трёх лет — 5,6 млрд (при биомассе нерестового запаса 800 тыс. т) и 7,2 млрд особей (при биомассе 720 тыс. т). С уменьшением биомассы нерестового запаса уменьшалась и доля средних по численности поколений, а при биомассе ниже 400 тыс. т появились пять неурожайных поколений с численностью в трехгодовалом возрасте в среднем 0,9 млрд особей.

Позднее для более объективной оценки необходимых объемов половозрелой части стада охотской сельди с различными уровнями воспроизводительного потенциала воспользовались методом В.П. Серебрякова определения трех уровней популяционной плодовитости [Серебряков и др., 1984]. Наиболее важным можно считать определение критического уровня популяционной плодовитости (КРИПП), обеспечивающего появление многочисленных поколений лишь в ис-

ключительно благоприятных для воспроизводства условиях. И прогнозы конца 1980-х гг. рассчитывались так, чтобы популяционная плодовитость не падала ниже критического уровня, а если это случалось, то на минимальный срок. Пример такого расчета приводится в материалах Ю.К. Бенко из Охотской лаборатории МоТИНРО (сейчас МагаданНИРО). Расчеты показали, что при вылове в 1988 г. 200 тыс. т охотской сельди нерестовый запас в 1989 г. составит 2,11 млрд особей или 441,6 тыс. т; при вылове 150 тыс. т — соответственно 2,26 млрд особей или 473 тыс. т, при вылове 100 тыс. т. — соответственно 2,42 млрд особей или 506,0 тыс. т; и при вылове 50 тыс. т. нерестовый запас составит 2,57 млрд особей или 538 тыс. т. Таким образом, вылов 100 и 50 тыс. т обеспечивает нерестовое стадо популяционной плодовитостью выше критического уровня.

Следует отметить, что параллельно с этими расчетами специалистами МоТИНРО и Охотской лаборатории осуществлялся мониторинг выживаемости сельди, поскольку еще Б.В. Тюрнин и Е.Я. Елкин [1977] отмечали, что оставляемая для воспроизводства часть популяции не должна быть постоянной, так как для охотской сельди свойственны крупномасштабные колебания численности. Этот минимум должен меняться в зависимости от многолетних изменений численности, смертности, возрастной структуры стада, плодовитости и т.д. В годы, когда выживаемость имеет тенденцию к повышению, гарантийный минимум может снижаться, а при снижении выживаемости его следует увеличивать. Следует заметить, что такие корректировки неизбежно будут иметь экспертный характер, поскольку рассчитать с достаточной точностью насколько можно снизить или соответственно увеличить гарантийный минимум вряд ли возможно.

В 1989–1991 гг. промысловый запас охотской сельди составлял соответственно 4181,0 млн особей (884,4 тыс. т), 3484,9 млн особей (801,5 тыс. т), 2906,3 млн особей (639,4 тыс. т). Таким образом, наблюдалось снижение запаса. В связи с этим было предложено вести промысел в щадящем режиме, изымая 10% от запаса. В 1994 г. промысловый запас сельди, по расчетным данным, составлял около 3500 млн особей, или 907,9 тыс. т. Значительную долю составляли рыбы урожайного поколения 1988 г. На 1994 г. рекомендовалось к вылову 90 тыс. т, или около 10% запаса. К сентябрю 1995 г. биомасса промыслового стада ожидалась порядка 600 тыс. т. Рекомендуемый вылов — 50 тыс. т, или около 8% запаса. В 1996 г., несмотря на снижение запаса, рекомендовалось увеличить изъятие до 20–25%, что составляло около 120 тыс. т. В 1997 г. ожидалось дальнейшее снижение запаса, в связи с чем было рекомендовано сохранить щадящий режим и ограничить вылов летним приростом половозрелых и впервые созревающих особей, что составляло около 115 тыс. т нагульной сельди, или 26% промыслового запаса. Указанная норма изъятия больше, чем может быть рекомендовано даже при устойчивом состоянии запаса по методике Е.М. Малкина [1995] — 23,4%.

Из этого краткого обзора ситуации с охотской сельдью в 1990-е гг. видно, что в сравнимый период использовались малообоснованные подходы к оценке ОДУ: то при достаточно высоком уровне запаса принимались низкие доли изъятия 8–10% запаса, то при снижающемся уровне запаса относительно высокие — 20–26% (26% соответствовали летнему приросту биомассы). Складывается впечатление, что в момент, когда численность нерестового стада упала ниже критического уровня в 500 тыс. т, авторы прогнозов утратили проверенные ориентиры и не сразу смогли найти нужный подход к определению нормы изъятия. Конечно, изъятие 10% запасов не приведет к их подрыву. Однако установление ОДУ имеет целью не только сохранение запасов, но и их рациональное использование. Возможно, что подобное снижение изъятия было чрезмерным и привело к недоиспользованию ресурсов, особенно если значительную их часть составляли сельди старших возрастных групп (поколение 1988 г.), эффективность воспроизводства которых не высока [Тюрнин, Елкин, 1977], а естественная смертность значительна. В таком случае прогнозы ОДУ охотской сельди в эти годы нельзя признать достаточно обоснованными. В настоящее время как для корфо-карагинской, так и для охотской популяций сельди для оценки ОДУ применяют метод Е.М. Малкина.

В отношении гижигинско-камчатской сельди следует сказать, что до конца 1980-х гг. ОДУ определялся экспертно, несмотря на проводившуюся ежегодно оценку запаса. А в начале 1990-х гг. для оценки ОДУ стала применяться приведенная выше формула ВНИРО, согласно которой изъятие составляло 0,38 естественной смертности. Почему применялся столь щадящий режим промысла, сказать трудно. Ведь запасы гижигинско-камчатской сельди с началом депрессии других стад в морях Дальнего Востока использовались очень слабо. Даже при таком щадящем уровне ОДУ запасы постоянно недоосваивались. С 1999 г. стал использоваться метод Е.М. Малкина, что увеличило размеры ОДУ, но мало сказалось на учетном вылове (реальный вылов может быть выше и ближе к величине ОДУ).

С начала XX века и до середины 1930-х гг. крупнейшим стадом среди тихоокеанских сельдей было сахалино-хоккайдское, уловы которого достигали 1 млн т (в среднем 400–500 тыс. т). В конце 1930-х гг. произошло ухудшение условий воспроизводства, повлекшее снижение численности этой сельди, а потом и депрессию стада. Этому способствовал чрезмерно интенсивный промысел. Более 20 лет Япония и СССР облавливали стадо со сниженным уровнем воспроизводства. [Федоров, 1966; Соколовский, Глебова, 1985; Науменко, 2001]. По данным СахНИРО, промысловое изъятие в 1969–1973 гг. составляло (по отношению к запасу) соответственно 51, 34, 45,1, 42,1 и 78%. Такой промысловой нагрузки не выдержало бы никакое стадо тихоокеанской сельди, находившееся даже на подъеме численности. По Е.М. Малкину изъятие при созревании в четыре года не должно превышать 26,6%, а в данном случае достигало 78%. В итоге нерестовый запас сельди у Юго-Западного Сахалина сократился со 100 тыс. т в 1955 г. до 0,03 тыс. т в 1980 г., а площадь нерестилищ уменьшилась, соответственно с 5525 тыс. м<sup>2</sup> до 10,2 тыс. м<sup>2</sup>. Немалое отрицательное влияние на воспроизводство этой сельди, по мнению СахНИРО, оказывало наличие в районе сахалинских нерестилищ высоких концентраций нефтепродуктов (в 1980 г. до 6,7 мг/л при ПДК 0,05 мг/л). В сложившейся ситуации промышленный лов был запрещен. Контрольный лов в 1980 г. был экспертно ограничен 2–3 тыс. т. Как увязывался возможный вылов 2–3 тыс. т с нерестовым запасом в 0,03 тыс. т непонятно.

Осложняло ситуацию то, что промысел велся не только советскими судами, но и японскими, данные о вылове которых имелись далеко не всегда, да и достоверность их не была высокой. Но нас интересует прежде всего методическая сторона оценки возможного улова. В 70–80-е гг. прошлого века оценки запасов носили в основном экспертный характер. Следует заметить, что экспертный подход сочетался с большими усилиями, направляемыми на оценку запаса. Для оценки запаса использовались масштабные тралово-акустические съемки в заливах Анива и Терпения и у юго-западных берегов Сахалина, авианаблюдения и математические методы — Р. Бивертонна и С. Холта и ВПА.

Однако с 1990 г. в основу оценки ОДУ был положен подход П.В.Тюрина [1962, 1972]. Данный подход представляется вполне обоснованным и выдержавшим испытание временем. Очень часто он дает результаты весьма близкие к методу Е.М. Малкина. Расхождения в оценках, полученных этими методами, скорее всего связаны с определениями естественной смертности, которые являются «слабым звеном» в методе П.В. Тюрина. В данном случае в качестве нормы промыслового изъятия принят минимальный показатель естественной смертности — 24% (табл. 3).

Тогда как по Е.М. Малкину при массовом половом созревании в 4 года возможное изъятие составляет 26,6%. При этом отмечалось, что в связи с депрессивным состоянием популяции следовало бы ввести полный запрет промысла. Однако, учитывая то, что Япония не соблюдает меры регулирования промысла, нет смыс-

Таблица 3

**Коэффициенты естественной смертности сахалино-хоккайдской сельди**

Возраст, лет	2	3	4	5	6	7	8
М	0,40	0,27	0,24	0,26	0,30	0,36	0,45

ла вводить его в одностороннем порядке. В итоге норма изъятия принята равной естественной смертности (0,24) в отличие от других стад, обсуждавшихся ранее, где принималась лишь часть естественной смертности. От этой величины на основе многолетнего соотношения советского и японского уловов определялся возможный вылов сельди советским флотом. По-видимому, это логично: зачем вводить щадящий режим, если японская сторона не регламентирует промысел, хотя 70% вылова приходится именно на долю Японии. На 2002–2003 гг. с учетом дальнейшего снижения запаса было решено ввести щадящий режим с изъятием не более 10–15%. Цифры эти, видимо, были предложены экспертно.

При подготовке прогноза на 2004 г. специалисты СахНИРО применили метод предосторожного подхода [Бабаян, 2000]. В основу были положены материалы, характеризующие часть популяции сахалино-хоккайдской сельди, облавливаемой в российских водах. Оценка запаса, проведенная методом ВПА, относилась к части стада, учтенной в российской зоне. Как указывалось ранее, на основе оценки численности части стада, заходившей в российскую зону, и соотношения отечественного и японского вылова прогнозировался запас и ОДУ для всего стада. Затем определялась часть ОДУ, доступная для российского флота. Принимались меры регулирования, учитывавшие наличие нерегулируемого японского промысла. Это было вполне правомочно. В случае прогноза 2004 г. существование популяции как целого уже не учитывалось, поскольку новых сведений о японском вылове не было. Более того, оценка запаса проводилась с использованием недостаточно достоверной статистики вылова. Кроме того, «метод ВПА не характеризует изменения абсолютного запаса, как это принято считать, а лишь повторяет в несколько ином масштабе динамику утилизированного запаса» [Малкин, 1999]. Так что полученные оценки запаса сахалино-хоккайдской сельди заведомо занижены. В этой ситуации оценивать ориентиры и рассчитывать допустимый улов некорректно.

В результате рекомендовалось изъятие в пределах 5% рассчитанного запаса. Такое сокращение отечественного промысла было бы на пользу только японцам, а не сохранению запасов. Это послужило основанием пересмотреть данный прогноз. Как указывает В.К. Бабаян [2000], допущение о равновесном состоянии запаса позволяет рассчитать производственный потенциал запаса, выразив его либо в виде кривой устойчивого улова, либо в виде зависимости пополнения от величины нерестового запаса. Следовало провести ретроспективный анализ (согласно методологии предосторожного подхода это является обязательным), аналогичный тому, что был сделан для корфо-карагинской и охотской сельдей. Таким путем, возможно, были бы установлены биологические ориентиры. Такого анализа по сахалино-хоккайдской сельди, по-видимому, проведено не было, а вместо нерестового запаса авторы использовали величину промыслового запаса. В.К. Бабаян особо подчеркивает трудность и одновременно важность оценок  $V_{lim}$ . Но в прогнозе этот параметр подменяется минимальной биомассой  $V_{loss}$ . Так что и методически предосторожный подход был, по-видимому, применен не вполне правильно.

Для других стад сельди – декастринской, залива Петра Великого и небольших стад лагунной и озерной сельди, численность которых уже давно находится на низком уровне, используется в основном выше обсуждавшийся подход П.В. Тюрина, а также экспертные оценки на уровне 10–12% (около 0,5 величины естественной смертности) промыслового изъятия.

## **Заключение**

Для оценки ОДУ основных стад тихоокеанской сельди использовались методы, основанные на наличии вероятностной связи между численностью родительского стада и потомства [Елкин, Тюрин, 1977; Качина, 1981; Серебряков и др., 1984]. Анализ зависимости появления поколений различной численности при разной численности нерестовой популяции позволяет выявить оптимальные параметры родительского стада, при которых в благоприятных условиях воспроизводства появляются урожайные поколения, а также критический уровень числен-

ности нерестового стада. При падении численности ниже этого уровня даже в самых благоприятных для выживания условиях в массе появляются неурожайные поколения. Установление такой связи позволяет находить величину ОДУ как разницу между оптимальной или в крайнем случае критической численностью родительского стада и прогнозируемой его величиной. Этот метод достаточно успешно применялся для охотской сельди и может считаться оптимальным для оценки ОДУ.

Но нередко численность популяции падала до уровня заметно ниже критического по независимым от промысла причинам. В таких случаях вводился щадящий режим промысла: доля изъятия снижалась до 20–10%. В качестве меры для щадящего режима применялось также изъятие летнего прироста биомассы. Эти приемы нельзя считать биологически обоснованными. Изъятие летнего прироста в принципе может иметь и отрицательные последствия для состояния стада.

При наличии уже установленных параметров родительского стада, прежде всего его критического уровня, представляется возможным и целесообразным в условиях снижения величины запаса сельди использование методов предосторожного подхода.

При относительно стабильном состоянии запаса наряду с подходом В.П. Серебрякова и др. правомочно применение методов Е.М. Малкина и П.В. Тюрина.

### Литература

- Бабаян В.К.** 1982. Методические рекомендации к расчету рационального промыслового режима.— М.: Изд-во ВНИРО.— 46 с.
- Бабаян В.К.** 2000. Предосторожный подход к оценке общего допустимого улова (ОДУ): Анализ и рекомендации по применению.— М.: Изд-во ВНИРО.— 188 с.
- Качина Т.Ф.** 1981. Сельдь западной части Берингова моря.— М.: Легкая и пищевая промышленность.— 120 с.
- Кляшторин Л.Б.** 1996. Климат и перспективы рыболовства в Тихоокеанском регионе // Рыбное хозяйство. № 4.— С. 37–42.
- Кляшторин Л.Б., Сидоренков Н.С.** 1996. Долгопериодные климатические изменения и флюктуации численности пелагических рыб Пацифики // Известия ТИНРО. Т.119.— С. 33–54.
- Малкин Е.М.** 1995. Принцип регулирования промысла на основе концепции репродуктивной изменчивости популяций // Вопр. ихтиологии. Т.35. № 4.— С. 537–540.
- Малкин Е.М.** 1999. Репродуктивная и численная изменчивость промысловых популяций рыб.— М.: Изд-во ВНИРО.— 106 с.
- Науменко Н.И.** 2001. Биология и промысел морских сельдей Дальнего Востока.— Петропавловск-Камчатский.— 331 с.
- Серебряков В.П., Борисов В.М., Алдонов В.К.** 1984. Популяционная плодовитость и урожайность поколений аркто-норвежской трески // Воспроизводство и пополнение трески. Сб. докладов первого советско-норвежского симпозиума.— М.: ВНИРО.— С. 240–260.
- Соколовский А.С., Глебова С.Ю.** 1985. Долгопериодные флюктуации численности сахалино-хокайдской сельди // Сельдевые северной части Тихого океана.— Владивосток.— ТИНРО.— С. 3–12.
- Тюрин П.В.** 1962. Фактор естественной смертности у рыб при регулировании рыболовства // Вопр. ихтиологии. Т. 4. Вып. 3.— С. 403–427
- Тюрин П.В.** 1972. Нормальные кривые переживания и темпов естественной смертности рыб как теоретическая основа регулирования рыболовства // Изв. ГосНИОРХ. Т. 71.— С. 71–128.
- Тюрин Б.В., Елкин Е.Я.** 1977. Некоторые биологические основы регулирования промысла охотской сельди // Рыбное хозяйство. № 4.— С.14–17.
- Федоров С.С.** 1966. Биология и промысел морской сельди.— М.: Пищевая промышленность.— 140 с.

## Сравнительный подход к изучению изменчивости экосистем Северной Атлантики и Северной Пацифики (с использованием климатических данных)

*А.С. Кровнин, М.А. Богданов, Г.П. Мурый,  
Ю.Н. Тананаева (ВНИРО)*

### Введение

В последние десятилетия значительно возрос интерес к изучению влияния изменений климата на состояние морских экосистем и рыбопродуктивность. Это влияние наиболее ярко выражено на декадном и междекадном временных масштабах. При этом колебания запасов различных промысловых объектов не распределены в пространстве хаотично, а часто происходят синхронно в удаленных друг от друга районах океана [Cushing, 1978; Garrod and Colebrook, 1978; Klyash-torin, 2001; 1988; Lluch-Belda et al., 1989], т.е. характеризуются крупномасштабностью.

Проблема крупномасштабности (системности) изменений, наблюдаемых в природе, пожалуй, впервые в мире была поставлена более сорока лет назад российским океанологом Г. К. Ижевским с выходом в свет его монографии «Системная основа прогнозирования океанологических условий и воспроизводства промысловых рыб» [1964]. Изучая процессы живой и неживой природы, он пришел к выводу о возможности существования в Северном полушарии природных систем, физические и биологические процессы в которых имеют общую для каждой конкретной системы направленность. В частности, опираясь на довольно разрозненные данные, Г.К. Ижевский выделил в Северной Атлантике две системы: Атлантическую и Гренландско-Североамериканскую, характеризующиеся противоположным ходом в развитии природных процессов (рис. 1).

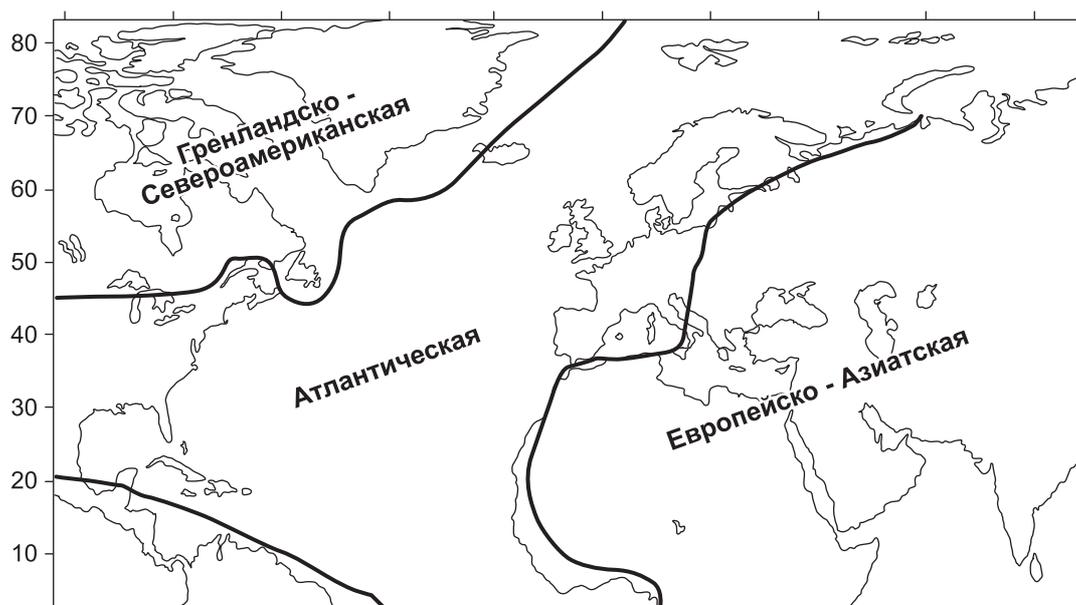


Рис. 1. Природные системы в Северной Атлантике, по Г.К. Ижевскому [1964]

Разработанный Г.К. Ижевским системный подход послужил основанием использования для прогностических разработок не только причинно-следственных, но и структурных связей между элементами некоторой сложной системы, проявляющимися лишь в процессе ее функционирования как единого целого. Гипотеза о существовании природных систем оказалась чрезвычайно плодотворной и в том плане, что позволила использовать эмпирические связи не только в пределах одной системы, но и так называемые дальние связи между процессами в соседних и более удаленных системах. Во второй половине 1960-х гг. и в 1970-е гг. идеи Г.К. Ижевского успешно использовались специалистами ВНИРО для долгосрочных прогнозов океанологических условий в различных районах Северной Атлантики [Богданов и др., 1968, 1969, 1972–1978].

В предлагаемой работе на основе сформированных обширных массивов многолетних данных, в том числе по биологическим характеристикам, с использованием современных методов многомерного статистического анализа проведено исследование пространственно-временной структуры климатических колебаний в северных частях Атлантического и Тихого океанов (с целью уточнения физических границ природных систем). Сделана также попытка выявить статистически значимые связи между колебаниями глобальных и региональных климатических параметров и изменениями различных биолого-промысловых характеристик в Северной Атлантике и Северной Пацифике. Приведенные ниже результаты имеют важное значение как для выявления климатических основ биопродуктивности вод исследуемых океанов, так и для разработки долгосрочных рыбопромысловых прогнозов.

### **Материалы и методы**

В качестве исходных данных в работе использованы массивы среднемесячных значений температуры поверхности океана (ТПО) в северных частях Атлантического ( $20\text{--}65^\circ$  с.ш.,  $95^\circ$  з.д. –  $5^\circ$  в.д.) и Тихого ( $20\text{--}55^\circ$  с.ш.,  $115^\circ$  в.д. –  $130^\circ$  з.д.) океанов, приземного атмосферного давления, геопотенциальных высот на изобарических поверхностях 700 гПа в Северном полушарии за период с 1957 по 2002 г. Данные по ТПО, представленные в узлах регулярной пятиградусной сетки (всего 120 узлов для Северной Атлантики и 175 узлов для северной части Тихого океана), получены из архива Росгидромета. Для каждого узла пятиградусной сетки были рассчитаны среднезимние (январь–апрель) аномалии ТПО как отклонения от среднего значения за период 1961–1990 гг.

Массивы среднемесячных значений атмосферных характеристик, представляющие собой результаты объективного анализа данных наблюдений [Kalnay et al., 1996], взяты с веб-сайта Центра диагностики климата (г. Боулдер, Колорадо, США, <http://www.cdc.noaa.gov>). Кроме того, в настоящем исследовании использованы временные ряды индексов атмосферных дальних связей (Северо-Атлантического Колебания, Южного Колебания, Арктического Колебания, региональных дальних связей).

Для анализа многолетних колебаний запасов ключевых объектов промысла в работе использованы биологические данные по 28 промысловым популяциям Северной Атлантики (трески, пикши, сайды, сельди, морского языка, путассу, палтуса) и 11 популяциям северо-западной части Тихого океана (минтая, горбуши, кеты, нерки). Данные по североатлантическим стадам имеются на веб-сайте ИКЕС (<http://www.ices.dk>). Уловы лососевых до 1986 г. приведены в статистическом сборнике «Уловы тихоокеанских лососей 1900–1986» [1989], подготовленном ВНИРО. После 1986 г. данные по уловам были взяты в лаборатории биоресурсов дальневосточных морей ВНИРО. Для всех популяций (исключая лососевых) были рассчитаны коэффициенты выживаемости пополнения как натуральный логарифм отношения численности пополнения, приведенного к году нереста, к соответствующей этому году биомассе нерестового запаса. Для лососевых использованы данные по уловам.

Для выделения в северных частях Атлантического и Тихого океанов крупномасштабных районов с когерентным характером многолетних колебаний анома-

лий ТПО (АТПО) в пределах каждого из них был использован один из методов иерархического кластерного анализа – метод минимальной дисперсии, или метод Дж. Уорда [Ward, 1963]. Алгоритм используемого метода подробно описан в работе А.С. Кровнина [Krovnin, 1995].

Выбранный метод кластерного анализа облегчает выявление особенностей пространственной структуры многолетних колебаний АТПО, представляющей собой хороший индикатор климатических изменений. Для изучения временной структуры климатической изменчивости в северных частях Атлантического и Тихого океанов был использован метод главных компонент. Этот метод широко описан в литературе [Афифи и Эйзен, 1982; Дубров и др., 2000]. Одно из его преимуществ заключается в том, что он позволяет выделить общие составляющие изменчивости у большой группы временных рядов, в том числе разнородных по своей природе (физических, биологических и т.д.).

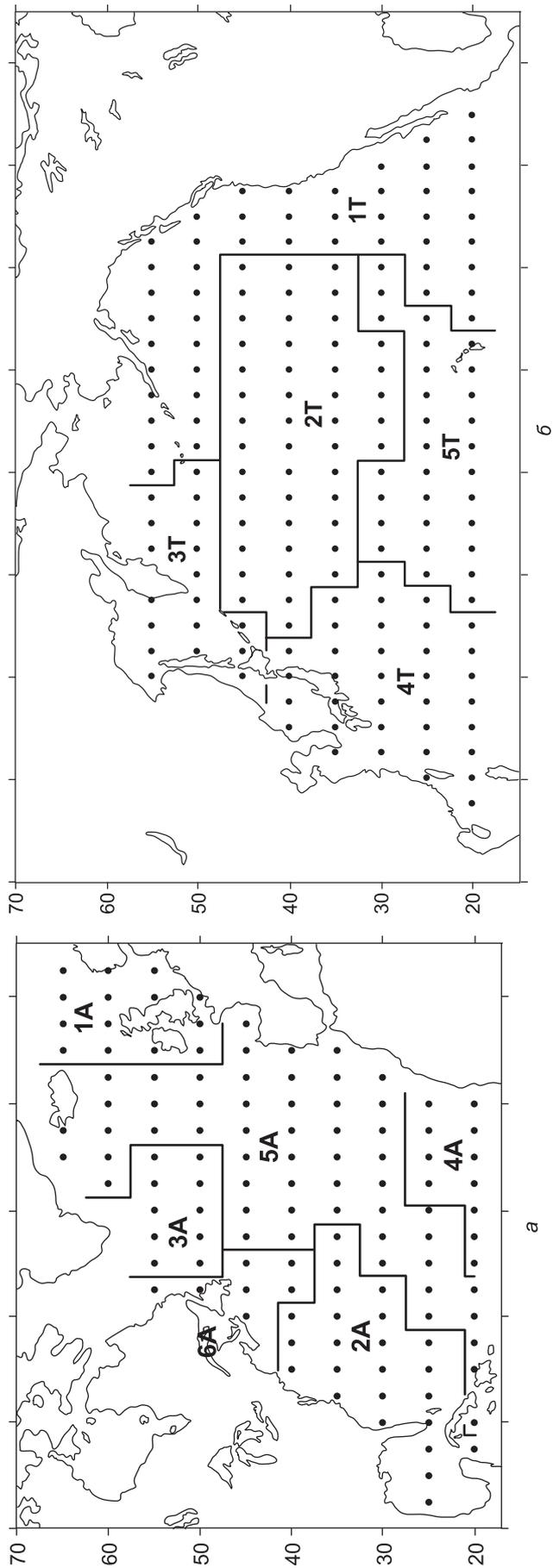
## Результаты и обсуждение

### *Кластерный анализ*

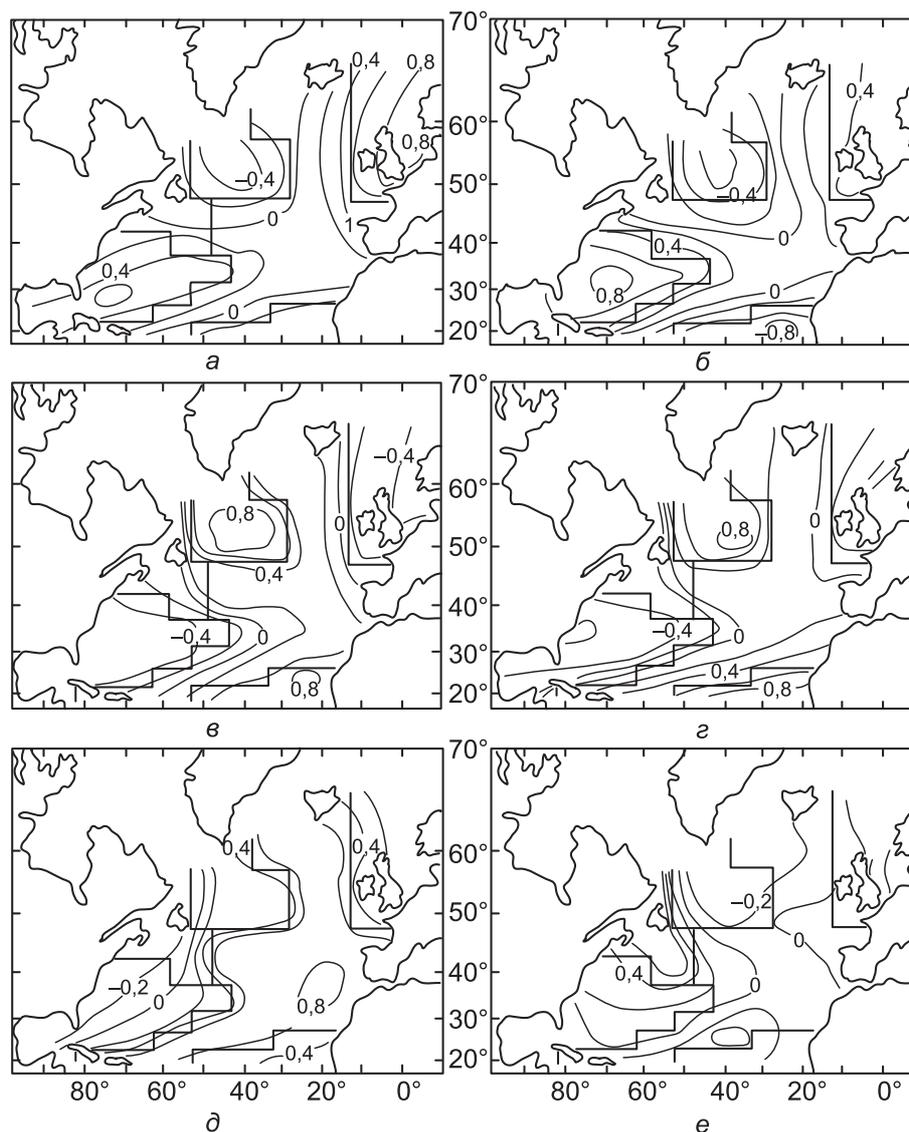
По результатам кластерного анализа в Северной Атлантике выделено шесть крупномасштабных географических районов с когерентными изменениями среднезимних АТПО в пределах каждого из них (рис. 2, *a*). Рис. 3 демонстрирует распределение коэффициентов корреляции между временными рядами аномалий поверхностной температуры воды, осредненными по каждому из выделенных районов, и рядами АТПО в каждом из узлов пятиградусной сетки в Северной Атлантике. Как видно из рисунка, колебания аномалий характеризуются «четырёхполюсной» структурой: их флуктуации на северо-востоке (район 1А) и юго-западе (район 2А) исследуемой акватории противоположны таковым в ее северо-западной (район 3А) и юго-восточной (район 4А) частях.

Выявленная пространственная структура многолетних флуктуаций среднезимних АТПО в значительной мере определяется Северо-Атлантическим Колебанием (САК), представляющим собой меридиональную осцилляцию в поле атмосферного давления с двумя центрами действия, один из которых расположен в районе Исландии, а другой – над субтропической частью Северной Атлантики, простираясь от Азорских островов до Пиренейского полуострова. Коэффициент корреляции между первой ГК временных рядов аномалий ТПО, осредненных по каждому из районов 1А–4А, и временным рядом индекса САК составляет  $-0,73$  ( $p < 0,01$ ). Потепление или похолодание поверхностных вод в районах, формирующих описанную выше «четырёхполюсную» структуру, зависит от фазы САК. При его положительной фазе Исландский минимум углублен, а приземное давление к югу от  $55^\circ$  с.ш. выше нормы. Такая ситуация сопровождается усилением западного переноса в атмосфере над Северной Атлантикой. Аномальные южные ветры вдоль восточной периферии Исландского минимума и западной периферии Азорского максимума атмосферного давления обуславливают потепление поверхностных вод в северо-восточном и юго-западном районах, в то время как аномальные северные ветры формируют отрицательные АТПО на северо-западе и юго-востоке океана. При отрицательной фазе САК знаки всех аномалий противоположны.

В Северной Пацифике на основе кластерного анализа выявлены две независимые пространственные моды многолетних флуктуаций АТПО: колебания аномалий между ее восточной (район 1Т) и центральной частями (район 2Т), а также на северо-западе (район 3Т) и юго-западе (район 4Т) ее акватории происходят в противофазе (рис. 2, *б*; 4). Это объясняется особенностями развития крупномасштабных атмосферных процессов над Северо-Тихоокеанским регионом. Противофазность в флуктуациях аномалий поверхностной температуры воды между районами 1Т и 2Т обусловлена географическим положением центров так называемой Тихоокеанско-Североамериканской дальней связи в средней тропосфере Северного полушария, а инверсная связь между изменениями АТПО в северо-за-



**Рис. 2.** Районы выделенные по результатам кластерного анализа ТПО: *a* — Северной Атлантики; *б* — Северной Пацифики

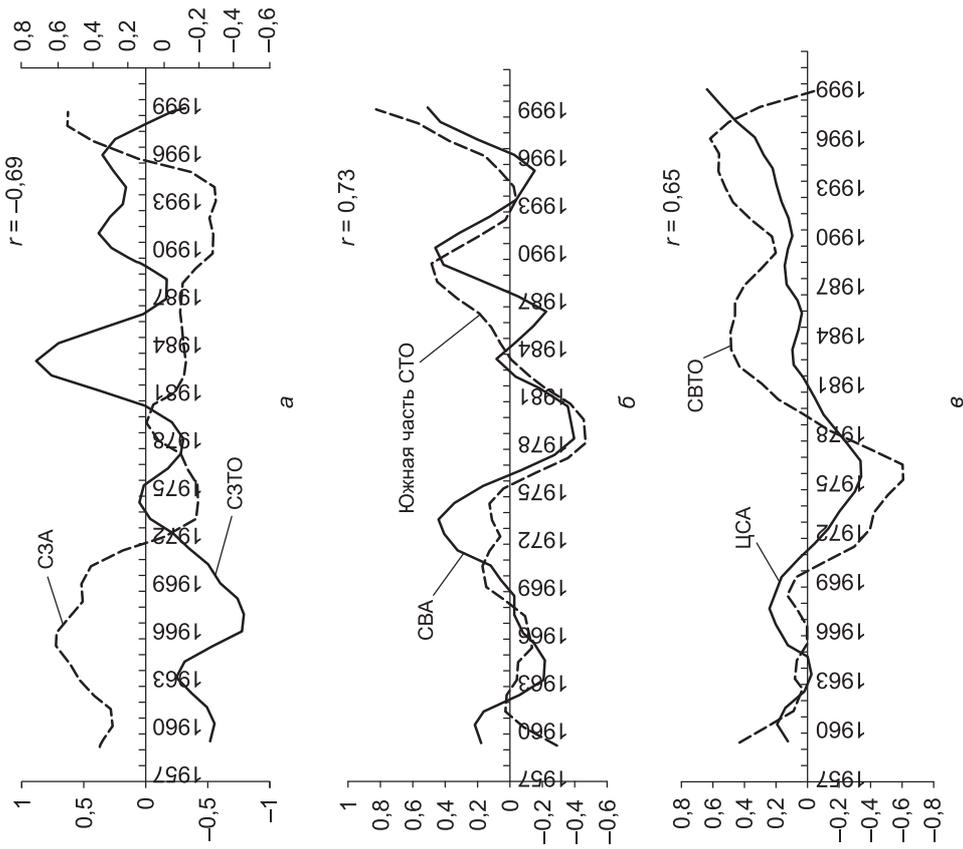


**Рис. 3.** Распределение коэффициентов корреляции между временным рядом АТПО (средним по району *a* – 1А; *b* – 2А; *в* – 3А; *г* – 4А; *д* – 5А; *е* – 6А соответственно) и временными рядами АТПО в узлах пятиградусной сетки в Северной Атлантике

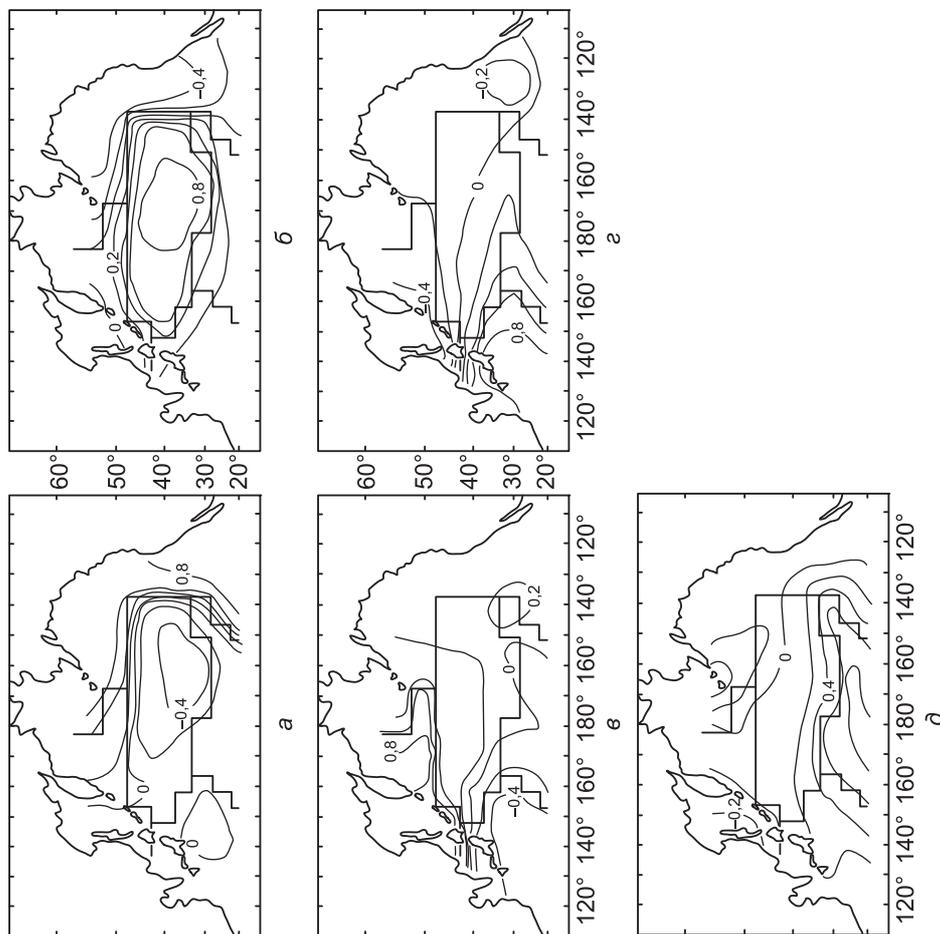
падной и юго-западной частях Северной Пацифики – проявлением Западно-Тихоокеанской дальней связи [Wallace and Gutzler, 1981; Krovvin, 1995].

Следует отметить наличие статистически значимых корреляционных связей в многолетних изменениях АТПО между различными районами северных частей Атлантического и Тихого океанов. Так, вариации аномалий поверхностной температуры воды в северо-западных частях рассматриваемых океанов характеризуются значимым отрицательным коэффициентом корреляции,  $r = -0,69$ ,  $p < 0,05$  (рис. 5). Напротив, колебания АТПО в Северо-Восточной Атлантике и южной части Северной Пацифики, а также в восточном районе Северной Пацифики и центральной части Северной Атлантики синфазны (соответственно  $r = 0,73$  и  $0,65$ ;  $p < 0,05$ ). Все указанные связи обусловлены особенностями проявления различных ветвей дальних связей в атмосфере Северного полушария.

Результаты кластерного анализа в целом подтверждают гипотезу Г.К. Ижевского с физической точки зрения, хотя выявленная пространственная структура климатических колебаний, в частности, в Северной Атлантике, оказалась сложнее, чем предполагал Г.К. Ижевский (1964).



**Рис. 5.** Межгодовая изменчивость ТПО в различных районах Северной Атлантики и Северной Пацифики

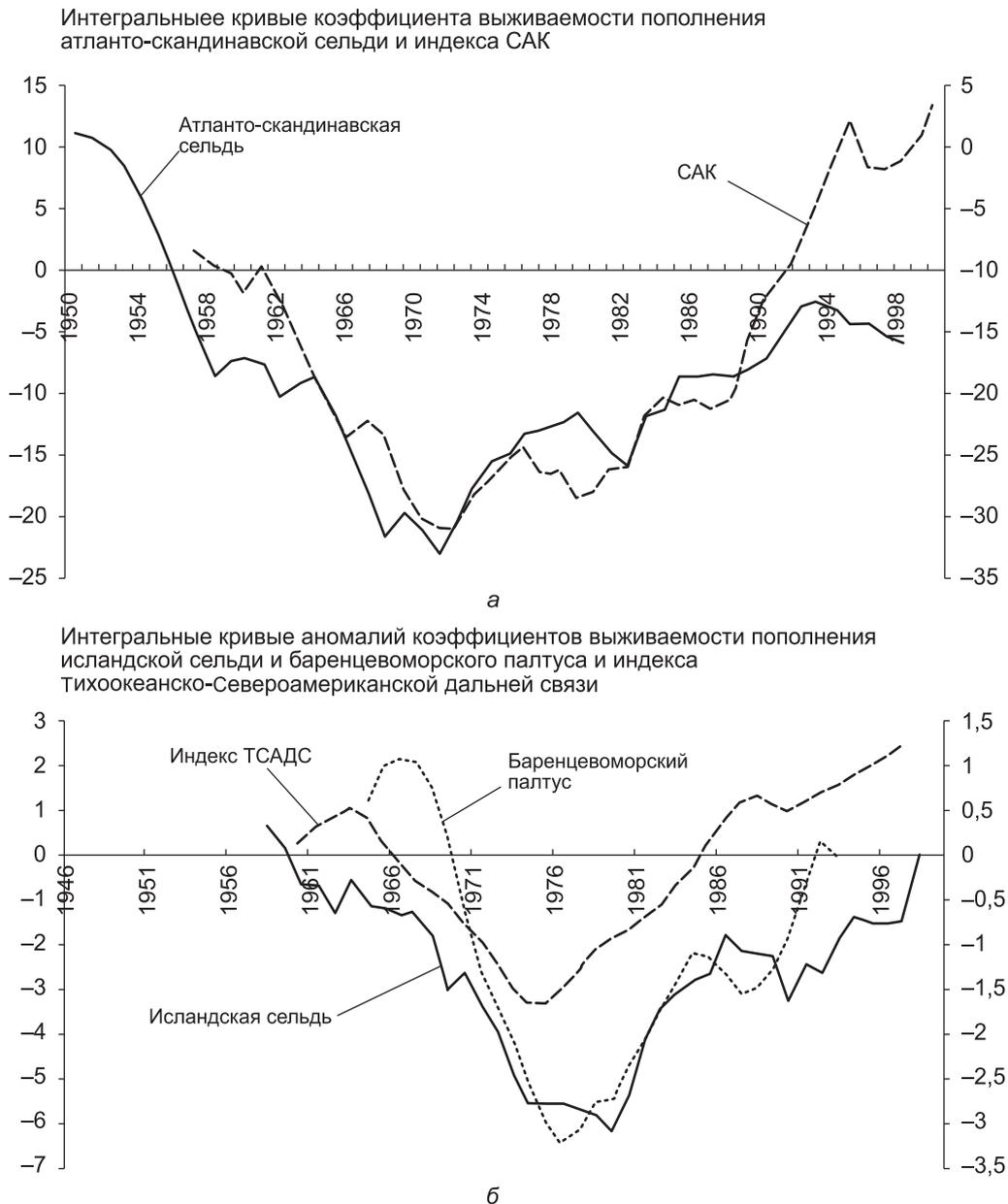


**Рис. 4.** Распределение коэффициентов корреляции между временным рядом АТПО (средним по району *a* - 1Г; *б* - 2Г; *в* - 3Г; *г* - 4Г; *д* - 5Г соответственно) и временными рядами АТПО в узлах пятиградусной сетки в Северной Пацифике

### *Связь между крупномасштабными флуктуациями запасов основных промысловых рыб и климатическими колебаниями*

На рис. 6 приведены примеры интегральных кривых аномалий коэффициентов выживаемости (аномалий уловов в случае лососевых) и различных климатических параметров. Интегральные кривые позволяют выявлять периоды с различными качественными уровнями колебаний тех или иных физических и биологических характеристик. Из рисунка видно, что существует хорошо выраженная синхронность в изменении состояния различных промысловых популяций и климатических индексов как в пределах одного океана, так и между океанами. Такая синхронность хорошо объясняется с точки зрения выявленной пространственной структуры климатических колебаний, подтверждающая гипотезу Г.К. Ижевского о существовании природных систем в океане.

Для более детального изучения временной структуры многолетних флуктуаций в системе «атмосфера–гидросфера–биосфера» к 75 временным рядам, харак-



**Рис. 6.** Примеры интегральных кривых климатических и биолого-промысловых характеристик различных стад Северной Атлантики и Северной Пацифики

теризующим изменчивость ключевых промысловых ресурсов Северной Атлантики и Северной Пацифики и различных климатических параметров, был применен метод главных компонент (ГК). Как отмечалось выше, этот метод позволяет выделить общие моды временной изменчивости для большого числа разнородных по своей природе временных рядов. Это особенно важно при изучении крупномасштабных флуктуаций.

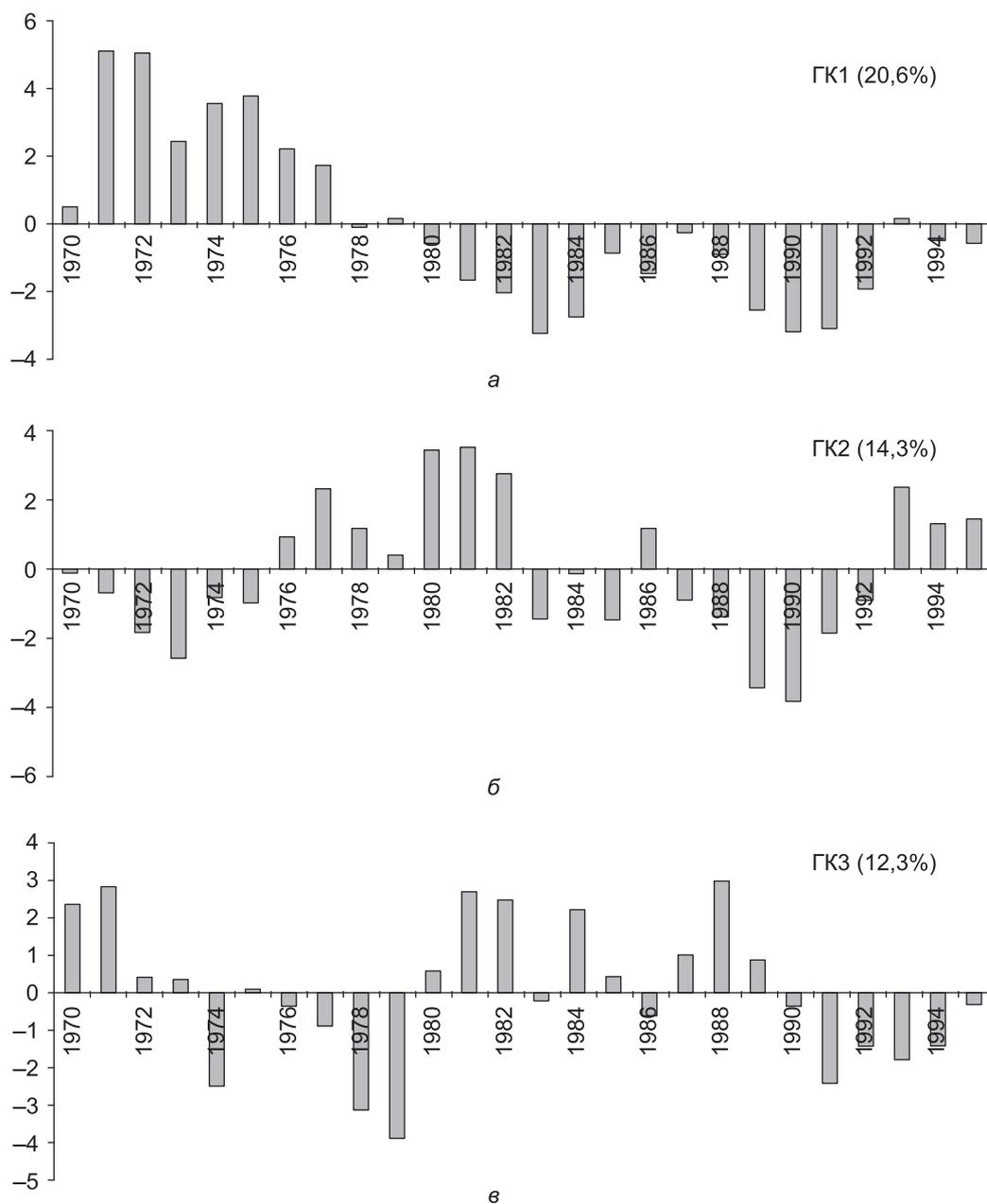
Первые три ГК определяют соответственно 20,3%, 13,9% и 8,1% общей дисперсии. Коэффициенты корреляции определены для каждого из 75 рядов.

Первая ГК связана с САК ( $r = -0,74$ ,  $p < 0,01$ ), которое представляет собой основной элемент климатической системы Северо-Атлантического региона [Hurrell, 1995; Marshall et al., 1997]. Высокие коэффициенты корреляции ( $|r| > 0,40$ ) получены для 36 биологических и физических временных рядов. ГК1 описывает многолетние колебания индексов выживания многих североатлантических стад (пикши, сайды, палтуса, исландской сельди), а также запасов промысловых объектов, определяющих промысел в дальневосточных морях России (западно- и восточнокамчатских популяций нерки, горбуши, минтая). Колебания в большинстве случаев происходят в одной фазе с САК. Следует отметить также, что знаки коэффициентов корреляции указывают на возможную противофазность в изменениях состояния камчатских стад лососевых (горбуши и нерки) и минтая. Во временном ходе ГК1 выделяются три режима с различным уровнем ее колебаний (рис. 7, а). В период с 1970 по 1979 г. ее значения были положительными. Последующие годы (1980–1988) можно охарактеризовать как переходные, когда флуктуации первой ГК происходили около ее нулевого значения (за исключением 1983 г. — года необычайно сильного явления Эль-Ниньо). С 1989 г. установился период с отрицательными величинами ГК1.

Вторая ГК также обнаруживает три режима с различным уровнем колебаний. Периоды с 1971 по 1976 г. и с 1989 по 1995 г. характеризовались преобладанием положительных значений, в то время как в 1977–1988 гг. величины ГК2 были отрицательны (см. рис. 7, б). Эта компонента обусловлена декадной изменчивостью ТПО в северной части Тихого океана ( $r = -0,80$ ,  $p < 0,01$ ) [Mantua et al., 1997]. Высокие коэффициенты корреляции с ГК2 получены для некоторых стад сельди и сайды Северо-Восточной Атлантики, а также восточнокамчатской кеты.

В изменениях третьей ГК выделяются четыре периода (см. рис. 7, в). В 1970–1975 и 1983–1990 гг. наблюдались преимущественно положительные значения, а в 1976–1982 и 1991–1995 гг. — отрицательные. ГК3 не обнаруживает явной связи с рассматриваемыми в работе климатическими характеристиками, но хорошо описывает инверсную связь между изменениями индексов выживания поколений трески и пикши в Северо-Западной Атлантике, с одной стороны, и аркто-норвежской трески — с другой.

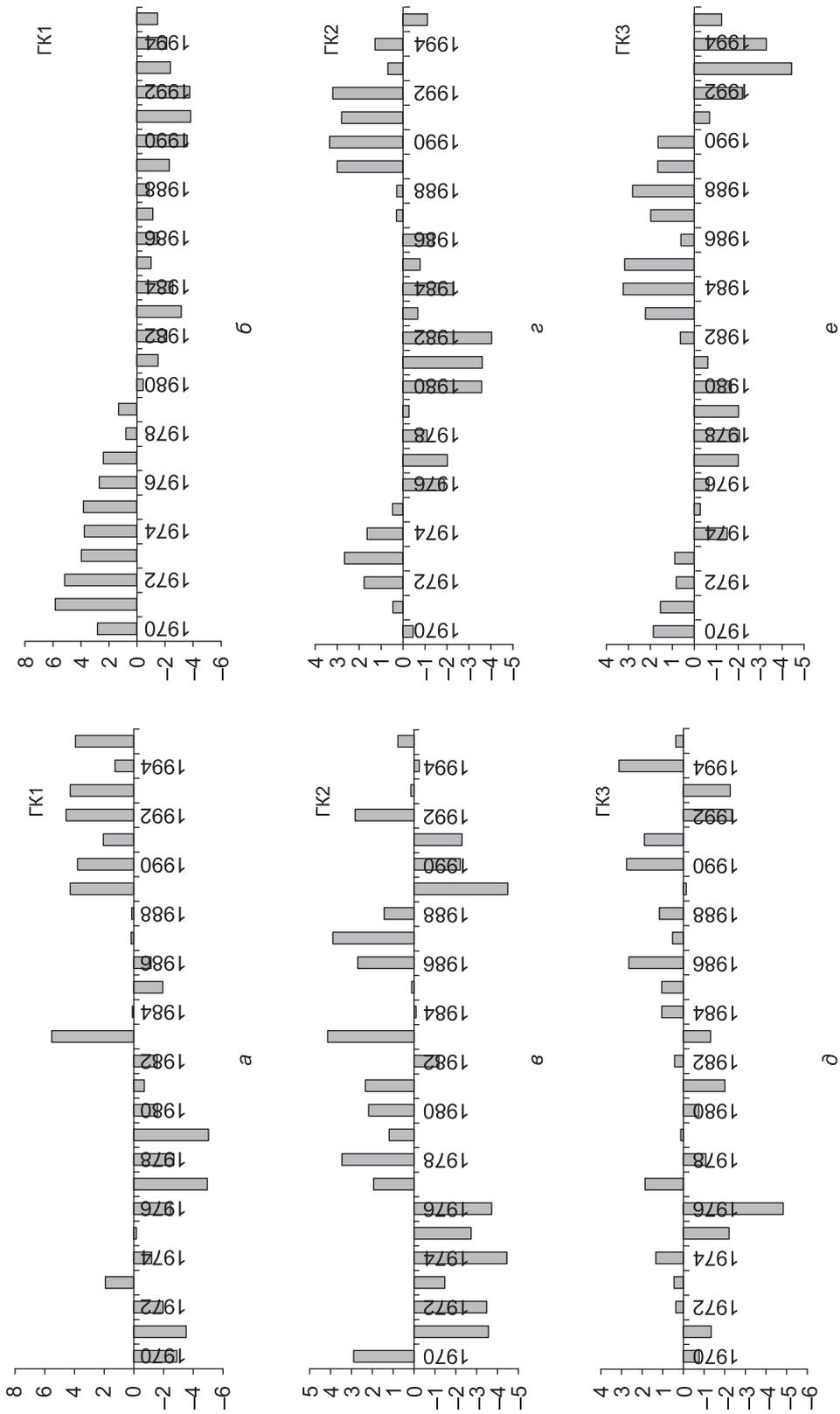
Мы также применили метод главных компонент отдельно к физическим и биологическим характеристикам (соответственно к 36 и 39 временным рядам) с целью выявления различий между результатами отдельного анализа и приведенным выше анализом полного набора данных (75 рядов). Результаты отдельного анализа приведены на рис. 8, а; в; д. Первая ГК климатических индексов (23,6% общей дисперсии), связанная с САК ( $r = 0,88$ ), обнаруживает явные черты сходства с ГК1 комбинированного набора данных, с довольно резкими переходами от одного уровня колебаний к другому в 1980 и 1989 гг. Изменения второй ГК (19,3%), обусловленной, как и в случае комбинированного анализа данных, декадными колебаниями ТПО в северной части Тихого океана ( $r = 0,87$ ), в целом также хорошо согласуются с ГК2, полученной при анализе всех 75 временных рядов. Однако следует отметить возрастание роли межгодовой изменчивости в вариациях этой компоненты. Режим, установившийся в 1989 г., был довольно коротким по своей продолжительности, и в 1992 г. произошла смена знака ГК2. В изменениях третьей ГК климатических рядов (8,9%), определяемой восточноатлантической ветвью дальних связей в средней тропосфере [Wallace and Gutzler, 1981] ( $r = -0,79$ ), межгодовая изменчивость становится еще более ярко выраженной.



**Рис. 7.** Первые три главные компоненты 75 физических и биологических временных рядов Северного полушария

С каждой из первых трех главных компонент биологических данных связана примерно та же самая группа популяций, которая была выявлена для этой компоненты в ходе совместного анализа. Однако ГК1 (21,9% общей дисперсии) довольно сильно отличается от первой главной компоненты комбинированного набора данных (рис. 8, б). Она обнаруживает наличие только двух режимов с переходом от первого ко второму в 1980 г. В изменениях второй ГК (11,6%) прослеживаются три режима со сменой знака ее значений в 1976 и 1987 гг., т.е. на 1–2 года раньше по сравнению с ГК2 климатических рядов и полным набором данным (рис. 8, в). Эта особенность характерна и для ГК3 биологических временных рядов, в колебаниях которой выделяются четыре режима с довольно резкими переходами от одного к другому в 1974, 1982 и 1991 гг. (рис. 8, в)

Раздельный анализ рассматриваемых временных рядов методом главных компонент позволил выявить довольно существенные различия в характере крупно-



**Рис. 8.** Первые три главные компоненты 36 физических (слева) и 39 биологических (справа) временных рядов Северного полушария

масштабных изменений климатических и биологических параметров. Первые три ГК биологических рядов обнаруживают ярко выраженную устойчивость знака компоненты от года к году, которая нарушается только во время смены режимов, в то время как физические ряды обнаруживают значительную межгодовую изменчивость внутри каждого климатического режима. Следовательно, можно предположить, что морские экосистемы как бы сглаживают межгодовые колебаний атмосферных и океанографических характеристик фильтром низких частот. Аналогичный вывод был сделан С. Хейром и Н. Мантуя [Hare and Mantua, 2000] для северо-восточной части Тихого океана.

Анализ первых трех главных компонент, полученных как для полного набора данных, так и по результатам отдельного анализа, позволяет сделать вывод о наличии четко выраженной декадной составляющей в многолетних колебаниях как климатических, так и биолого-промысловых характеристик. При этом с каждой компонентой связана группа промысловых объектов, декадные изменения в состоянии запасов которых происходят согласованно и, по-видимому, определяются общей физической причиной. Однако при рассмотрении межгодовых флуктуаций биологических параметров популяций с учетом формирования мощности годового класса и условий выживания поколений в конкретные годы ситуация не столь однозначна. Мы провели анализ связей между коэффициентами выживания трех видов рыб Северо-Восточной Атлантики (аркто-норвежской трески и пикши, норвежской весенне-нерестующей сельди), ранжированных на три группы по годам с благоприятными, средними и неблагоприятными условиями выживания, и климатическими индексами. В данном случае коэффициенты выживания были рассчитаны как натуральные логарифмы величины пополнения в возрасте трех лет к общей популяционной плодовитости [Bondarenko et al., 2003]. Данные по пополнению были приведены к году нереста.

Анализ показывает, что в большинстве случаев корреляция между глобальными и региональными климатическими характеристиками и ранжированными коэффициентами выживания слабая. Это особенно характерно для средних условий выживания. Для предельных случаев благоприятных или неблагоприятных условий выживания иногда можно выделить крупномасштабный фактор, который, возможно, оказывает влияние на формирование мощности годового класса. Однако даже при такой ситуации знак корреляции может быть противоположен таковому в декадном масштабе времени. Так, благоприятные условия выживания аркто-норвежской трески наблюдаются в основном во время отрицательной фазы САК ( $r = -0,80$ ,  $p < 0,05$ ), хотя в декадном масштабе времени корреляционная связь с индексом САК положительна. Тем не менее статистически значимая связь между коэффициентом выживания трески и индексом САК для лет с неблагоприятными условиями выживания отсутствует. В то же время получены тесные корреляции между коэффициентами выживания в годы с благоприятными (неблагоприятными) условиями и низкими (высокими) индексами Восточноатлантической дальней связи в средней тропосфере, которая в некоторой степени отражает колебания индекса САК [Barnston and Livezey, 1987] —  $r = -0,74$  и  $0,65$  соответственно;  $p < 0,05$ . Для норвежской весенне-нерестующей сельди благоприятные условия выживания формируются в основном в периоды положительной фазы САК, хотя коэффициент корреляции довольно низкий ( $r = 0,48$ ). Однако, как и для аркто-норвежской трески, нет явной связи между неблагоприятными условиями выживания и климатическими индексами. Это справедливо и для аркто-норвежской пикши: довольно высокая положительная корреляция с зимним индексом САК для благоприятных условий ( $r = 0,70$ ;  $p < 0,01$ ) и низкая корреляция с климато-океанологическими характеристиками для неблагоприятных условий выживания.

Таким образом, не подлежит сомнению, что климатическая изменчивость на декадном и междекадном временных масштабах в значительной степени влияет на состояние промысловых популяций, обуславливая установление периодов с различным уровнем колебаний биолого-промысловых характеристик популяции. Смена периодов, как правило, происходит в годы перехода от одного климатического

ского режима к другому. Однако нет явной связи между коэффициентами выживания трех рассматриваемых видов рыб Северной Атлантики, ранжированных на три группы в соответствии с благоприятными, средними и неблагоприятными условиями выживания, и климатическими параметрами. Данная проблема требует дальнейших исследований, в которых должны быть учтены локальные океанологические условия, такие, как ветровое перемешивание, вихревая структура вод, вертикальные потоки и т.д.

***Особенности межгодовой изменчивости в развитии сезонных процессов и ее возможное влияние на промысловые ресурсы (на примере тихоокеанских лососей)***

Наряду с исследованиями воздействия крупномасштабных процессов взаимодействия океана с атмосферой на состояние промысловых запасов значительный интерес представляет изучение влияния межгодовой изменчивости таких сезонных явлений, как даты ледостава, время устойчивого прогрева и охлаждения акватории моря или того или иного района океана и т.д., на продукционные процессы и в конечном итоге на формирование урожайности поколений. Сроки начала и продолжительность указанных явлений (или, как их еще называют, фенологических сезонов) в значительной степени меняются от года к году.

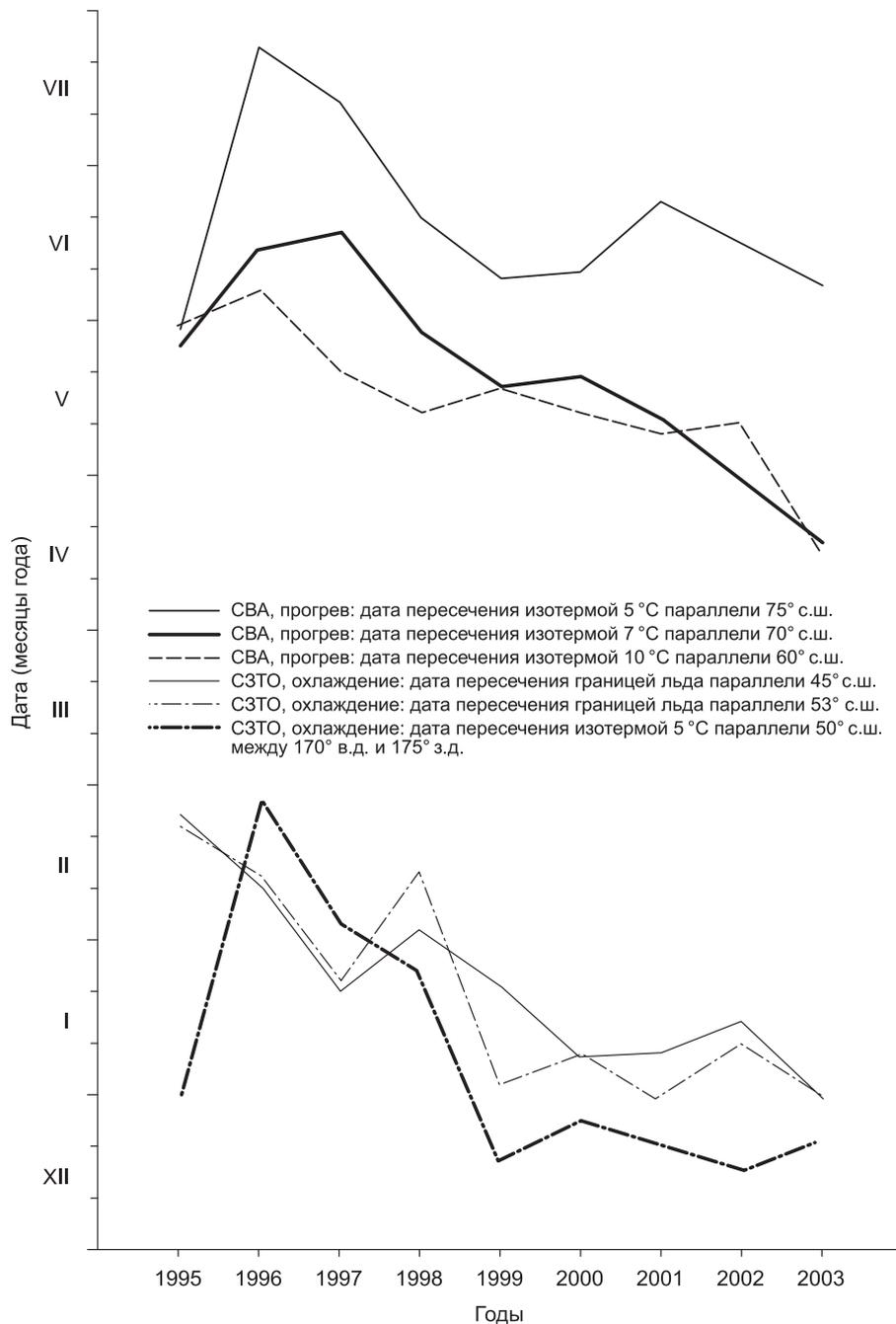
Анализ еженедельных карт ТПО, построенных в лаборатории разработки методов дистанционных исследований промысловых районов Мирового океана ВНИРО по спутниковым данным, позволил выявить весьма существенные межгодовые различия в особенностях осенне-зимнего выхолаживания и весенне-летнего прогрева в различных районах Северной Пацифики и Северной Атлантики. В частности, на протяжении последних 8–9 лет в северо-западной части Тихого океана наблюдалось более раннее начало осенне-зимнего охлаждения, характеризуемое пересечением изотермой  $5^{\circ}\text{C}$  параллели  $50^{\circ}$  с.ш. в секторе  $170^{\circ}$  в.д. –  $175^{\circ}$  з.д. (рис. 9). С 1996 по 2003 г. его сроки сдвинулись с конца февраля на конец декабря. Одновременно происходит постоянный рост продолжительности холодного периода года: с 70 дней в 1996 г. до 170 дней в 2003 г., т.е. она увеличилась более чем на три месяца. В качестве критерия оценки выбрана продолжительность устойчивого пребывания изотермы  $5^{\circ}\text{C}$  южнее  $50^{\circ}$  с.ш. (см. рис. 9). Следует отметить также устойчивую тенденцию к более раннему становлению ледового покрова у Южных Курил и западного побережья Камчатки.

Иная ситуация наблюдалась в Норвежском море. Здесь отмечено более раннее пересечение изотермами  $5$ ,  $7$  и  $10^{\circ}\text{C}$  соответственно  $75$ ,  $70$  и  $60^{\circ}$  с.ш., принятое в качестве критерия начала весенне-летнего прогрева (см. рис. 9). По сравнению с 1996 г. весенне-летний прогрев в 2003 г. начался на 1,5–2 месяца раньше. Это может свидетельствовать об уменьшении продолжительности холодного сезона в Норвежском море, что косвенно подтверждается и четкой тенденцией к снижению продолжительности пребывания струи Восточно-Исландского течения, определяемой по положению изотермы  $5^{\circ}\text{C}$ , южнее  $65^{\circ}$  с.ш. и восточнее  $5^{\circ}$  з.д. с 255 дней в 1997 г. до 130 дней в 2003 г. (рис. 10).

Таким образом, в период с 1996 по 2003 г. в северо-западной части Тихого океана и Норвежском море отмечаются противоположные тенденции в сроках окончания и, возможно, продолжительности холодного гидрологического сезона. Эта противофазность может быть обусловлена различным характером развития крупномасштабных процессов в системе «океан–атмосфера» в Северной Атлантике и Северной Пацифике.

Продолжительность и сроки окончания зимнего гидрологического сезона в значительной степени определяют особенности весенних биопродукционных процессов и в конечном итоге рыбопродуктивность вод.

В качестве примера рассмотрим более подробно межгодовую изменчивость термического режима приповерхностных вод приалеутского ( $49$ – $50^{\circ}$  с.ш.,  $170^{\circ}$  в.д. –  $175^{\circ}$  з.д.) и прикурильского ( $46$ – $47^{\circ}$  с.ш.,  $153$ – $163^{\circ}$  в.д.) секторов Северной Пацифики и ее возможное влияние на промысловые ресурсы.



**Рис. 9.** Межгодовая изменчивость начала теплого и холодного периодов года в Северо-Восточной Атлантике и северо-западной части Тихого океана

В обоих секторах были проанализированы продолжительность периода с поверхностной температурой ниже 5 °С, сроки его начала и окончания (рис. 11). Как видно по рисункам, наблюдается отмеченная выше четкая обратная зависимость между сроками начала похолодания и его продолжительностью, причем приалеутский район (см. рис. 11, *a*) характеризуется гораздо большей амплитудой значений температуры, чем прикурильский (см. рис. 11, *б*). Хотя в обоих районах наблюдается тенденция к увеличению продолжительности холодного периода (в приалеутском районе она опять-таки выражена сильнее), о синфазности межгодовых изменений этой характеристики можно говорить лишь примерно в 50% случаев. Вероятно, это обусловлено более сложной динамикой вод прикурильской зоны. Из графиков следует, что в 1997 г. зимнее охлаждение в приалеутском

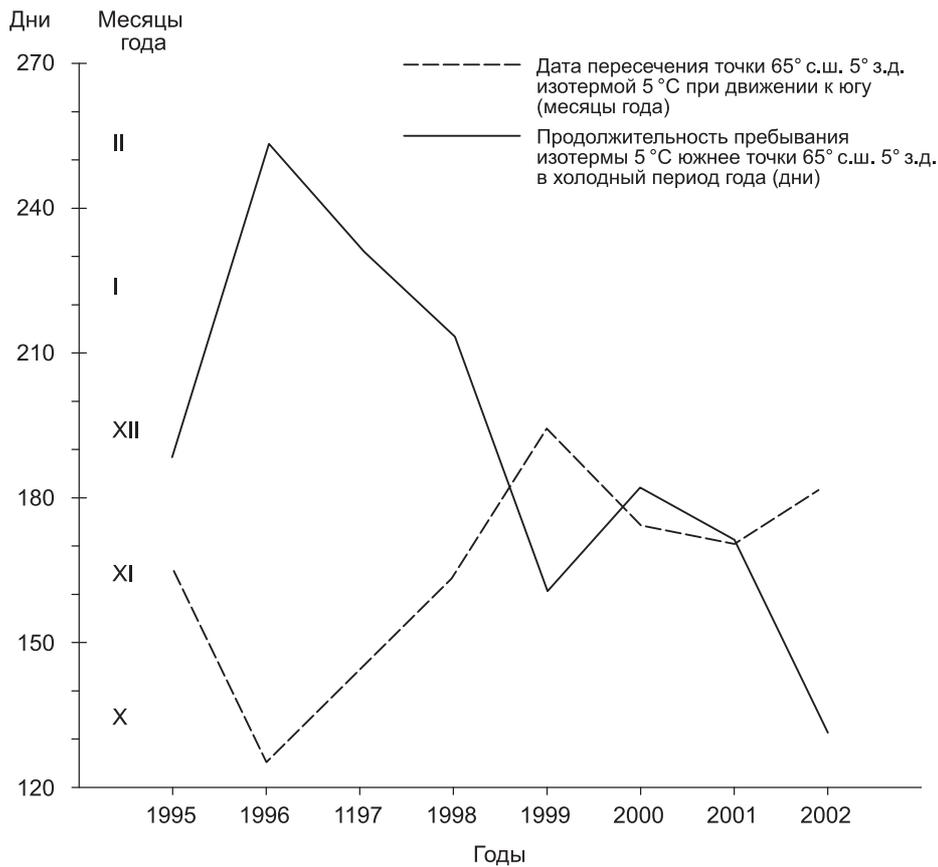


Рис. 10. Пребывание струи Восточно-Исландского течения в районе южнее 65° с.ш., восточнее 5° з.д.

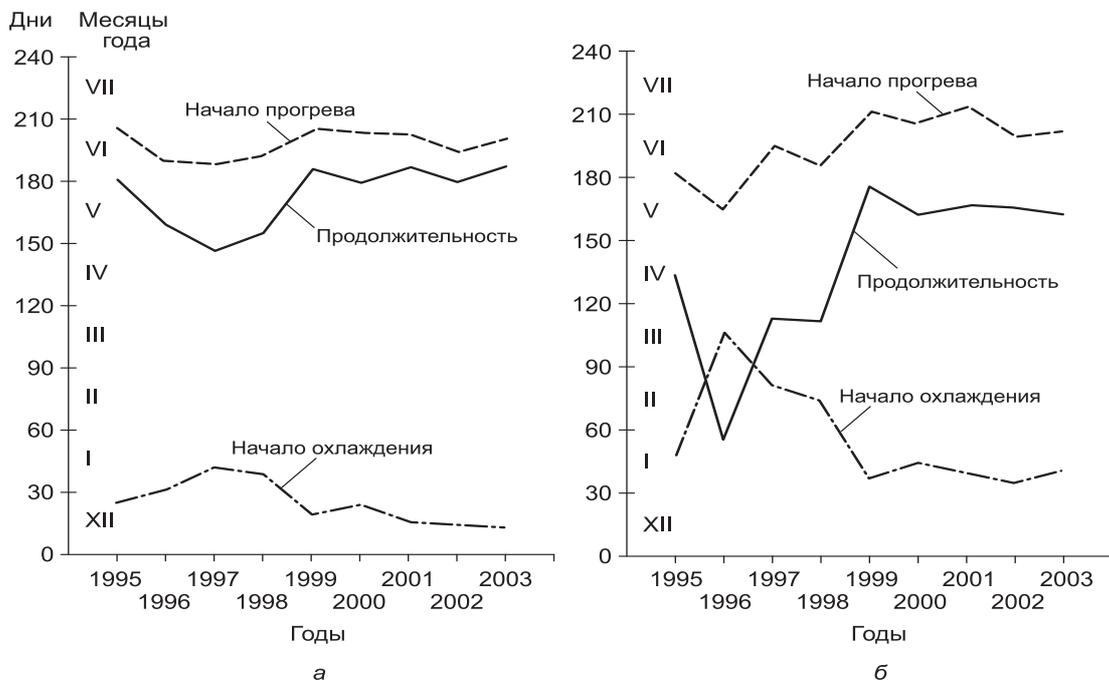


Рис. 11. Продолжительность периода с поверхностной температурой ниже 5 °С в секторах а — 46–47° с.ш., 153–163° з.д. и б — 49–50° с.ш., 170° в.д. — 175° з.д. северной части Тихого океана

районе начиналось значительно позже, чем в прикурильском (15 марта и 10 января соответственно). С 1997 по 2002 г. начало зимнего охлаждения в обоих районах сдвинулось на более ранние и к тому же более близкие сроки (10 января и 17 декабря соответственно).

Начало и продолжительность охлаждения северной части Тихого океана, несомненно, влияют на сроки и скорость миграции лососей к районам зимнего обитания. А температура воды играет немаловажную роль в формировании количественных и качественных характеристик популяций. Общеизвестно, что основным районом зимнего обитания тихоокеанских лососей является приалеутский, так как его гидрологические условия более благоприятны для зимовки лососевых рыб [Бирман, 1960, 1969]. Но поскольку продолжительность холодного периода в обоих районах увеличивается, причем в приалеутском гораздо быстрее, можно говорить об усилении негативного влияния гидрологических условий на тихоокеанских лососей в период их зимовки. Так, в начале рассматриваемого периода длительность холодного периода в приалеутском районе была значительно меньше, чем в прикурильском (52 дня в 1996 г. в приалеутском районе, 155 дней в прикурильском). В 2002 г. продолжительность возросла до 170 и 180 дней соответственно.

Учитывая наблюдаемые тенденции в характере зимнего охлаждения можно предположить смещение района зимнего обитания к юго-востоку. Это может привести к увеличению продолжительности миграции лососей к районам зимнего обитания и, следовательно, к уменьшению сроков летнего нагула. Численность популяций в таком случае может сократиться.

## **Выводы**

1. Анализ пространственной структуры многолетних колебаний средnezимних АТПО в северных частях Атлантического и Тихого океанов выявил в обоих океанах крупномасштабные районы с когерентными изменениями аномалий поверхностной температуры воды в пределах каждого из них. В Северной Атлантике вариации АТПО на северо-востоке и юго-западе акватории противоположны таковым в ее северо-западной и юго-восточной частях. Такая «четырёхполюсная» структура определяется Северо-Атлантическим Колебанием (САК). В Северной Пацифике выделены две независимые пространственные моды многолетних флуктуаций АТПО: колебания аномалий между ее восточной и центральной частями, а также на северо-западе и юго-западе ее акватории происходят в противофазе. Это обусловлено географическим положением центров Тихоокеанско-Североамериканской и Западно-Тихоокеанской ветвей дальних связей в средней тропосфере Северного полушария соответственно.

2. Выявлены статистически значимые корреляционные связи в многолетних изменениях АТПО между различными районами Северной Атлантики и Северной Пацифики, что объясняется особенностями проявления различных ветвей дальних связей в атмосфере Северного полушария.

3. Анализ первых трех главных компонент 75 физических и биологических временных рядов позволяет сделать вывод о наличии четко выраженной декадной составляющей в многолетних колебаниях как климатических, так и биолого-промысловых характеристик. С каждой компонентой связана группа промысловых объектов, декадные изменения состояния запасов которых происходят согласованно и, по-видимому, определяются общей физической причиной. Вместе с тем статистически значимая связь между коэффициентами выживания трех промысловых видов рыб Северной Атлантики (аркто-норвежской трески и пикши, норвежской весенне-нерестующей сельди), ранжированных на три группы в соответствии с благоприятными, средними и неблагоприятными условиями выживания, и климатическими факторами практически отсутствует. Возможно, это справедливо и для других промысловых популяций.

4. Раздельный анализ временных рядов методом главных компонент обнаружил довольно существенные различия в характере крупномасштабных изменений климатических и биологических параметров. Для биологических рядов ха-

рактерна ярко выраженная устойчивость знака компоненты от года к году. Смена знака происходит только при переходе от одного климатического режима к другому. У физических рядов наблюдается значительная межгодовая изменчивость внутри каждого режима. По-видимому, морские экосистемы как бы сглаживают межгодовые колебаний атмосферных и океанографических характеристик фильтром низких частот.

5. В период с 1996 по 2003 г. в северо-западной части Тихого океана отмечается устойчивая тенденция к более раннему началу осенне-зимнего охлаждения и увеличению продолжительности холодного сезона, а в Норвежском море — к более ранним срокам весенне-летнего прогрева, что может привести к пространственному смещению ареалов промысловых популяций.

6. Результаты работы подтверждают гипотезу Г.К. Ижевского о системной организации физических и биологических процессов в океане и их системной взаимосвязанности.

### Литература

- Афифи А., Эйзен С.* 1982. Статистический анализ. Подход с использованием ЭВМ.— М.: Мир.— 488 с.
- Бирман И.Б.* 1960. Новые данные о морском периоде жизни и морском промысле тихоокеанских лососей // Труды совещания Ихтиологической комиссии. Вып. 10.— М.— С. 151-164.
- Бирман И.Б.* 1969. Периодические колебания численности лососевых и солнечная активность // Труды ВНИРО.— М.: ВНИРО.— С. 171-184.
- Богданов М.А., Потайчук С.И., Солянкин Е.В.* 1968. Системы природы и гидрологические промысловые прогнозы // Рыбное хозяйство. № 3.— С. 6-9.
- Богданов М.А., Потайчук С.И., Солянкин Е.В.* 1969. К проблеме долгосрочного прогноза гидрологических условий и урожайности промысловых рыб // Рыбное хозяйство. № 9.— С. 7-12.
- Богданов М.А., Елизаров А.А., Солянкин Е.В.* 1972. К оценке ожидаемых условий воспроизводства промысловых рыб Северной Атлантики и морей юга европейской территории СССР // Рыбное хозяйство. № 7.— С. 19-21.
- Богданов М.А., Елизаров А.А., Солянкин Е.В.* 1973. О прогнозировании климатического фона и абиотических факторов в Северной Атлантике, морях европейского севера и юга европейской территории СССР на 1973 год // Рыбное хозяйство. № 7.— С. 12-15.
- Богданов М.А. и др.* 1974. К оценке условий воспроизводства промысловых рыб Северной Атлантики и морей юга европейской территории СССР на основе системного анализа природных процессов // Рыбное хозяйство. № 7.— С. 21-24.
- Богданов М.А., Потайчук С.И., Солянкин Е.В.* 1975. К вопросу о фоновом прогнозе и прогноз на 1975 год гидрологических условий и урожайности промысловых рыб в морях Северной Атлантики и европейской территории СССР // Рыбное хозяйство. № 8.— С. 9-12.
- Богданов М.А. и др.* 1976. О системном анализе природных явлений в Северной Атлантике и прилегающих полярных морях // Труды ВНИРО. Т. 112. Вып. 1.— М.: ВНИРО.— С. 7-15.
- Богданов М.А., Солянкин Е.В.* 1977. Прогноз на 1977 год некоторых фоновых характеристик абиотических условий воспроизводства рыб в водоемах Атлантического-Европейского сектора северного полушария // Рыбное хозяйство. № 7.— С. 14-16.
- Богданов М.А., Солянкин Е.В.* 1978. Прогноз фоновых показателей абиотических условий воспроизводства промысловых рыб в Северной Атлантике, морях европейского севера и юга европейской территории СССР // Рыбное хозяйство. № 7.— С. 20-26.
- Дубров А.М., Мхитарян В.С., Трошин Л.И.* 2000. Многомерные статистические методы.— М.: Финансы и статистика.— 352 с.
- Ижевский Г.К.* 1964. Системная основа прогнозирования океанологических условий и воспроизводства промысловых рыб.— М.: ВНИРО.— 166 с.
- Уловы тихоокеанских лососей, 1900-1986.*— М.: ВНИРО. 1989.— 213 с.
- Barnston A.G., Livezey R.E.* 1987. Classification, seasonality and persistence of low-frequency atmospheric circulation patterns // Monthly Weather Review. 115: 1083-1126.
- Bondarenko M.V., Krovvin A.S., Serebryakov V.P.* 2003. Ranging year-class strength and survival rates during early life history of the Barents Sea food fishes to establish biological reference points and evaluate environmental effects- ICES CM 2003/Y:09.— 108 p.
- Cushing D.H.* 1978. Biological effects of climatic change // Rapp. P-v. Reun. Cons. Int. Explor. Mer. V. 173.— P. 107-116.
- Garrod D.J., Colebrook J.M.* 1978. Biological effects of variability in the North Atlantic Ocean // Rapp. P-v. Reun. Cons. Int. Explor. Mer. V. 173.— P. 128-144.
- Hare S.R., Mantua N.J.* 2000. Empirical evidence for North Pacific regime shifts in 1977 and 1989. Progress in Oceanography. V. 47. Nos 2-4.— P. 103-145.

- Hurrell J.W.* 1995. Decadal trends in the North Atlantic Oscillation, regional temperatures and precipitation // Science.— P. 269, 676–679.
- Kawasaki, T.* 1983. Why do some pelagic fishes have wide fluctuations in their number? Biological basis of fluctuation from the viewpoint of evolutionary ecology // G.D. Sharp and J. Csirke (Eds.). Reports of the Expert Consultation to Examine Changes in Abundance and Species Composition of Neritic Fish resources. FAO Fisheries Report, 291, 1065–1080.
- Kalnay E. and Coauthors.* 1996. The NCEP / NCAR Reanalysis, 40-year project. Bull. Amer. Meteor. Soc., 77.— P. 437–471.
- Klyashtorin L.B.* 2001. Climate change and long-term fluctuations of commercial catches. The possibility of forecasting // FAO Fisheries Technical paper, 410.— 86 p.
- Krovvin A.S.* 1995. A Comparative study of climatic changes in the North Pacific and North Atlantic and their relation to the abundance of fish stocks // R.J. Beamish (ed.). Climate change and northern fish populations. Can. Spec. Publ. Aquat. Fish. Sci. 121.— P. 181–198.
- Lluch-Belda D. et al.* 1989. World-wide fluctuations of sardine and anchovy stocks: the regime problem // South African Journal of Marine Science. N. 8.— P. 195–205.
- Mantua, N.J. et al.* 1997. A Pacific interdecadal climate oscillation with impacts on salmon production // Bull. Amer. Meteorol. Soc. V. 78.— P. 1069–1079.
- Marshall J. et al.* 1997. A White Paper on Atlantic Climate Variability. <http://geoid.mit.edu/accp/ave.html.html>.
- Wallace J.M., Gutzler D.S.* 1981. Teleconnections in the geopotential height field during the Northern Hemisphere winter. Mon. Weather Rev., 109.— P. 784–812.
- Ward J.H., Jr.* 1963. Hierarchical grouping to optimize an objective function. J. Am. Stat. Assoc. 58.— P. 236–244.

УДК 639.211 (265.53)

---

## **Опыт оперативного прогнозирования подходов горбуши Западной Камчатки**

*В.Г. Ерохин (КамчатНИРО)*

Изучение азиатских стад горбуши *Oncorhynchus gorbuscha* в период морских анадромных миграций в последние годы складывалось, главным образом, из двух составляющих: периодических траловых съемок и ежегодного дрефтерного мониторинга в российской экономической зоне. Имея каждый свою специфику, обуславливающую спектр решаемых ими задач, эти два способа получения научной информации дополняют друг друга. Траловые съемки в силу своеобразной одномоментности, вытекающей из их выполнения на обширной акватории в короткие сроки, позволяют увидеть пространственную динамику фоновых характеристик, плотностных и биологических показателей рыб, уловить тенденции в разделении смешанных морских скоплений на миграционные потоки, направленные к определенным регионам. Однако период массовых подходов лососей к дальневосточному побережью России составляет не менее трех месяцев. Получение информации в течение столь длительного срока с траловых судов, работа которых при исследовании лососей является в высокой степени затратной, невозможно.

Исходя из особенности завершающей жизненной стадии лососей — односторонней преднерестовой миграции, изучению миграционного потока в различных точках пространства во многом тождественно его исследование на стационарных точках или площадках, но в различные моменты времени. Задачи временного мониторинга решаются работой судов-дрифтероловов длительностью до 2,5–3 месяцев во всех основных районах анадромных миграций лососей в северо-западной части Тихого океана и в Беринговом море — от южных Курильских островов до м. Наварин (Чукотка), а также в Охотском море.

Разработка методов краткосрочного прогнозирования величины и даты подходов горбуши к побережьям, оперативного регулирования промысла с привлечением данных с дрейфтерных судов была инициирована КамчатНИРО в период катастрофического падения численности западнокамчатской горбуши нечетных поколений после 1983 г. В последующие годы близкие по целям исследований экспедиции организуются во ВНИРО, СахНИРО и ТИНРО-центре. В первой половине 1990-х гг. подобные исследования с участием специалистов указанных институтов начали проводить и с японских НИС, входящих в состав флота, ведущего дрейфтерный промысел лососей в рамках межправительственного соглашения.

Практика последнего десятилетия показала, что, опираясь на многолетнюю информацию по дрейфтерным уловам лососей и их динамике в том или ином районе с учетом миграционных путей основных стад, данным статистики по отдельным районам российского побережья, можно оценить перспективы путины с точки зрения обилия подходящих на нерест производителей и сроков подходов. Такая оценка основана на прямо пропорциональной зависимости уловов на единицу промыслового усилия и общей численности мигрировавших через район исследований рыб.

Здесь важен выбор ключевых районов, в которых улов на усилии дрейфтерного судна выступал бы в качестве критерия, характеризующего численность лососей, и, следовательно, успешность грядущей путины. Так, в отношении нерки *O. nerka* р. Камчатка (восточное побережье) таким условиям удовлетворяют дрейфтерные наблюдения в северной части Петропавловск-Командорской подзоны, нерки оз. Курильское (Западная Камчатка) – в южной части Петропавловск-Командорской подзоны и в Северо-Курильской зоне [Бугаев, в печати]. Для горбуши северо-восточного побережья Камчатки ключевым выступает район восточнее о. Карагинский в юго-западной части Берингова моря [Zaoshny, 1996], горбуши бассейна Охотского моря – прикурильский район Тихого океана [Темных и др., 1994; Шубин, Коваленко, 2000].

В последние годы применяется и более дробное деление. Так, в СахНИРО практикуется разбивка прикурильского района на пять подрайонов, в каждом из которых обязательно подекадное нахождение хотя бы одного судна на протяжении большей части периода анадромных миграций лососей охотоморского бассейна через Курильские проливы [Шубин, Коваленко, 2000]. В экспедиционные программы КамчатНИРО введен стандартный ихтиологический разрез протяженностью от Четвертого Курильского пролива до зал. Олюторский (Берингово море), выполняемый в июне–июле частью судов ежепентадно. На рис. 1 приведена схема выполнения ихтиологических станций в одну из пятидневок июня 1999 г., которая позволяет осуществлять сбор данных по биологии, успешности промысла и величине подходов лососей в район воспроизводства.

## Материал и методика

В предлагаемой работе использовали материал, собранный в морских экспедициях по программам дрейфтерных исследований лососей на путях анадромных миграций в ИЭЗ России в мае–августе 1993–2002 гг. (ежегодно от 7 до 13 дрейфтерных судов, работающих по научным программам КамчатНИРО). Кроме того, привлекались оперативные данные, поступающие в КамчатНИРО с дрейфтерных судов, работающих по программам СахНИРО, в рамках информационного обмена в соответствии с положениями «Общесекундарной программы изучения морского периода жизни тихоокеанских лососей на 1997–2000 гг.». Лов горбуши проводили жилковыми дрейфтерными сетями с ячеей 55 мм, длиной от 36 до 50 м, выставляемыми ежедневно одним порядком (контрольным) в ряду других, с 10-часовыми ночными застоями. Контрольные сетные порядки в разные периоды включали от 10 до 100 сетей. Плотность скоплений горбуши характеризовали величиной суточного, а также осредненного за пять дней улова на усилии (в штуках на одну сеть). Биологические показатели рыб оценивали по соотношению в уловах самцов и самок, индивидуальным значениям гонадосаматического индекса (ГСИ), длине рыб по Смити и массе тела.

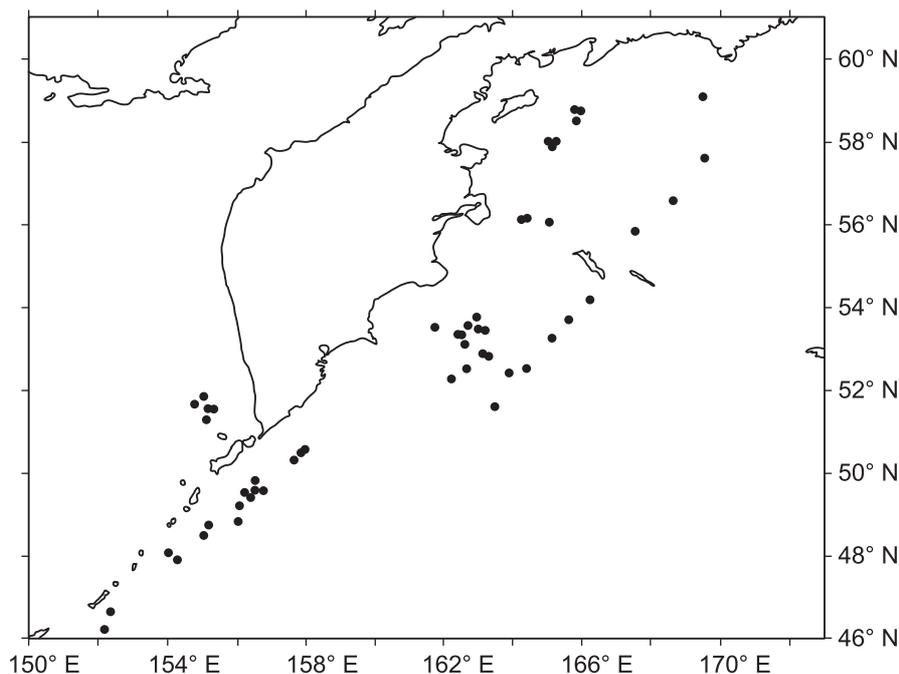


Рис. 1. Схема пятидневной работы НИС-дрифтероловов в период 16–20 июля 1999 г.

### *Зимний нагул и миграции из районов зимовки*

Охотоморская горбуша зимует в зоне мезомасштабных вихрей различных ориентаций, образующихся в результате дивергенции Северо-Тихоокеанского течения восточнее 155° в.д. Основная масса горбуши держится между 40° и 45° с.ш., область ее нагула в океане вытянута с севера на юг на 150–300 миль [Бирман, 1985; Ерохин, 1990; Ерохин и др., 1990; Радченко и др., 1991; Радченко, Рассадников, 1997; Старцев, Рассадников, 1997]. Анализ результатов нескольких комплексных морских экспедиций в зоне Северо-Тихоокеанского течения (субарктического фронта) СЗТО показал, что горбуша встречается в достаточно широком диапазоне температур: от 0,5 до 11 °С, но основные ее скопления приурочены к 4–8-градусным изотермам. Стадо зимующей горбуши состоит из рыб, различающихся термотолерантностью. В высокоурожайные для большинства стад охотоморской горбуши нечетные годы (исключением является западнокамчатское стадо), ее основные скопления встречаются в океане в температурном диапазоне от 2 до 6 °С. В урожайные для горбуши Западной Камчатки четные годы – при температуре 4–8 °С.

Термический фон в ареале нагула накладывает определенный отпечаток на биологию рыб. Темп роста рыб «низкотемпературных» группировок заметно ниже: рассчитанная нами по материалам НИС «Новокотовск» и НИС «Немиров» скорость суточного линейного роста в северо-западной части макрополигона в апреле–мае 1987 г. составила 0,23% средней длины тела или 0,09 см, весового роста – 1% средней массы тела (6,12 г); а на юге центрального района – 0,41% (0,15 см) и 1,44% (8,78 г) соответственно.

В начальной фазе подходов горбуши из районов зимовки картина распределения мигрирующих стад в прикурильской зоне Тихого океана одинакова для четных и нечетных лет. Горбуша мигрирует широким – до 500 миль – фронтом. По данным траловой съемки НИС «Новокотовск», линия этого фронта не параллельна линии островной гряды – южный его фланг развернут к западу [Шунтов и др., 1993]. Вследствие этого первые попадания горбуши в дрейтерные сети наблюдаются в конце мая в океанских водах у южных Курильских проливов – на 45–46° с.ш., севернее горбуша начинает отмечаться в уловах на декаду позднее [Шубин, Коваленко, 2000].

### *Взаимодействие западнокамчатского и сахалино-курильского стад горбуши в период анадромных миграций*

Траловые съемки скоплений горбуши на подходах из океана в район Курильских островов в 1987, 1991, 1992 гг. фиксировали фронт миграций, простирающийся от южной до северной части островной гряды с наибольшей плотностью скоплений между 44° с.ш. и 47° с.ш. Из этого ряда резко выделялись материалы 1993 г., показавшие исключительную ослабленность северного крыла фронта миграций (от 47–47,5° с.ш. до 51° с.ш.). В числе возможных причин, приводящих к избеганию горбушей этой акватории, обсуждалась гидрологическая – заблокированность ее для мигрирующих рыб из-за формирования в этой области высокодинамичной зоны, которую поток горбуши огибают с юга и востока, и как следствие перераспределение части охотоморской горбуши в реки восточного побережья Камчатки [Шунтов, 1994а,б; Шунтов и др., 1995]. Ситуация стала понятнее по мере накопления информации в последующие годы. В ходе дрейфтерных исследований, охвативших значительные по длительности (май–август) сезоны в 1995–1999 гг., оказалось возможным детально проследить сезонную и межгодовую динамику анадромного хода горбуши охотоморского бассейна через проливы Курильской гряды на всем ее протяжении [Шубин, Коваленко, 2000; Shubin, Kovalenko, 2000].

С середины июня миграции горбуши в Охотское море протекают по одному из двух сценариев, отражающих взаимодействие двух крупнейших стад этого бассейна: сахалино-курильского и западнокамчатского, численность которых в современный период колеблется в противофазе. В нечетные годы, когда численность сахалино-курильской горбуши значительно выше, чем западнокамчатской, наиболее плотные ее скопления приурочены к акватории, прилегающей к южной и средней части Курильских островов – от 45 до 48° с.ш. Так, в 1997 г. средние уловы горбуши в июле снижались с продвижением к северу следующим образом: на 45–46° с.ш. улов составил 24,9 экз. на одну контрольную сеть, на 46–47° – 17,2, на 47–48° – 11,3, на 48–49° – 6,8 и на 49–51° – 5,7 экз./сеть [Шубин, Коваленко, 2000]. Аналогичная динамика плотности мигрирующих стад горбуши наблюдалась и в 1999 г. В четные (1996 и 1998) годы, высокоурожайные для западнокамчатской горбуши, более высокая плотность ее скоплений указанными авторами отмечена на акватории, прилегающей к северным Курильским проливам.

Значительное отличие динамики уловов на усилие (экз./сеть) четных–нечетных лет в Северо-Курильском районе Тихого океана хорошо иллюстрирует рис. 2. В июне четных лет среднепентадные уловы горбуши здесь значительно ниже – 2–3 экз./сеть, в отличие от нечетных, когда уловы изменяются в пределах 5–15, в среднем составляя 7–10 рыб на одну сеть. Более высокие уловы в июне нечетных лет, в сравнении с четными, свидетельствуют об эффекте расширения фронта миграции многочисленного стада сахалино-курильской горбуши за северные пределы ее магистрального пути, о чем подробнее будет сказано ниже. В первой декаде–середине июля в четные годы численность мигрантов резко возрастает с соответствующим ростом уловов: пентадных – до 60–70 экз./сеть, суточных – до 80–100 экз./сеть (107 экз./сеть в 1998 г.). В соответствии с динамикой отмеченного процесса изменяется и соотношение полов (рис. 3). В период начала роста уловов (фронт подходов) доля самцов превышает 80%. В дальнейшем при прохождении ядра, а затем арьергарда стада доля самцов в течение примерно недели снижается до 40% и менее. Момент хода ядра скоплений западнокамчатского стада весьма четко определяется и по скачкообразному росту ГСИ рыб – до 8–10% у самцов и 12–14% – у самок (рис. 4). Как и доля самцов, значения ГСИ резко падают с прохождением арьергарда – в 1,5–2 раза.

В нечетные годы столь явно выраженного закономерного изменения в соотношении полов и зрелости рыб, соответствующего прохождению авангарда, ядра и арьергарда крупного стада, не наблюдается (рис. 4, 5). Доля самцов в сахалино-курильском миграционном потоке в районе проливов снижается постепенно в течение 2–2,5 месяцев со 100–90% в конце мая до 30–40% в первой половине ав-

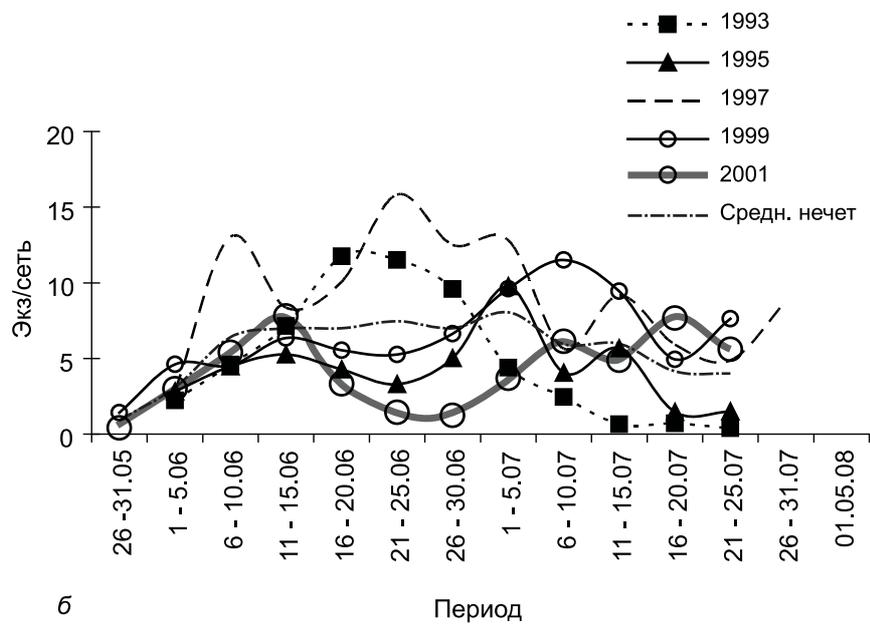
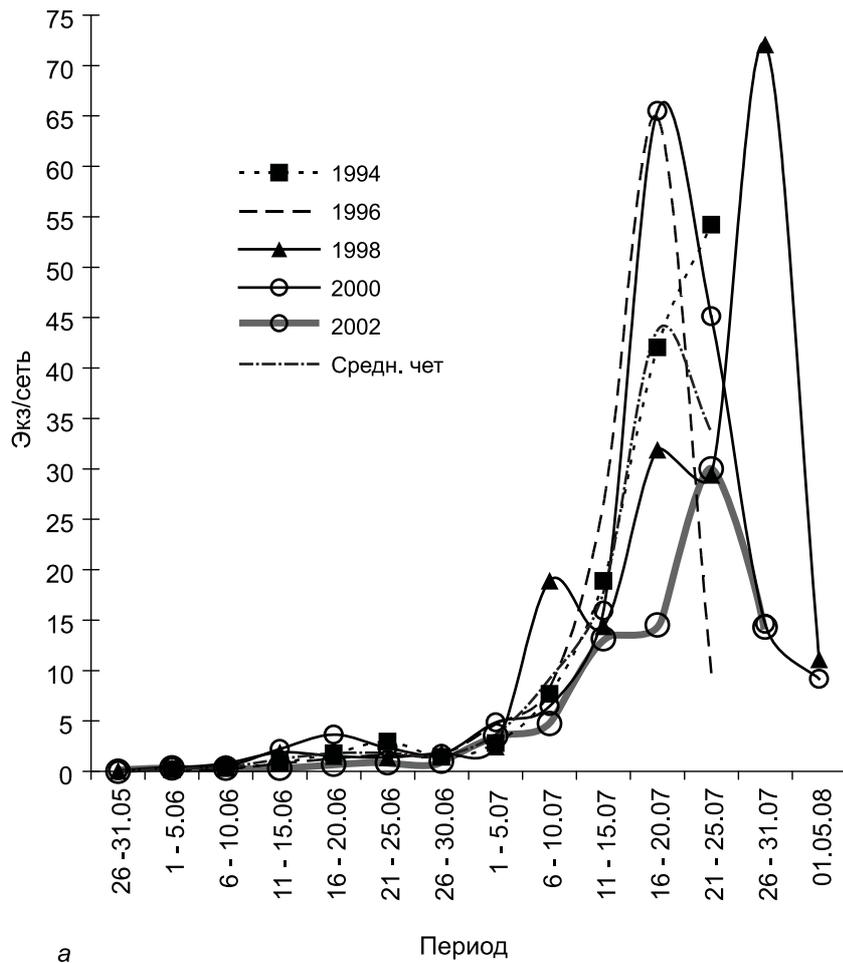
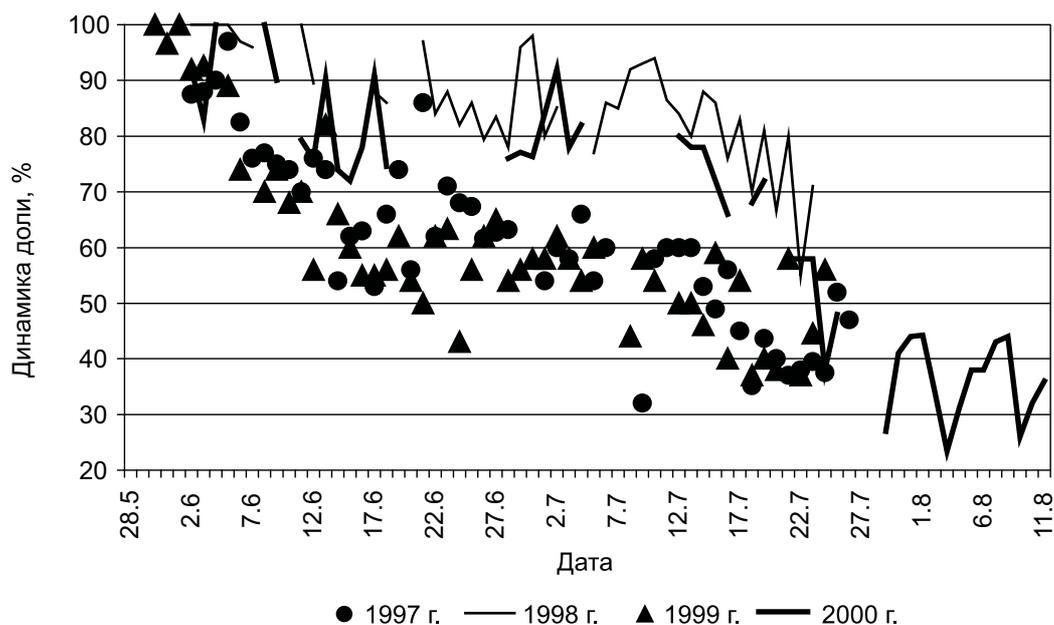


Рис. 2. Среднепентадные уловы горбуши дрейферными сетями в Тихоокеанской подзоне Северо-Курильской зоны: а – четные годы; б – нечетные годы



**Рис. 3.** Динамика доли самцов горбуши в Северо-Курильской подзоне в четные и нечетные годы

густа [Шубин, Коваленко, 2000; Shubin, Kovalenko, 2000]. Средний ГСИ у рыб на акватории от 45 до 48° с.ш. хотя и растет от начала июня к концу июля, но практически не превышает 3% у самцов и 7% — у самок на протяжении всего периода миграции [Шунтов и др., 1993; Темных и др., 1994, 1997; Shubin, Kovalenko, 2000]. Эти факты свидетельствуют о длительной миграции сахалино-курильской горбуши с относительно ровной интенсивностью: дифференциация по полу объяснима более высокой скоростью движения крупных рыб и лучших пловцов — самцов, выявляющейся тем явственней, чем протяженнее путь.

В западнокамчатском потоке эти процессы стремительны: массовую миграцию в Охотское море во второй декаде — середине июля открывают исключительно самцы, спустя неделю их доля снижается до 60–50% (в ядре потока), арьергардная же часть мигрирующего стада в последней декаде июля представлена преимущественно самками (см. рис. 3). Зрелость рыб в течении июля увеличивается втрое у самцов и вдвое у самок. В этом случае по достижении горбушей определенной физиологической стадии, происходит быстрый проход проливов с последующим заходом в нерестовые водоемы. Рис. 6 демонстрирует отсутствие длительной задержки преднерестовых скоплений горбуши в водах Охотского моря. Незначительный временной промежуток (менее 12 суток) между фиксацией плотных скоплений и снижением их концентрации в несколько раз в результате захода производителей в реки и побережье был отмечен в конце июля и начале августа 1992 г. при выполнении двух последовательных траловых съемок НИС «Профессор Кагановский» [Темных и др., 1994]. Такая динамика отмеченных процессов, характерная для июля четных лет, отражает массовые подходы горбуши в реки Западной Камчатки, расположенные южнее 54° с.ш. поскольку в этом регионе нерестится до 80–90% горбуши всего побережья [Ерохин, 2002а].

Очевидно, отмечаемая дифференциация потоков горбуши в прикурильских водах Тихого океана и южной части Охотского моря по биологической структуре определяется различиями в миграционных процессах предшествующего периода. Столь ощутимые различия в биологических показателях, особенно с учетом размеров рыб, которые у западнокамчатской горбуши всегда выше на 3–5 см и 200–400 г [Темных и др., 1994; 1997], возникающие за равный по длительности океанический период, вероятно, формируются при различающемся влиянии

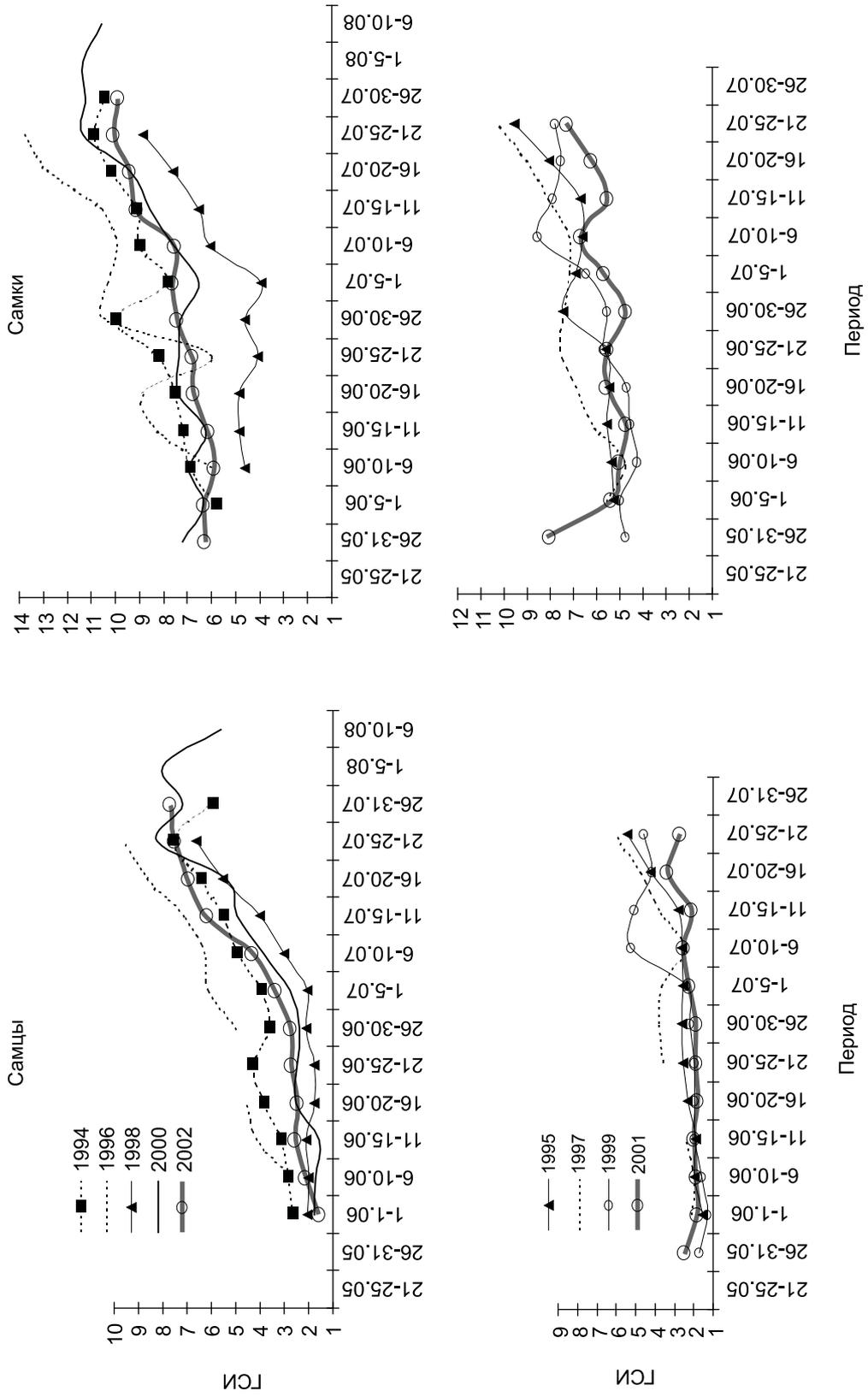
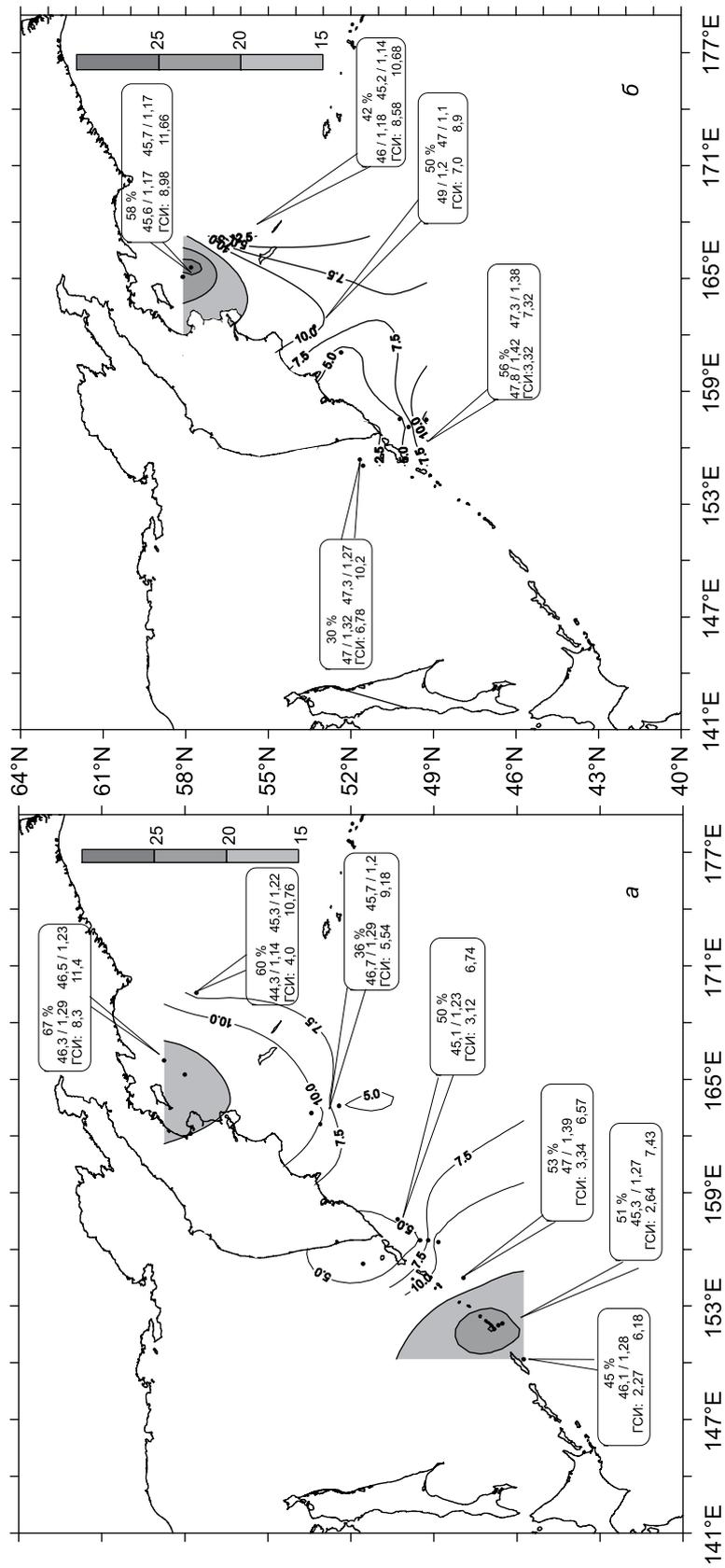
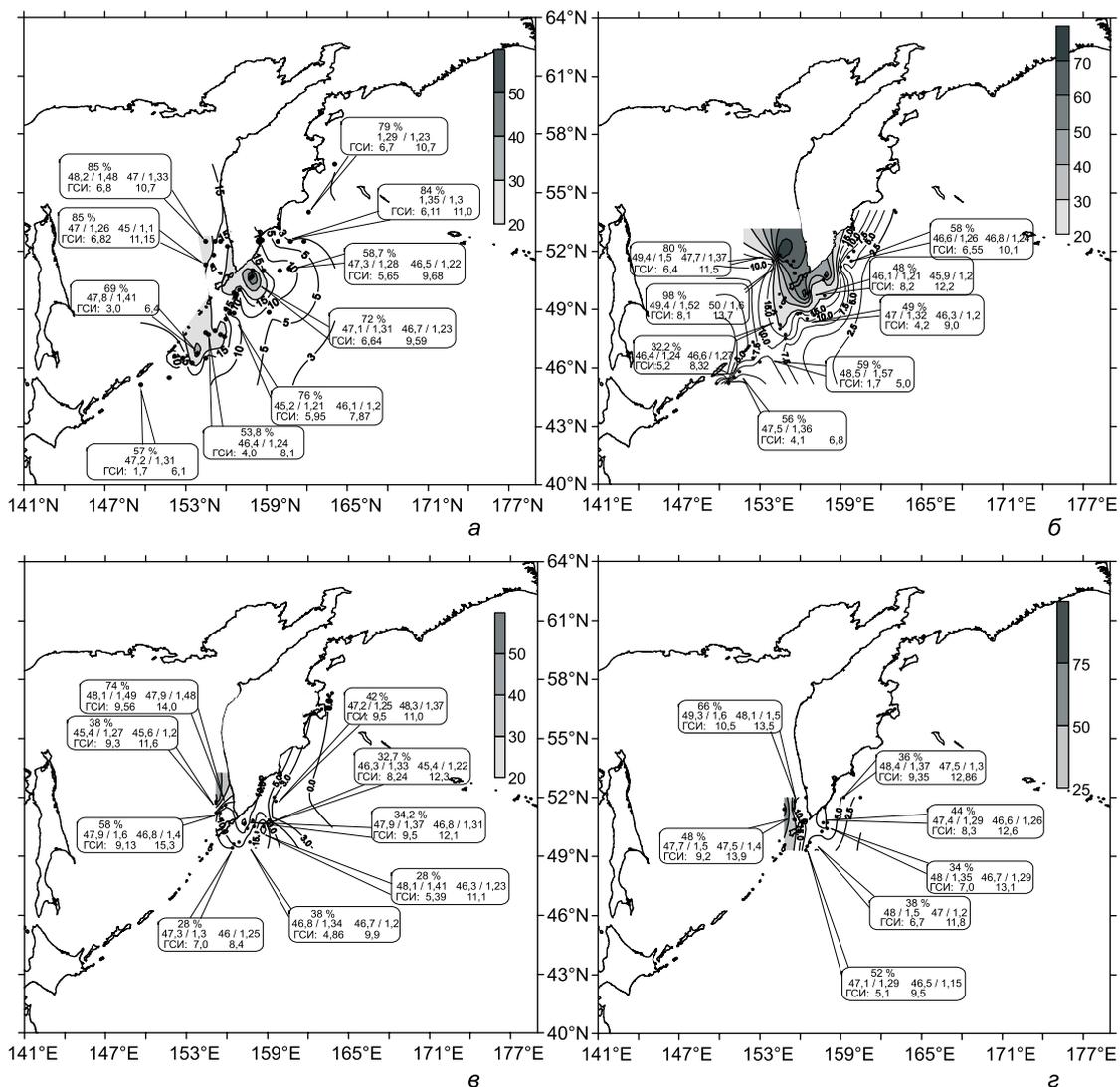


Рис. 4. Динамика ГСИ горбуши в Северо-Курильском районе в четные (вверху) и нечетные (внизу) годы



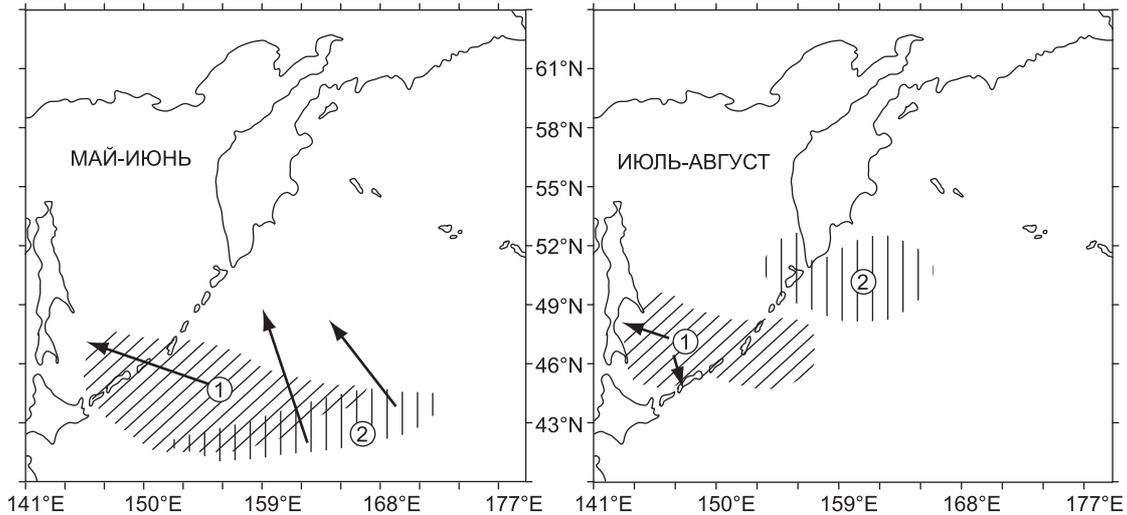
**Рис. 5.** Уловы горбуши в 1999 г., экз/сет. *а* – 16–20 июля, *б* – 21–25 июля. В рамке: доля самцов (%); средняя длина (см)/средняя масса (г) самцов и самок соответственно (либо общая); ГСИ самцов и самок соответственно



**Рис. 6.** Уловы горбуши в 2000 г., экз/сеть: *а* – 16–20 июля, *б* – 21–25 июля, *в* – 1–5 августа, *г* – 6–10 августа. В рамке: доля самцов (%); средняя длина (см)/средняя масса (г) самцов и самок, соответственно (либо общая); ГСИ самцов и самок соответственно

факторов среды. Думается, в данном случае это возможно лишь при разобщенности районов нагула.

Хотя многолетние данные по мечению горбуши показывают практически единый для рассматриваемых стад ареал океанического нагула [Атлас ..., 2002], предположим, что существует некоторое несовпадение мест зимнего нагула, которое и приводит к различиям в биологической, пространственной и временной структурах мигрирующих стад. Характер этого несовпадения уточним, опираясь на упоминавшийся выше факт: в нечетные годы основные скопления горбуши, преимущественно сахалино-курльского происхождения, придерживаются в океане сравнительно более охлажденных вод, чем в четные (преобладание западнокамчатской горбуши). Из приводимой А.В. Старцевым и О.А. Рассадниковым [1997] таблицы сравнительных уловов горбуши в шести океанических рейсах следует, что в пределах исследованного района (его границы: 38–46° с.ш., 152–170° в.д.) в прилегающей к Курильской гряде западной его части в четные годы насчитывалось в среднем 4,2% всей учтенной горбуши, в нечетные – 18,1%. Суммарная доля горбуши в центральной и восточной частях варьировала в четные годы от 89 до 99,8%, в нечетные – от 76,3 до 85,5%. Таким образом, вырисовываются рай-



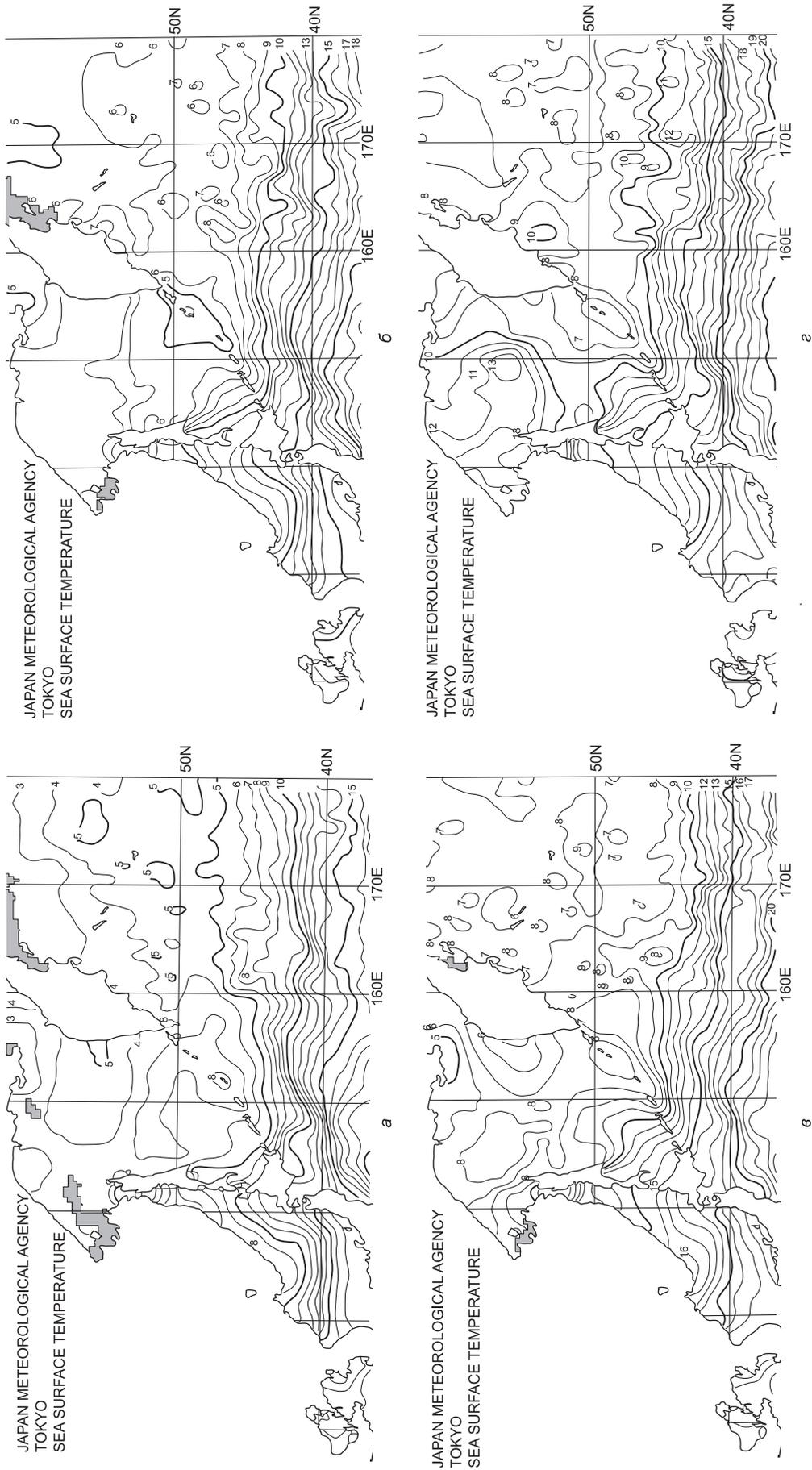
**Рис. 7.** Схема распределения и направлений миграции летней горбуши сахалино-курильского (1) и западнокамчатского (2) стад в разные периоды

оны с участками меньшего перекрытия нагульных ареалов стад: западная половина макрополигона, где, видимо, сосредоточено относительно больше сахалино-курильской рыбы, и восточная, к которой более тяготеет горбуша Западной Камчатки.

Достижение за равный временной период более высоких биологических показателей возможно на фоне повышенной температуры, ускоряющей биохимические процессы, как это было показано применительно к молоди горбуши, кеты и кижуча в период осеннего морского нагула [Yerokhin, Shershneva, 2000; Ерохин, 2002б]. Вероятно, в океане быстрорастущая западнокамчатская горбуша придерживается повышенного температурного фона, находящегося в южных участках исследуемых районов, в большей степени, чем сахалино-курильская.

Вариант схемы анадромной миграции охотоморской горбуши на весенне-летнем этапе (рис. 7), на наш взгляд, удовлетворительно объясняет особенности временной, пространственной и биологической структуры основных групп мигрантов, фиксируемые летом в прикурильских водах и южной части Охотского моря. В период длительных миграций сахалино-курильского стада непосредственно к проливам и далее в Южно-Курильскую котловину Охотского моря, в океане, в тыльной части слагаемого им шлейфа, перемещаются скопления западнокамчатской группировки в северном и северо-западном направлении. При этом скорость их движения сопоставима со скоростью продвижения на север 10–11-градусных изотерм, являющихся верхней границей термооптима горбуши в океане и одновременно южной географической границей распространения (рис. 8).

Массовый подход к устьям нерестовых рек западнокамчатской горбуши опережает таковой сахалино-курильской практически на месяц. Аналогичный временной разрыв наблюдается и в датах достижения рыбой зрелости, соответствующей готовности ее к заходу в реки. Сахалино-курильская летняя горбуша заходит в Охотское море вдвое менее зрелой, чем западнокамчатская. Во второй половине июля ее ГСИ в южной части моря постепенно увеличивается от значений 2–3% у самцов и 6–8% у самок на пути от курильских проливов до юго-востока Сахалина [Темных и др., 1997]. А показателей зрелости, аналогичных таковым у рыб головной части камчатского стада в 20-х числах июля, в прибрежье Восточного Сахалина горбуша достигает лишь во второй половине августа. Таким образом, Южно-Курильская котловина является для горбуши южноохотоморских популяций районом активного преднерестового нагула. Ее аналогом для западнокамчатской



**Рис. 8.** Среднедекадная температура поверхности воды за период *а* – 1–10 июня, *б* – 21–30 июня, *в* – 1–10 июля и *г* – 11–20 июля

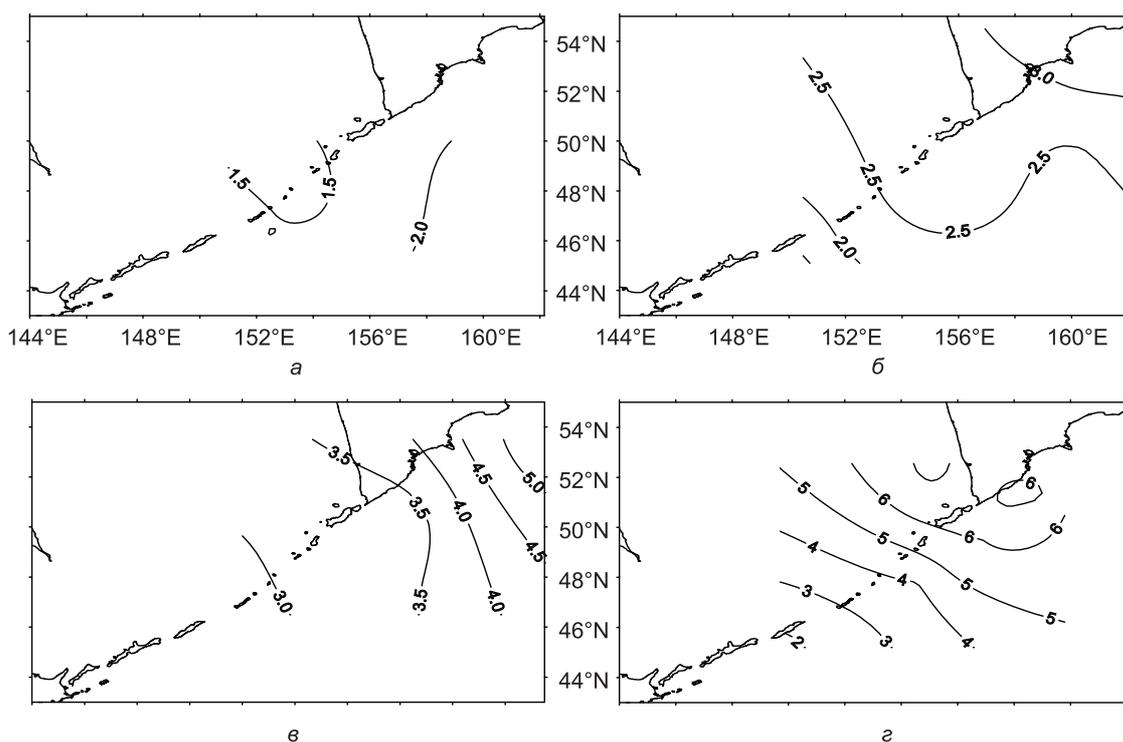


Рис. 9. ГСИ самцов горбуши: а – 16–20 июня 1999 г., б – 2000 г.; в – 16–20 июля 1999 г., г – 2000 г.

горбуши являются океанские воды юго-востока Камчатки и восточнее северных Курильских проливов – за фронтальной зоной.

И сахалино-курильская, и западнокамчатская горбуша многочисленных поколений в период хода через курильские проливы расширяют фронт своих миграций соответственно на север и юг. В прикурильских водах камчатское стадо, как отмечено выше, характеризуется наибольшей зрелостью рыб среди стад охотоморского бассейна. Рис. 9, а, в демонстрируют повышение доли менее зрелой горбуши южных популяций Охотского моря в северном крыле фронта миграции в нечетные годы, по сравнению с четными, вследствие ее распространения на район океана, прилегающий к северным проливам и югу Камчатки. Об этом же эффекте свидетельствуют, как упоминалось выше, более высокие уловы многочисленного стада сахалино-курильской горбуши за северными пределами ее магистрального пути в июне нечетных лет в сравнении с четными (см. рис. 2). Особенно четко процесс расширения зоны миграции многочисленного стада показан материалами траловых учетных работ, выполненных ТИНРО-центром в 1991 г., когда подходы горбуши Сахалино-Курильского региона достигли исторического максимума [Шунтов и др., 1993]. И, напротив, в 1993 г. даже в отсутствии горбуши Западной Камчатки, южноохотоморское стадо мигрировало в Охотское море, минуя северные проливы, что было обусловлено его наименьшей за период с 1983 г. численностью [Шунтов, 1994б]. Рис. 9, б, г иллюстрируют расширение миграционного коридора многочисленного западнокамчатского стада в четные годы за счет южнее лежащих акваторий. В прикурильских водах между 47 и 49° с.ш. наблюдается изменчивость показателей размеров и зрелости рыб в течение коротких периодов наблюдений (нередко одного-двух дней), что указывает на высокую степень смешивания периферических частей различных региональных группировок.

В ряду задач, решаемых в ходе дрейфтерного мониторинга, отметим оценку мощности подходов рыб к нерестовым водоемам и возможную корректировку ОДУ. В настоящее время в отношении запасов камчатской горбуши осуществля-

ется комплексное прогнозирование. Его базовыми составляющими являются учет вылова и пропуска производителей на нерест и характеризующиеся в последние годы высокой точностью количественные траловые морские учеты скатившейся из рек молоди [Ерохин, 2002б]. Дрифтерные исследования преднерестовых скоплений позволяют уточнять сроки подходов, а в отдельных случаях и корректировать оценку ОДУ, полученную на предшествующих этапах прогноза.

***Определение мощности подходов горбуши охотоморских стад при ее анадромной миграции через Курильские проливы***

В 1998–2002 гг. в КамчатНИРО оперативная корректировка прогноза подходов многочисленных поколений горбуши Западной Камчатки велась на основе определительных таблиц, составленных по материалам анализа результатов дрифтерного мониторинга лососей последнего десятилетия и дополняемых свежими данными (табл. 1, 2).

В определительных таблицах рядом с порядковым номером тезы приведен в скобках номер антитезы. Если характеристика, приводимая в тезе, отвечает особенностям определяемого положения, следует перейти к следующему по порядку номеру тезы, если нет – к номеру антитезы.

Таблица 1

**Определение стада горбуши, доминирующего в данном году в бассейне Охотского моря**

- 1 (4). В июне суточные уловы горбуши контрольными сетями составляют:
  - в районе 46–48° с.ш. не выше 20 экз/сеть в конце месяца, среднепентадные могут достигать 15 экз/сеть;
  - в районе 48–49° с.ш. ниже 10 экз/сеть, чаще – не превышают 5 экз/сеть;
  - в районе 49–51° с.ш. на протяжении всего месяца очень низки – ниже 5 экз/сеть.
- 2 (5). В июле суточные уловы горбуши контрольными сетями составляют:
  - в районе 46–48° с.ш. до 20 экз/сеть в первую половину месяца, в последующем снижаются;
  - в районе 48–49° с.ш. в первую половину месяца держатся на июньском уровне, в период 15–20 июля возрастают до 20–30 экз/сеть, в последующем снижаются;
  - в районе 49–51° с.ш. в период 11–15 июля начинают резко возрастать. Максимальные уловы приходятся на период 21–28 июля и в несколько раз превышают таковые в июне, составляя не менее 30 экз/сеть.
- 3 (6). ГСИ самцов возрастает:
  - в районе 46–48° с.ш. в период от начала к концу июля от значений 2–3% до 5% и более;
  - в районе 49–51° с.ш. от значений 2–3% в начале июля до 5–7% в середине месяца и до 8–11% – в период максимальных уловов в конце июля.

*Многочисленна западнокамчатская горбуша. Численность сахалино-курильского стада невелика. Четные годы периода 80-х гг. XX – начала XXI в.*
- 4 (1). В июне суточные уловы горбуши контрольными сетями составляют:
  - в районе 46–48° с.ш. к концу месяца достигают 30–35 экз/сеть, пентадные – 20–25 экз/сеть;
  - в районе 48–49° с.ш. могут превышать 10 экз/сеть;
  - в районе 49–51° с.ш. достигают значений: суточные – 20 экз/сеть, среднепентадные – 15 экз/сеть.
- 5 (2). На всем протяжении Курильской гряды выраженного всплеска уловов в июле, многократно превышающего июньский уровень, нет.
- 6 (3). ГСИ самцов в период от начала к концу июля возрастает незначительно:
  - в районе 46–48° с.ш. – от значений 2–3% до 4–5%;
  - в районе 49–51° с.ш. – с 2–3% в начале месяца до 3–6% в конце

*Многочисленна горбуша сахалино-курильского стада, малочисленна – западнокамчатская. Нечетные годы периода 80-х гг. XX – начала XXI в.*

**Определение мощности подходов горбуши западнокамчатского происхождения  
в годы ее доминирования в охотоморском бассейне**

- 1 (4). Масса тела рыб на 49–51° с.ш. в середине июля составляет: самцов 1,1–1,3 кг, самок 0,9–1,2 кг.
- 2 (5). Доля самцов на 49–51° с.ш. снижается до 60% в третьей декаде июля.
- 3 (6). Максимальные суточные уловы на 49–51° с.ш. достигают или могут превышать 100 экз/сеть.  
*Подходы свыше 100 млн экз. рыб, что при оптимальном пропуске производителей на нерест (30–40 млн экз. рыб) обеспечивает промысловый запас порядка 100 тыс. т и выше. 1998 год. Под этот пункт также подпадает 1994 г. хотя вылов горбуши на Западной Камчатке в этот год составил 30 тыс. т, но промыслом можно было изъять втрое больше рыбы без ущерба для воспроизводства.*
- 4 (1). Масса тела рыб на 49–51° с.ш. в середине июля высока и составляет свыше 1,3 кг у самцов и свыше 1,2 кг у самок.
- 5 (2). Доля самцов на 49–51° с.ш. снижается несколько раньше, достигая уровня 60% к середине июля.
- 6 (3). Максимальные суточные уловы на 49–51° с.ш. не достигают 100 экз/сеть.
- 7 (8). Максимальные суточные уловы на 49–51° с.ш. составляют 50–70 экз/сеть.  
*При подходах ниже 100 млн экз. рыб и оптимальном пропуске производителей на нерест промысловый запас западнокамчатской горбуши может составить 50–60 тыс. т. 1996 и 2000 гг. В 2000 г. пропуск производителей в реки составил 20 млн экз. рыб, что в 1,5–2 раза ниже оптимального. При оптимальном уровне пропуска в данном году было бы выловлено около 55–60 тыс. т вместо фактических 85 тыс. т.*
- 8 (7). Максимальные суточные уловы не достигают 50 экз/сеть.  
*При подходах ниже 100 млн экз. рыб и оптимальном пропуске производителей на нерест промысловый запас западнокамчатской горбуши составит менее 50 тыс. т. 2002 г. Стадо Западной Камчатки данного года состояло из очень крупной горбуши: масса самцов в момент миграции через северные Курильские проливы составляла 1,4–1,6 кг, самок – 1,2–1,4 кг, что привело к вылову 50 тыс. т. Соответствующая этой биомассе численность при навесках производителей горбуши на уровне предыдущих лет дала бы вылов на 5–6 тыс. т меньше.*

Таким образом, тип динамики дрейфтерных уловов в прикурильских водах уже в июне, за месяц до начала подходов западнокамчатской и за два месяца сахалино-курильской горбуши, можно использовать в качестве предиктора высокого или низкого уровней подходов двух ее основных региональных стад. Сочетание анализа уловов и динамики биологических показателей мигрирующих группировок горбуши позволяет заблаговременно проводить диагностику ситуации и получить дополнительный материал в режиме реального времени, который является основой для уточнения объемов ОДУ.

### Литература

- Атлас* распространения в море различных стад тихоокеанских лососей в период весенне-летнего нагула и преднерестовых миграций / Под ред. О.Ф. Гриценко. 2002.— М.: Изд-во ВНИРО.— 190 с.
- Бирман И.Б.** 1985. Морской период жизни и вопросы динамики стада тихоокеанских лососей.— М.: Агропромиздат.— 208 с.
- Бугаев А.В.** Некоторые биологические показатели нерки в уловах дрейфтерных судов в экономической зоне России // Известия ТИНРО (в печати).
- Ерохин В.Г.** 1990. Распределение и биологическое состояние горбуши *Oncorhynchus gorbuscha* в океане // Вопр. ихтиологии. Т. 30. Вып. 6.— С. 1031–1036.
- Ерохин В.Г.** 2002а. Роль прибрежных вод Западной Камчатки в нагуле молоди лососей (к вопросу о рыбохозяйственной значимости прикамчатских вод в аспекте нефтегазодобывающей деятельности на шельфе дальневосточных морей) // Исследования водных биологических ресурсов Камчатки и северо-западной части Тихого океана: Сб. (юбилейный).— Петропавловск-Камчатский. Вып. 6.— С. 149–157.
- Ерохин В.Г.** 2002б. Биология молоди тихоокеанских лососей в прикамчатских водах Охотского моря // Автореф. дис. ... канд. биол. наук.— Петропавловск-Камчатский.— 24 с.

- Ерохин В.Г. и др.* 1990. Оценка запасов тихоокеанских лососей на местах зимовок в северо-западной части Тихого океана методом траловых съемок // Международный симпозиум по тихоокеанским лососям 9–17 сентября 1989 г., г. Южно-Сахалинск. Тез. докл.— Владивосток: ТИНРО-центр.— С. 53–54.
- Радченко В.И., Волков А.Ф., Фигуркин А.Л.* 1991. О зимнем нагуле горбуши в Охотском море // Биология моря. № 6.— С. 88–90.
- Радченко В.И., Рассадников О.А.* 1997. Тенденции многолетней динамики запасов азиатских лососей и определяющие ее факторы // Известия ТИНРО. Т. 122.— С. 72–94.
- Старцев А.В., Рассадников О.А.* 1997. Особенности зимнего распределения охотоморской горбуши *Oncorhynchus gorbuscha* в водах северной Пацифики // Вопр. ихтиологии. Т. 37. № 3.— С. 323–328.
- Темных О.С. и др.* 1994. Морфологическая и экологическая дифференциация горбуши в период анадромных миграций // Известия ТИНРО. Т. 116.— С. 60–74.
- Темных О.С., Малинина М.Е., Подлесных А.В.* 1997. Дифференциация анадромных миграционных потоков горбуши четных поколений в Охотском море в 90-е гг. // Известия ТИНРО. Т. 122.— С. 131–151.
- Шубин А.О., Коваленко С.А.* 2000. О временной структуре охотоморской горбуши *Oncorhynchus gorbuscha* в океане на путях ее преднерестовой миграции // Вопр. ихтиологии. Т. 40. № 5.— С. 648–654.
- Шунтов В.П.* 1994а. Новые данные о перестройках в пелагических экосистемах дальневосточных морей // Вестник Дальневосточного отделения РАН. № 2 (54).— С. 59–66.
- Шунтов В.П.* 1994б. Новые данные о морском периоде жизни азиатской горбуши // Изв. ТИНРО. Т. 116.— С. 3–41.
- Шунтов В.П. и др.* 1995. Межгодовые изменения в анадромных миграциях лососей в водах Сахалино-Курильского региона // Биология моря. Т. 21. № 2.— С. 116–124.
- Шунтов В.П. и др.* 1993. Распределение лососей в водах Сахалино-Курильского региона в период анадромных миграций // Вопр. ихтиологии. Т. 33. № 3.— С. 348–358.
- Shubin A., Kovalenko S.* 2000. Identification of pink salmon (*Oncorhynchus gorbuscha*) runs in the ocean off the Kuril Islands, Russia // Bull. NPAFC. 2. Vancouver, Canada.— P. 213–219.
- Yerokhin V.G., Shershneva V.I.* 2000. Feeding and energy characteristics of juvenile pink salmon during fall marine migrations // Bull. NPAFC. 2. Vancouver, Canada.— P. 123–130.
- Zaachny A.N.* 1996. Short-time forecast of the time and of the intensity of pink salmon prespawning migration in North-East of Kamchatka // NPAFC Int. Symp. Assessment and Status of Pacific Rim Stocks: Abstracts (Sapporo, Japan, October 28–29, 1996). Sapporo.— 78 p.

УДК 597-116:597.553.2 (282.257.166)

---

## **К методике определения оптимального количества производителей нерки (*Oncorhynchus nerka*) р. Озерная (Западная Камчатка)**

*Л.В. Миловская, С.Б. Городовская,  
Т.И. Толстяк (КамчатНИРО)*

Озеро Курильское (бассейн р. Озерной) является нерестово-нагульным водоемом крупнейшего на азиатском материке стада нерки (*Oncorhynchus nerka* Walbaum), которую традиционно называют озерновской неркой. Озеро расположено близ южной оконечности полуострова Камчатка, приблизительно в 70 км к северо-востоку от м. Лопатка, на расстоянии 40 км от западного побережья и около 20 км от восточного. Оно относится к наиболее глубоким водоемам Евразии: средняя глубина — 180 м, максимальная — 316 м. Длина — 12,6 км, средняя ширина — 6,3 км, объем — 14,6 км<sup>3</sup>. Озерная котловина имеет форму параболоида. Литораль выражена слабо. Озеро замерзает не каждый год, годы без ледостава составляют около 57%. Снижение продолжительности ледостава либо его отсутствие приво-

дят к снижению температуры воды из-за зимнего ветрового выхолаживания. Диапазон изменений среднегодовой температуры воды в слое 0–100 м составляет 2,1–4,2 °С при среднемноголетней 3,3 °С.

Численность заходящих на нерест производителей варьируется от 0,26 до 6,0 млн экз. Выживаемость икры традиционно высокая (~73,6%). Молодь нерки нагуливается в озере 1–3 года, основная часть покатной молоди представлена особями с возрастом 2+ (~85%). Молодь питается в основном пелагическими ракообразными *Cyclops scutifer* Sars и *Daphnia longiremis* Sars [Носова, 1972а, 1972б, 1974], среднегодовая биомасса которых изменялась в пределах 15–242 мг/м<sup>3</sup> при среднемноголетней 115 мг/м<sup>3</sup>.

В зависимости от условий нагула молоди варьируется и темп полового развития покатников и их возрастной состав [Городовская, 2002]. Известно, что температура воды оказывает влияние на развитие половых клеток рыб [Гербильский, 1939; Сакун, Буцкая, 1963; Сакун, 1965]. Под влиянием температуры половые циклы могут смещаться по времени, так как продолжительность определенной стадии развития в значительной мере определяется суммой тепла [Мейен, 1939; Йогансен, 1955]. При низкой температуре процессы развития половых клеток у рыб замедляются, изменяется соотношение числа клеток, находящихся на разных стадиях гаметогенеза у лососей [Персов, Сакун, 1962; Иванков, 1985]. Воздействие пониженных температур на самок приводит к задержке развития в период превителлогенеза, что вызывает уменьшение размеров икринок и снижение плодовитости [Чмилевский, 1995].

На степень развития гонад у покатников нерки оказывает влияние также специфика нагульно-выростных водоемов. Так, покатники из хорошо прогреваемого оз. Дальнее скатываются с более развитыми половыми клетками по сравнению с мигрантами из оз. Курильское [Иевлева, 1970а, 1970б]. Половые клетки гонад самок покатников озерновской нерки представлены клетками периода мейотических преобразований (мейоцитами) и ооцитами 1–3-й ступеней периода превителлогенеза (при доминировании в большинстве случаев ооцитов 2-й ступени). Ооциты 4-й ступени встречались единично в 1966–1976 гг., т.е. в годы низкой численности озерновской нерки. Так, ооциты 4-й ступени отмечены у покатников 1976 г. (0,98%) от минимальной численности отнерестившихся рыб в 1973 г. — 0,26 млн экз. У покатников из оз. Дальнее в годы минимальной численности доля клеток 4-й ступени доходила до 4,3% [Иевлева, 1970а].

Эксперименты по искусственному выращиванию молоди озерновской нерки с использованием геотермальной воды и в отсутствии дефицита корма продемонстрировали ускорение темпа полового развития и увеличение доли ооцитов 3-й ступени, что подтверждает достаточно большие потенциальные возможности молоди нерки при наличии благоприятных условий [Попова, Толстяк, 1983; Толстяк, 1988], большей частью нереализуемых в условиях оз. Курильского.

Уровень кормовой базы, размер и масса тела покатной молоди зависят от численности производителей и совместно нагуливающих поколений озерновской нерки [Дубынин, 1986; Milovskaya, Selifonov, 1994]. Предварительная оценка влияния численности родителей и условий пресноводного нагула позволила в общих чертах выявить связь между состоянием половых клеток и параметрами, их определяющими [Milovskaya et al., 2002].

У нерки как вида с моноциклическим типом размножения скорость развития гонад определяет продолжительность жизни, темп созревания поколений и в конечном счете численность подходов.

Цель данной работы — количественная оценка влияния величины ежегодного пропуска производителей на нерестилища в оз. Курильское и условий пресноводного нагула на соотношение и размер половых клеток различных фаз развития в ичниках самок покатников озерновской нерки.

## Материал и методика

Для оценки влияния условий нагула на состояние половых клеток использованы данные М.Я. Иевлевой по физиологическому состоянию гонад у самок

покатников озерновской нерки за 1968, 1976–1977 и 1979 гг., а также данные Т.И. Толстяк за 1973–1975, 1978 и 1980–1982 гг. и С.Б. Городовской за 1983–1987 и 1996–1999 гг. Также использовались данные Т.В. Егоровой, М.М. Селифонова и В.А. Дубынина по заходам производителей нерки, массе тела покатников доминирующей возрастной группы 2+ и архивные данные по среднегодовой температуре слоя воды в 0–100 м, данные И.А. Носовой и Л.В. Миловской по среднегодовой биомассе ракообразных, расчетные данные Л.В. Миловской по годовой продукции ракообразных, величине элиминированной биомассы и пищевой обеспеченности.

Биомассу циклопов и дафний определяли на основании веса отдельных возрастных стадий, определенных И.А. Носовой [1970] для *Cyclops scutifer* оз. Курильское и И.И. Куренковым [1975а] для *Daphnia longiremis*. Продукцию ракообразных определяли по модифицированной формуле Г.Г. Винберга [Методы..., 1968] с учетом температуры в зоне обитания популяции (средняя температура слоя 0–100 м для копеподитов циклопов I–III стадий и средняя температура слоя 0–200 м для дафний и остальных возрастных стадий циклопов). Продолжительность развития и весовые приросты ракообразных в зависимости от температуры взяты из работ И.И. Куренкова [1975а, 1975б].

Величина элиминированной биомассы ракообразных определялась суммированием биомассы и ее прироста (продукции) за прошедший год за вычетом из этой суммы биомассы текущего года, например:

$$B_{\text{элим.}} = (B_{1980} + P_{1980}) - B_{1981}$$

Условная пищевая обеспеченность (УПО) молоди нерки определялась как частное от деления величины элиминированной биомассы ракообразных на численность заходов производителей, поколения которых одновременно нагуливались в возрасте 0+ и 1+ , т.е. в год основного нагула смолтов — за год до ската [Milovskaya, 2002a, 2002b]. Данный подход применен из-за отсутствия данных по ежегодной абсолютной численности молоди разных возрастов.

Возраст, пол и масса тела покатников определены ст.науч.сотрудником В.А. Дубыниным.

Ежегодно на анализ брали гонады от 40–60 самок покатников нерки возраста 2+. Гонады фиксировали в жидкости Буэна. Яичники заливали в парафин, срезы в продольном направлении толщиной 5 мкм окрашивали железным гематоксилином по Гейденгайну [Ромейс, 1954]. За годы исследований было проанализировано более 1000 яичников самок покатников. Просчитано более 60,2 тыс. клеток, измерено около 45 тыс. клеток.

Степень развития половых клеток определялась на основе периодизации оогенеза, разработанной Г.М. Персовым [1966] для лососевых рыб с учетом особенностей развития ооцитов у нерки [Иевлева, 1970а]. Состояние половых клеток оценивали по трем параметрам: содержанию клеток периода мейотических преобразований (представленных оогониями ранней профазы мейоза), относительному содержанию и размерам ооцитов и их ядер разных ступеней периода протоплазматического роста. В ходе обработки материала выяснилось, что между диаметрами ооцитов ( $D$ ) и их ядер ( $d$ ) существует тесная линейная связь, описываемая следующей зависимостью:  $d = 0,4765 \times D + 5,1023$  ( $R^2 = 0,978$ ), поэтому при дальнейшем анализе оперировали только диаметрами ооцитов.

Для выяснения механизма влияния основных факторов на содержание мейоцитов, а также на содержание и размер ооцитов периода протоплазматического роста на основе корреляционных матриц была составлена схема связей, демонстрирующих направленность процессов. Предварительный анализ показал неоднозначность влияния, определяемого величиной зависимого параметра (значения выше и ниже средней). На данном описательном этапе наиболее адекватной оказалась модель кусочно-линейной регрессии метод нелинейной оценки (пакет статистических программ STATISTICA 6.0). Для более корректного описания зависимости все данные предварительно были приведены к сопоставимой размерности — величина пропуска на нерест дана в млн экз.; относительное содержание половых

клеток, находящихся на разных ступенях развития, выражено в долях; диаметр клеток дан в  $\mu\text{м} \cdot 10^{-2}$ ; температура воды представлена в  $^{\circ}\text{C}$  и пищевая обеспеченность — в условных единицах.

Для характеристики условий и зависимых параметров определялись минимальное, среднее и максимальное значения, и градации уровней (в соответствии с характером распределения). Низкий диапазон значений включает 25% случаев, средний — 50% и высокий — 25%.

## Результаты и обсуждение

### Характеристика условий нагула и состояния половых клеток самок покотников нерки

Для выявления причин изменчивости темпа оогенеза молоди нерки были предварительно рассчитаны корреляционные связи, которые показали, что основными факторами, определяющими соотношение и размер половых клеток, находящихся на разных стадиях развития, являются величина пропуска производителей, суммарная численность подходов в смежные годы (опосредованно характеризующая численность смежных поколений), среднегодовая температура воды, пищевая обеспеченность (которая зависит как от уровня кормовой базы, так и от численности молоди смежных поколений, нагуливающих одновременно) и масса тела покотников. Все данные отнесены к году ската, например, масса тела покотников и характеристика состояния половых клеток в скате 1968 г., температура воды и пищевая обеспеченность приводится за 1967 г. — год основного нагула, численность отнерестившихся рыб за 1965 г. (рис. 1).

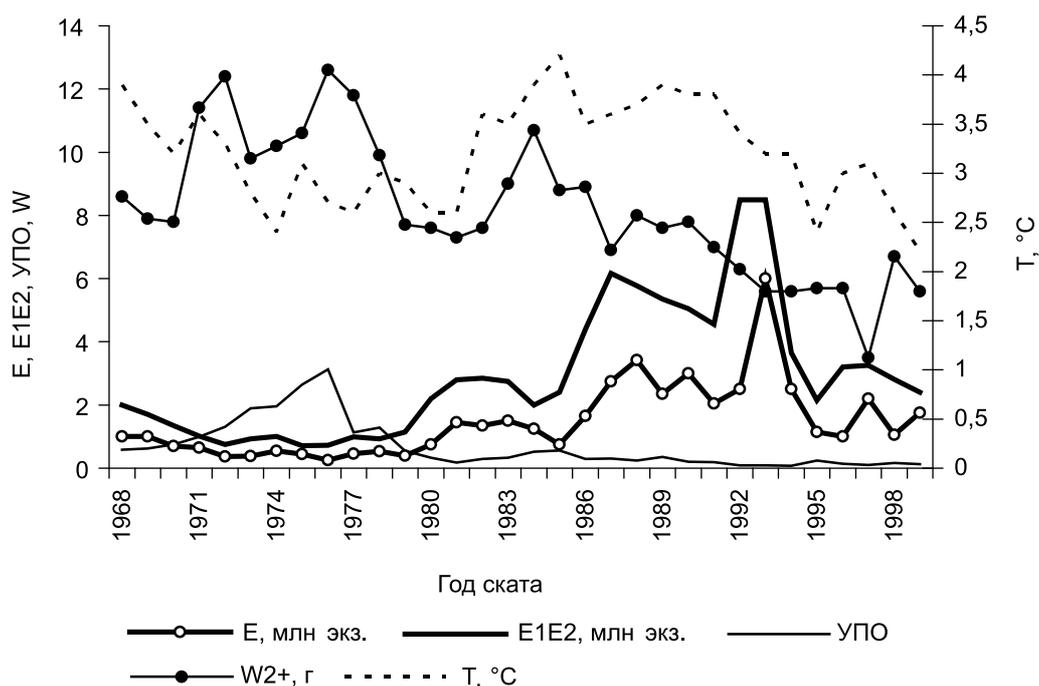


Рис. 1. Изменения численности ежегодных пропусков на нерест ( $E$ ), суммы подходов за 2 смежных года ( $E1E2$ ), условной пищевой обеспеченности ( $УПО$ ), массы тела покотников возраста 2+ ( $W$ ) и среднегодовой температуры воды в слое 0–100 м ( $T$   $^{\circ}\text{C}$ )

Диапазон изменчивости факторов, определявших состояние половых клеток покотников в период 1968–1999 гг., охватил как минимальный, так и максимальный уровень изменения массы тела покотников, пищевой обеспеченности, температуры воды, кроме лет высоких пропусков производителей в озеро (до 6,0 млн экз.) и высокой численности нагуливающейся молоди, оцениваемой по сумме двух

смежных пропусков (до 8,5 млн экз.). Годы ската в анализируемом ряде (1968, 1973–1987 и 1996–1999 гг.) соответствуют 1965, 1970–1984 и 1993–1996 гг. нереста родителей. Диапазон изменения величины пропуска на нерест составлял 0,26–2,75 млн экз., а сумма смежных заходов за 2 года – 0,71–6,17 млн экз. Характеристики условий даны на базе всего имеющегося ряда наблюдений (табл. 1).

Таблица 1

**Характеристики факторов, оказывающих влияние на темп оогенеза покотников озерновской нерки**

Показатели	E <sup>1</sup> , млн экз. (1940–2000)	E1E2 <sup>2</sup> , млн экз. (1940–2000)	W2+ <sup>3</sup> , г (1943–2000)	T°C <sup>4</sup> (1942–2000)	УПО <sup>5</sup> (1950–2000)
Минимум	0,26	0,71	3,5	2,1	0,076
Максимум	6,00	8,50	12,6	4,2	3,125
Средняя	1,46	2,83	8,0	3,3	0,615
Низкий уровень	<0,62	<1,30	<6,8	<3,1	<0,183
Средний уровень	0,62–2,10	1,30–4,05	6,8–9,0	3,1–3,6	0,183–0,607
Высокий уровень	>2,10	>4,05	>9,0	>3,6	>0,607

<sup>1</sup> E – количество отнерестившихся рыб (величина пропуска).

<sup>2</sup> E1E2 – сумма пропусков за 2 года, поколения которых нагуливались одновременно в возрасте 0+ и 1+.

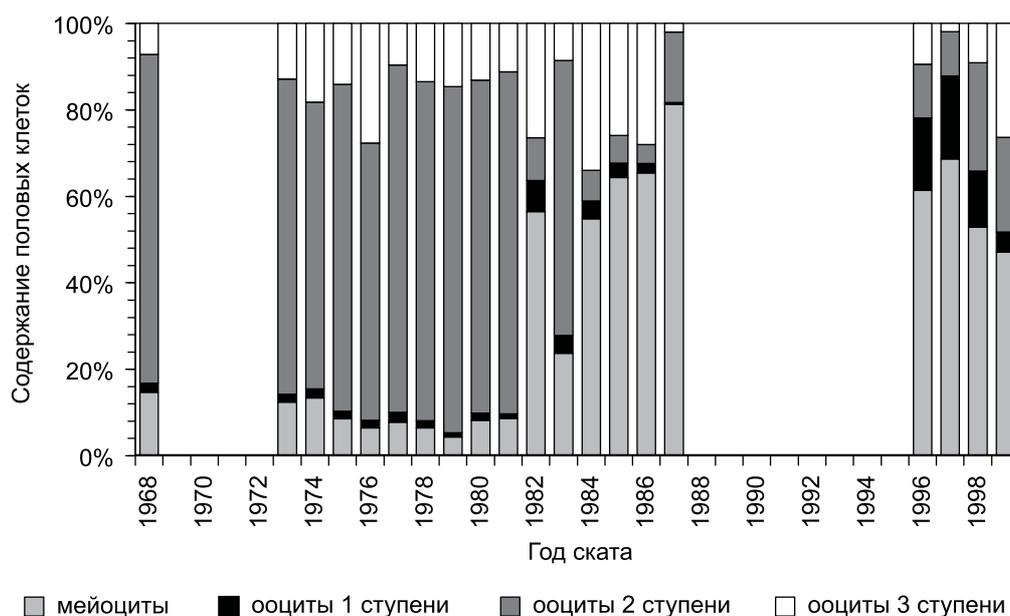
<sup>3</sup> W2+ – масса тела смолтов возраста 2+.

<sup>4</sup> T°C – среднегодовая температура воды в слое 0–100 м в год основного нагула смолтов (т.е. за год до ската).

<sup>5</sup> УПО – среднегодовая условная пищевая обеспеченность.

Исследования оогенеза покотников озерновской нерки, продолженные после М.Я. Иевлевой, Т.И. Толстяк и позднее С.Б. Городовской, позволили накопить достаточно длительный ряд (20 лет) для характеристики темпа оогенеза в период наиболее динамичных изменений численности стада и условий нагула молоди (рис. 2). Характеристики показателей темпа оогенеза даны на базе имеющегося 20-летнего ряда наблюдений (табл. 2).

Покотники 1968–1981 гг. от нереста соответственно 1965–1978 гг. характеризовались наименее вариабельным темпом оогенеза (см. рис. 2) с содержанием клеток



**Рис. 2.** Изменения соотношения половых клеток, находящихся на разных ступенях развития, в гонадах самок покотников

**Характеристика параметров темпа оогенеза покотников озерновской нерки  
на базе 20-летнего ряда наблюдений**

Показатели	Содержание мейоцитов, %	Период протоплазматического роста					
		Содержание ооцитов, %			Диаметр ооцитов, мкм		
	M <sup>1</sup>	O1 <sup>2</sup>	O2 <sup>2</sup>	O3 <sup>2</sup>	D1 <sup>3</sup>	D2 <sup>3</sup>	D3 <sup>3</sup>
Минимум	4,1	0,5	4,4	2,0	35	75	101
Максимум	81,2	19,2	80,5	34,0	96	155	229
Средняя	33,2	4,6	46,2	15,7	50	109	140
Низкий уровень	<8,2	<1,7	<11,9	<9,4	<42	<89	<114
Средний уровень	8,2–57,6	1,7–4,3	11,9–76,4	9,4–26,1	42–54	89–124	114–154
Высокий уровень	>57,6	>4,3	>76,4	>26,1	>54	>124	>154

<sup>1</sup> M – содержание мейоцитов.

<sup>2</sup> O1–O3 – содержание ооцитов 1–3-й ступеней.

<sup>3</sup> D1–D3 – диаметр ооцитов 1–3-й ступеней.

периода мейотических преобразований (4,1–14,5%) ниже среднемноголетней величины и абсолютным доминированием ооцитов 2-й ступени периода протоплазматического роста (64,3–80,5%). Стабильный темп оогенеза в данный период был обусловлен количеством отнерестовавших производителей (0,26–1,45 млн экз.) ниже среднемноголетнего, нагулом малочисленных поколений и соответственно средней и высокой пищевой обеспеченностью (0,328–3,125). Исключением были покотники 1981 г., пищевая обеспеченность которых составляла 0,176. Масса тела покотников в данные годы характеризовалась средним и высоким уровнем (7,3–12,6 г). Нагул проходил при низком и среднем диапазоне температур.

По мере увеличения пропусков наблюдалось замедление темпа оогенеза в 1980-е гг. Данные по состоянию яичников охватили большую часть этого периода – 1980–1987 гг. Доля мейоцитов увеличилась с 8,0 до 81,2% и возросла доля наименее развитых клеток периода протоплазматического роста – ооцитов 1-й ступени с 0,5 до 7,2%. Исключение составили покотники 1983 г., у которых преобладали ооциты 2-й ступени (63,7%). Период 1980-х гг. характеризовался повышенной среднегодовой температурой воды (3,4–4,2 °C) и в большинстве случаев высокой биомассой пелагических ракообразных (76–242 мг/м<sup>3</sup>). Однако за счет увеличения пропусков на нерест (0,75–2,75 млн экз.) и возрастания численности нагуливающейся молодежи нерки сократилась пищевая обеспеченность (0,204–0,558), что повлекло снижение массы тела покотников (6,9–10,7 г).

В 1988 г. исследования были прерваны и возобновлены в 1996 г. Именно в этот период произошли наиболее динамичные изменения в экосистеме озера, обусловленные очень высоким пропуском производителей на нерест (3,42 млн экз. в 1985 г., 3,0 млн экз. в 1987 г., 2,5 млн экз. в 1989 г. и 1991 г., 6,0 млн экз. в 1990 г.) и соответственно нагулом большого количества молодежи. Нагул проходил при последовательно снижавшейся среднегодовой температуре воды (с 3,7 до 2,4 °C), катастрофически снижавшейся биомассе ракообразных (со 178 до 15 мг/м<sup>3</sup>) и беспрецедентном снижении пищевой обеспеченности (до 0,076), вследствие чего масса тела покотников от данных лет нереста снизилась и не превышала 5,6–8,0 г. Из-за прекращения исследований, считавшихся в то время неперспективными, отсутствует ценнейшая информация о влиянии максимальной величины пропуска на темп оогенеза молодежи нерки.

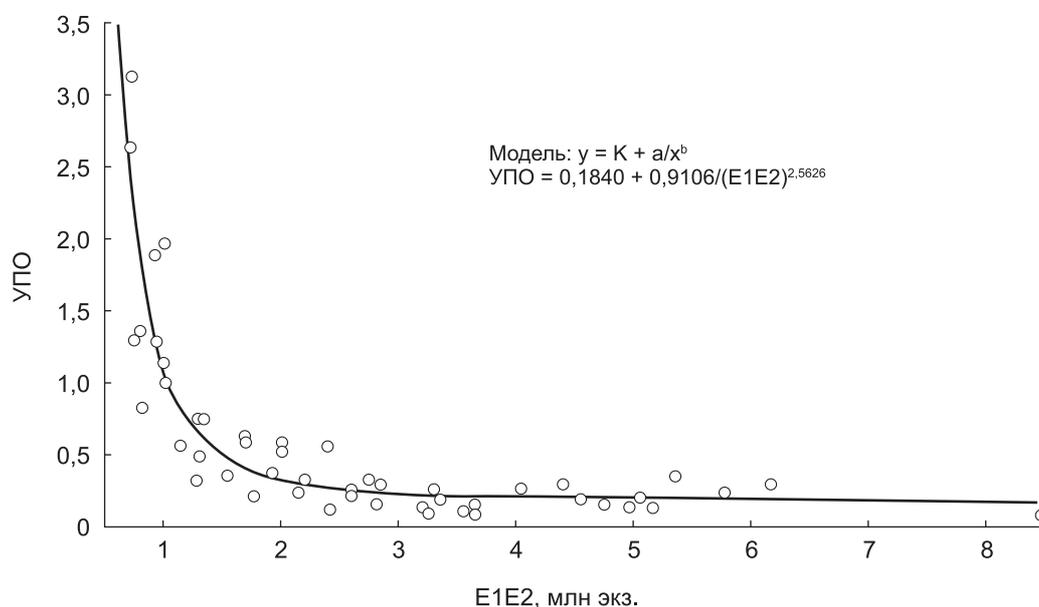
Поколения от нереста 1993–1996 гг. (1,0–2,2 млн экз.), скатившихся в 1996–1999 гг., нагуливались при низкой температуре воды (2,2–3,1 °C) и минимальной пищевой обеспеченности (0,099–0,165). Масса тела покотников данных поколений была самой низкой (3,5–6,7 г). Возобновление исследований оогенеза с 1996 г. и продолжавшихся в последующие годы показало, что у покотников началось со-

крашение содержания мейоцитов с 68 до 47% при высоком уровне содержания наименее развитых клеток периода протоплазматического роста — ооцитов 1-й ступени (4,7–19,2%).

### ***Факторы, определяющие темп оогенеза покотников озерновской нерки***

Факторы среды (биотические и абиотические) комплексно воздействуют на организм [Мина, Клевезаль, 1976; Бретт, 1983]. Мы предположили, что на физиологическое состояние половых клеток самок покотников оказывает влияние численность отнерестившихся рыб (величина пропуска на нерест) и условия нагула молоди (температура воды и пищевая обеспеченность).

Численность нагуливающейся молоди зависит как от ежегодного количества отнерестившихся производителей, так и от суммы пропусков за два смежных года. Численность же молоди, в свою очередь, определяет пищевую обеспеченность. Связь условной пищевой обеспеченности (УПО) с суммарной величиной пропуска производителей в смежные годы (E1E2) в период наблюдений за кормовой базой пелагиали озера (1950–2000) оказалась очень тесной ( $R^2 = 0,801$ ) (рис. 3).



**Рис. 3.** Зависимость пищевой обеспеченности (УПО) молоди от суммарной численности отнерестовавших производителей нерки за два смежных года (E1E2) в 1950–2000 гг.

При суммарном количестве отнерестовавших производителей, не превышающем 1,0 млн экз., за два смежных года (смежные заходы) пищевая обеспеченность оказывается очень высокой ( $> 0,607$ ). При смежных заходах от 1 до 2 млн экз. пищевая обеспеченность находится на среднем уровне (0,183–0,607). При смежных заходах от 2 до 3 млн экз. — на среднем и низком уровне (0,131–0,591). При смежных заходах свыше 3 млн экз. (т.е. когда ежегодный пропуск превышает оптимальную величину в 1,5 млн экз.) пищевая обеспеченность находится в пределах 0,076–0,351. В условиях ограниченной нагульной емкости озера именно численность смежных поколений контролирует уровень кормовой базы.

У покотников 1968–1999 гг. связь пищевой обеспеченности с суммарной численностью двух смежных заходов более тесная ( $R^2 = 0,920$ ) по сравнению со всем рядом наблюдений ( $R^2 = 0,801$ ), охватывающем период 1950–2000 гг.

Между массой тела покотников (W) доминирующей возрастной группы 2+ и пищевой обеспеченностью в течение основного нагула (т.е. за год до ската) в период 1967–1998 гг. существует логарифмическая зависимость ( $R^2 = 0,722$ ):

$$W = 9,819 + 4,310 \log УПО \quad (1)$$

Темп весового роста молоди в озере, интегрирующим показателем которого является масса тела покотников, определяет содержание мейоцитов ( $r = -0,552$ ;  $p < 0,05$ ), содержание ооцитов 1-й ступени ( $r = -0,651$ ;  $p < 0,01$ ) и 2-й ступени ( $r = 0,463$ ;  $p < 0,05$ ), а также размер наиболее развитых клеток для покотников озерновской нерки – ооцитов 3-й ступени ( $r = -0,523$ ;  $p < 0,05$ ).

### ***Факторы, определяющие содержание клеток периода мейотических преобразований***

Содержание клеток периода мейотических преобразований (мейоцитов) зависит от численности родителей ( $r = 0,739$ ;  $p < 0,001$ ), численности смежных поколений, оцениваемых по сумме двух смежных заходов, ( $r = 0,798$ ;  $p < 0,001$ ), среднегодовой температуры воды в слое 0–100 м ( $r = 0,464$ ;  $p < 0,05$ ) и производных от данных факторов показателями: пищевой обеспеченности ( $r = -0,569$ ;  $p < 0,01$ ) и массы тела покотников ( $r = -0,552$ ;  $p < 0,05$ ).

При сумме смежных заходов, не превышающих 2 млн экз., содержание мейоцитов гораздо ниже среднемноголетней (33,2%) и составляет 4–13%, при такой величине заходов не происходит задержка развития на стадии мейотических преобразований. При суммарной численности от 2 до 3 млн экз. содержание мейоцитов наиболее изменчиво (8–64%) и определяется уровнем нагульной емкости экосистемы, зависящей от скорости воспроизводства кормовых организмов при существующем уровне прогрева. При суммарной численности смежных заходов, превышающих 3 млн экз., содержание мейоцитов увеличивается до 60% и более. Иными словами, после превышения порога величины смежных заходов 3 млн экз. всегда наблюдается задержка гаметогенеза на стадии мейотических преобразований. Это обстоятельство подтверждает точку зрения М.М. Селифонова [1988] об оптимуме производителей около 1,5 млн экз.

Нагульная емкость озера – величина переменная и при увеличении температуры (что наиболее важно для холодноводного Курильского озера) скорость продукционных процессов увеличивается и кормовые ресурсы озера могут обеспечивать массу тела покотников на уровне среднемноголетней от заходов, превышающих оптимальные [Milovskaya et al., 1998]. Но, как показал анализ темпа оогенеза, у покотников от высоких заходов происходит задержка развития гонад на стадии мейотических преобразований и снижение содержания клеток следующих ступеней развития. Вопрос, насколько такая задержка развития может компенсироваться условиями морского нагула и влиять на формирование возрастного состава, остается пока открытым.

На содержание мейоцитов у будущих покотников наиболее сильное влияние оказывает численность смежных поколений в первый год нагула (возраст 0+) ( $r = 0,838$ ;  $p < 0,001$ ), поскольку мейоциты являются самой ранней стадией развития половых клеток. Скорость мейотических преобразований у молоди в Курильском озере в большей степени задается стартовыми условиями первого года роста (прежде всего, пищевой обеспеченностью, зависящей от численности смежного поколения второго, более конкурентоспособного, года нагула). Сильное влияние на содержание мейоцитов оказывает и численность родителей ( $r = 0,739$ ;  $p < 0,001$ ).

Во второй год нагула (возраст 1+) влияние численности смежных поколений остается высоким ( $r = 0,798$ ;  $p < 0,001$ ), хотя и несколько ослабевает по сравнению с первым годом.

Особенностью Курильского озера, помимо холодноводности, является то, что его литораль, по сравнению с другими нерковыми нерестово-нагульными озерами Камчатки, выражена слабо. Кормовые ресурсы литорали более ограничены по сравнению с пелагиалью. Молодь нерки после рассасывания желточного мешка нагуливается, в среднем три месяца в литорали [Селифонов, 1975; Введенская, Травина, 2001]. Наиболее предпочитаемым кормом в литоральный период являются хирономиды [Введенская, Травина, 2001]. Анализ состава бентосных беспозвоночных на разных глубинах показал исключительное значение литорали для откорма молоди нерки на ранних этапах нагула в озере Курильском. Кормовые

ресурсы сублиторали и профундали непригодны для питания, так как ее обитателями являются черви и остракоды, которых молодь не использует [Введенская, Травина, 2001]. Влияние пищевой обеспеченности в литоральный период жизни молоди оценить невозможно из-за отсутствия длительного ряда наблюдений за кормовыми ресурсами литорали. К концу августа сеголетки нерки откочевывают в пелагиаль [Селифонов, 1970, 1974, 1975] и переходят на питание зоопланктоном [Егорова, 1967; Носова, 19726, 1974; Бугаев, 1995].

Влияние численности смежных поколений вполне понятно, так как сеголетки после откочевки в пелагиаль нагуливаются совместно с рыбами возраста 1+, которые имеют преимущество при питании, и если численность более старшей молоди значительна, то продолжительность стадии мейотических преобразований увеличивается. Во второй (основной) год нагула конкурентоспособность молоди возрастает, но не всегда может компенсировать задержку развития на стадии мейотических преобразований. Именно поэтому при увеличении заходов и соответственно возрастании численности смежных поколений у самок покотников начинают доминировать в гонадах мейоциты.

Влияние температуры на содержание мейоцитов слабое и одинаковое ( $r = 0,464$ ;  $p < 0,05$ ) как для первого, так и второго года роста.

Совокупное действие суммарной численности смежных поколений родителей ( $E1E2$ ) и среднегодовой температуры воды в слое 0–100 м ( $T^\circ$ ) на содержание мейоцитов ( $M$ ) у самок нерки возраста 2+ оказалось очень сильным ( $R^2 = 0,978$ ):

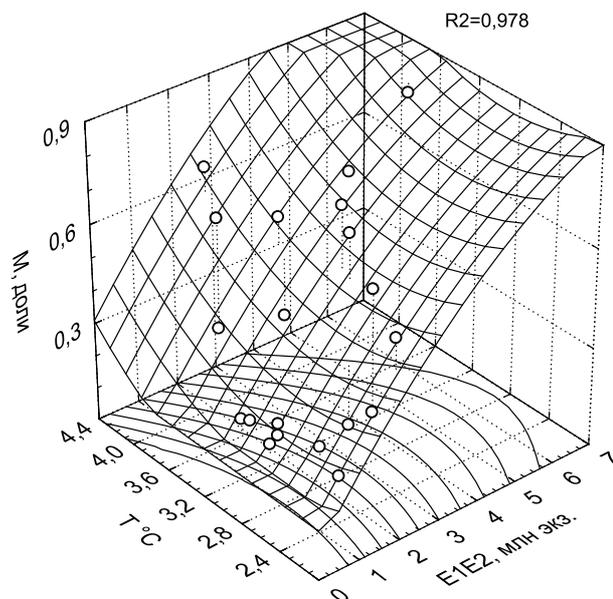
$$M = K + E1E2 + bT^\circ \quad (2)$$

Значения константы и коэффициентов зависят от содержания мейоцитов относительно средней (0,33), выраженной в долях:

	$K$	$a$	$b$
Доля $M < 0,33$	-0,0808	0,0269	0,0491
Доля $M > 0,33$	0,2059	0,0621	0,0616

По мере роста численности смежных поколений и температуры воды содержание мейоцитов увеличивается (рис. 4).

Тенденция снижения содержания мейоцитов в годы с низкой температурой воды, возможно, является приспособительной реакцией организма, направленной



**Рис. 4.** Зависимость содержания мейоцитов ( $M$ ) у покотников от численности смежных поколений ( $E1E2$ ) и среднегодовой температуры воды ( $T^\circ C$ ) во второй год нагула

ной на сохранение популяции. При низкой температуре уровень обмена снижается, и для организма более важным является использование энергии на ускоренную дифференцировку мейоцитов в ооциты протоплазматического роста.

Содержание мейоцитов влияет не только на долю ооцитов 1-й ( $r = 0,529$ ;  $p < 0,05$ ) и 2-й ступеней ( $r = -0,963$ ;  $p < 0,001$ ) периода протоплазматического роста, но и на диаметр клеток 2-й ( $r = -0,844$ ;  $p < 0,001$ ) и 3-й ступени ( $r = -0,583$ ;  $p < 0,01$ ) и является очень важной базовой характеристикой темпа оогенеза.

### **Факторы, влияющие на содержание и размер клеток периода протоплазматического роста**

Увеличение содержания мейоцитов, как правило, сопровождается увеличением доли наименее развитых клеток периода протоплазматического роста – ооцитов 1-й ступени ( $r = 0,529$ ;  $p < 0,05$ ). При низком содержании мейоцитов (менее 8,2%) доля ооцитов 1-й ступени обычно не превышает 2%. При среднем и высоком содержании мейоцитов (выше 8,2%) доля ооцитов 1-й ступени в большинстве случаев не снижается ниже средней величины (4,6%).

Нелинейная зависимость содержания ооцитов 1-й ступени от пищевой обеспеченности оказалась достаточно выраженной ( $R^2 = 0,646$ ) (рис. 5).

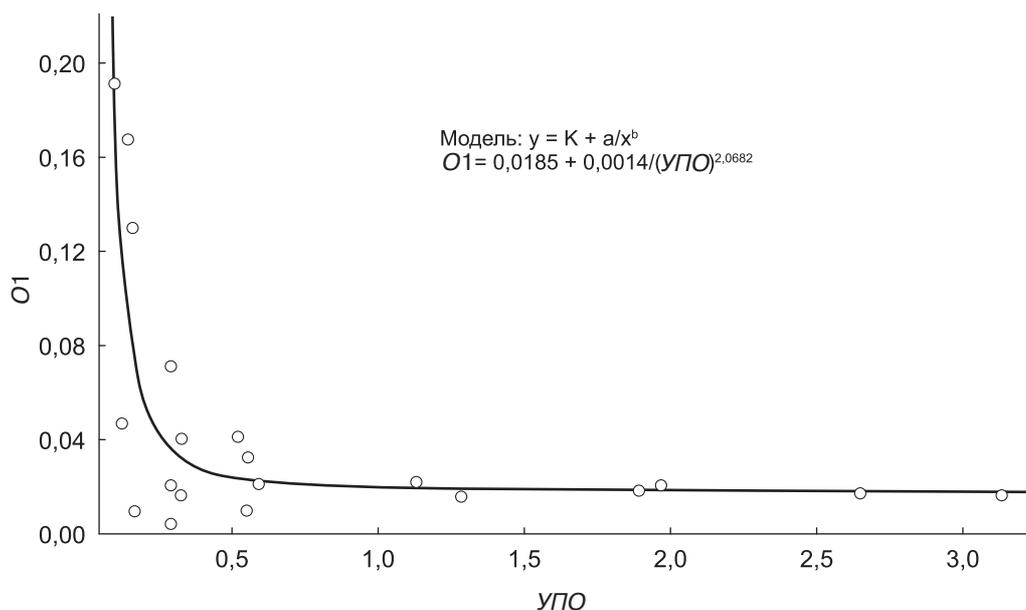
При увеличении пищевой обеспеченности от низкого уровня (<0,183) до средней величины (0,615) содержание ооцитов 1-й ступени стремительно сокращается. Дальнейшее увеличение пищевой обеспеченности не оказывает влияние на содержание данных клеток, которое остается стабильно низким. Биологический смысл такой связи вполне очевиден. В условиях высокой пищевой обеспеченности развитие половых клеток интенсифицируется и увеличивается доля клеток последующих ступеней развития.

Совместное влияние содержания мейоцитов ( $M$ ) и пищевой обеспеченности ( $УПО$ ) во второй год роста на содержание ооцитов 1-й ступени ( $O1$ ) оказалось сильным ( $R^2 = 0,929$ ):

$$O1 = K + \alpha УПО + bM \quad (3)$$

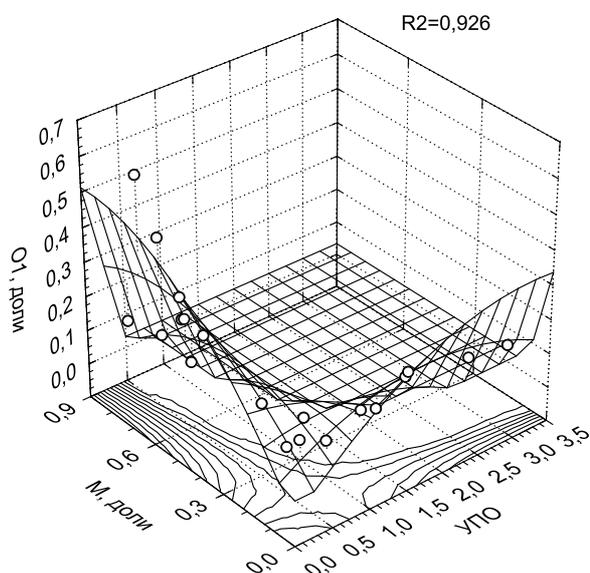
Значения константы и коэффициентов меняются в зависимости от содержания ооцитов 1-й ступени относительно средней (0,046), выраженной в долях:

	$K$	$a$	$b$
Доля $O1 < 0,046$	0,0195	-0,0004	0,0077
Доля $O1 > 0,046$	-0,1709	-0,2640	0,5887



**Рис. 5.** Зависимость содержания ооцитов 1-й ступени ( $O1$ , доли) от условной пищевой обеспеченности ( $УПО$ ) во второй год нагула молодежи (покатников будущего года)

По мере увеличения содержания мейоцитов и снижения пищевой обеспеченности во второй год роста либо при снижении содержания мейоцитов и увеличении пищевой обеспеченности доля ооцитов 1-й ступени у озерновской нерки возрастает (рис. 6).



**Рис. 6.** Совместное влияние содержания мейоцитов ( $M$ ) и пищевой обеспеченности, выраженной в условных единицах ( $УПО$ ) на содержание ооцитов 1-ой ступени ( $O1$ )

Но поскольку содержание мейоцитов зависит от численности смежных поколений, а масса тела — от пищевой обеспеченности во второй год нагула, то по мере снижения массы тела покотников и увеличения численности смежных поколений, содержание ооцитов 1-й ступени, как правило, возрастает. Наибольшее содержание  $O1$ , превышающее средний уровень ( $>4,3\%$ ), характерно для покотников с массой тела ниже средней ( $8,0$  г). Низкий уровень содержания  $O1$  ( $<1,7\%$ ) прослеживается либо у крупных покотников ( $>9,0$  г) при малой численности смежных поколений, либо у мелких покотников ( $<6,7$  г) при высокой численности смежных поколений.

Диаметр ооцитов 1-й ступени в условиях Курильского озера имеет тенденцию к слабой линейной связи с количеством отнерестовавших рыб, среднегодовой температурой воды во второй год нагула, массой тела покотников и содержанием клеток данной ступени развития. Значения коэффициентов корреляции ниже  $0,45$  и недостоверны.

Сила связи, рассчитанная методом нелинейной оценки, возрастает по мере увеличения числа факторов. Так, при учете численности отнерестившихся рыб и температуры воды на диаметр ооциотов 1-й ступени коэффициент корреляции существенно повышается ( $R^2 = 0,793$ ), а при учете совместного влияния численности, температуры и массы тела покотников  $R^2$  становится равным  $0,804$ . Наиболее тесной оказывается связь при учете комплексного влияния численности отнерестившихся рыб ( $E$ ), температуры ( $T^\circ$ ), массы тела покотников ( $W$ ) и содержания клеток 1-й ступени ( $O1$ ) на диаметр ооциотов 1-й ступени ( $D1$ ) ( $R^2 = 0,956$ ), т.е. существует функциональная зависимость (уравнение 4).

$$D1 = K + \alpha E + bT^\circ + cW + dO1 \quad (4)$$

Значения константы и коэффициентов зависят от размера клеток 1-й ступени относительно верхней границы среднего уровня ( $0,54$ ). Диаметр ооциотов 1-й ступени приведен в  $\text{мкм} \cdot 10^{-2}$ :

	$K$	$a$	$b$	$c$	$d$
$D1 < 0,54$	0,1739	0,0283	0,0516	0,0076	0,8173
$D1 > 0,54$	-3,7263	0,4768	0,1750	0,3355	8,220

Наибольшее влияние факторов, определяющих размер ооцитов 1-й ступени, оказалось при размерах клеток выше среднего уровня.

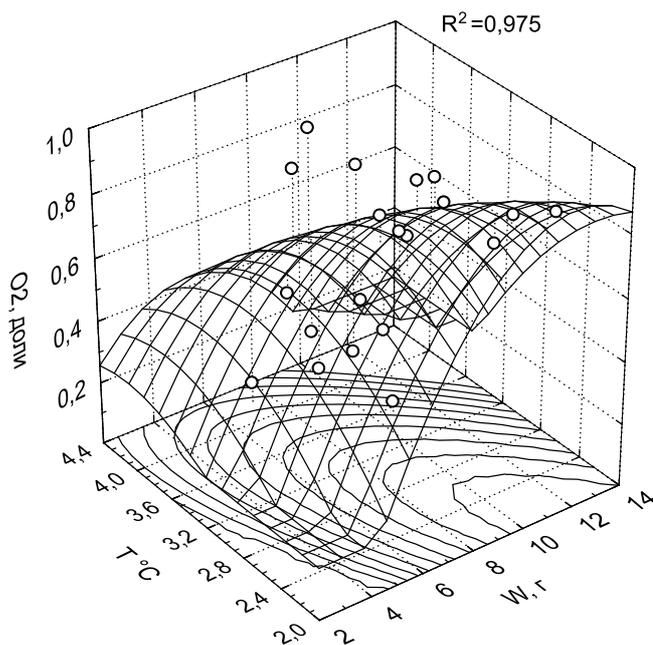
У покатников озерновской нерки в большинстве случаев доминируют ооциты 2-й ступени периода протоплазматического роста. Содержание ооцитов 2-й ступени линейно зависит от массы тела покатников ( $r = 0,463$ ;  $p < 0,05$ ), которая, в свою очередь, является интегрирующим показателем как количества отнерестившихся производителей, так и пищевой обеспеченности. Прослеживается тенденция линейной зависимости содержания ооцитов 2-й ступени от среднегодовой температуры воды в год основного нагула будущих покатников ( $r = 0,433$ ). Совместное влияние температуры ( $T$  °C) и массы тела покатников ( $W$ ) на содержание ооцитов 2-й ступени ( $O2$ ), оцененное методом нелинейной зависимости, сильное ( $R^2 = 0,975$ ):

$$O2 = K + \alpha T^\circ + bW \quad (5)$$

Значения константы и коэффициентов зависят от доли клеток 2-й ступени относительно средней величины (0,46), выраженной в долях:

	$K$	$a$	$b$
Доля $O2 < 0,46$	0,4217	-0,0966	0,0033
Доля $O2 > 0,46$	0,9494	-0,0207	-0,0155

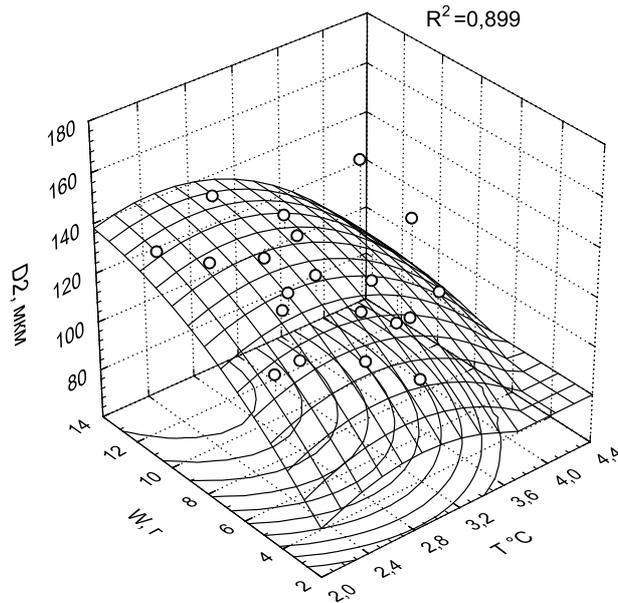
Доля ооцитов 2-й ступени увеличивалась у покатников с массой тела выше среднегодовалой, нагуливавшихся при низкой температуре воды (рис. 7), что обуславливало невысокую интенсивность развития и не создавало условий для увеличения содержания более развитых клеток следующих ступеней протоплазматического роста.



**Рис. 7.** Зависимость содержания ооцитов 2-й ступени периода протоплазматического роста от среднегодовой температуры воды ( $T$  °C) и массы тела покатников возраста 2+ ( $W$ )

Данная зависимость особенно наглядно проявилась у покатников 1970-х гг., когда численность заходов была ниже среднегодовалой (<1,46 млн экз.), пищевая обеспеченность молодежи нерки находилась на среднем и высоком уровне (>0,183), а температура не превышала среднегодовалую величину (3,3 °C), что обеспечило абсолютное доминирование ооцитов 2-й ступени в гонадах покатников (см. рис. 2).

Среднегодовая температура воды и масса тела покатников определяют не только содержание, но и размер клеток 2-й ступени ( $R^2 = 0,899$ ). Наиболее круп-



**Рис. 8.** Зависимость размеров ооцитов 2-ой ступени ( $D_2$ ) от температуры воды ( $T$  °C) и массы тела покатников возраста 2+ ( $W$ )

ные клетки 2-й ступени характерны для покатников с массой тела выше средне-многолетней (8,0 г), нагуливавшихся при среднегодовой температуре воды ниже средне-многолетней (3,3 °C) (рис. 8).

Размер ооцитов 2-й ступени зависит также и от содержания клеток данной ступени развития ( $r = 0,874$ ;  $p < 0,001$ ). При доле ооцитов 2-й ступени ниже 0,40 средний диаметр клеток изменяется в диапазоне 35–104 мкм, при содержании выше 0,60 – средний диаметр находится в диапазоне 113–156 мкм.

Комплексное воздействие температуры ( $T$  °C), массы тела ( $W$ ) и содержания клеток 2-й ступени ( $O_2$ ) на размер данных клеток ( $D_2$ ) более сильное ( $R^2 = 0,939$ ):

$$D_2 = K + \alpha T^\circ + bW + cO_2 \quad (6)$$

Значения константы и коэффициентов зависят от диаметра клеток 2-й ступени относительно средней величины 1,09, выраженного в мкм\* $10^{-2}$ :

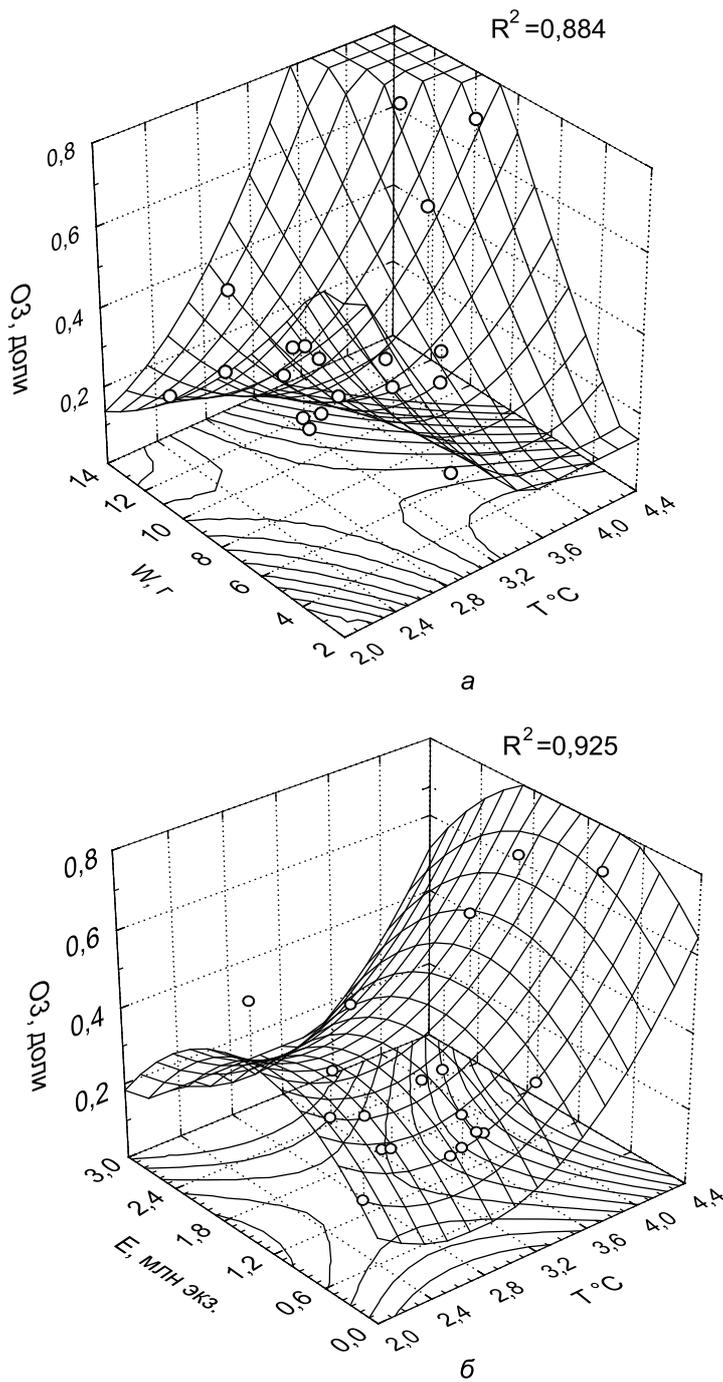
	$K$	$a$	$b$	$c$
$D_2 < 1,09$	1,2216	-0,0945	-0,0100	0,2538
$D_2 > 1,09$	1,7549	0,0764	0,0070	-1,0546

Доля ооцитов 3-й ступени периода протоплазматического роста не обнаруживает выраженной линейной связи с каждым из факторов, определяющих содержание данных клеток: численностью отнерестовавших рыб, среднегодовой температурой воды и массой тела покатников. Нелинейная оценка совместного влияния массы тела и температуры воды на содержание ооцитов 3-й ступени показала наличие достаточно сильной связи ( $R^2 = 0,884$ ) (рис. 9).

Доля наиболее развитых половых клеток у самок покатников озерновской нерки – ооцитов 3-й ступени может увеличиваться как при очень хороших, так и недостаточно благоприятных условиях. Это можно объяснить следующим.

1. Наибольшее содержание ооцитов 3-й ступени характерно для крупных покатников, год основного нагула которых проходил при высоком уровне прогрева озера, поскольку увеличение температуры воды на фоне достаточной пищевой обеспеченности (результатом которой явилось увеличение массы тела) интенсифицирует рост и развитие молоди нерки в условиях холодноводного Курильско-го озера (см. рис. 9, а);

2. Значительное содержание ооцитов 3-й ступени характерно также для поколений от небольшого количества отнерестившихся рыб, нагуливавшихся при низкой температуре воды на фоне снижения доли мейоцитов (см. рис. 9, б).



**Рис. 9.** Зависимость содержания ооцитов 3-й степени: *a* – от массы тела смолтов возраста 2+ ( $W$ ) и среднегодовой температуры воды в год основного нагула смолтов ( $T$  °C) и *б* – от численности отнерестившихся рыб ( $E$ ) и температуры воды

Связь содержания ооцитов 3-й ступени с численностью родителей и температурой воды подтверждает высказанное предположение ( $R^2 = 0,925$ ). Увеличение доли ооцитов 3-й ступени наблюдается с ростом температуры воды (ускоряющей развитие половых клеток) при широком диапазоне численности отнерестившихся рыб, а также у поколений от малых пропусков на нерест, нагуливавшихся при низкой температуре.

Содержание ооцитов 3-й ступени ( $O3$ ) определяется комплексным влиянием трех факторов: величиной захода ( $E$ ), среднегодовой температурой воды ( $T$  °C) и массой тела покотников ( $W$ ) ( $R^2 = 0,946$ ):

$$O3 = K + aE + bT^\circ + cW. \quad (7)$$

Значения константы и коэффициентов зависят от содержания ооцитов 3-й ступени относительно средней величины (0,16), выраженной в долях:

	$K$	$a$	$b$	$c$
Доля $O3 < 0,16$	0,1849	-0,0448	-0,0150	0,0008
Доля $O3 > 0,16$	-0,0434	0,0786	0,0217	0,0169

На размер ооцитов 3-й ступени оказывает влияние содержание мейоцитов ( $r = -0,583$ ;  $p < 0,01$ ). При низком уровне содержания мейоцитов (до 8,2%) средний размер ооцитов 3-й ступени варьируется от 134 до 158 мкм. При среднем уровне содержания мейоцитов (8,2–57,6%) средний размер клеток 3-й ступени наиболее вариабелен (108–229 мкм). При высоком содержании мейоцитов (выше 57,6%) средний размер ооцитов 3-й ступени не превышает 101–115 мкм.

В условиях благоприятных для увеличения размеров ооцитов 2-й ступени одновременно происходит увеличение диаметра ооцитов 3-й ступени ( $r = 0,753$ ;  $p < 0,001$ ).

В целом размер наиболее развитых половых клеток ( $D3$ ) у покотников озерновской нерки возрастает по мере снижения содержания мейоцитов ( $M$ ) и увеличения размера ооцитов 2-й ступени ( $D2$ ), т.е. крупные и наиболее развитые клетки характерны для поколений низкой численности. Совместное влияние содержания мейоцитов и размера ооцитов 2-й ступени сильное ( $R^2 = 0,966$ ):

$$D3 = K + aM + bD2. \quad (8)$$

Значения константы и коэффициентов зависят от диаметра ооцитов 3-й ступени относительно средней величины (1,40), выраженной в мкм\* $10^{-2}$ :

	$K$	$a$	$b$
$D3 < 1,40$	0,6358	-0,0949	0,6187
$D3 > 1,40$	-0,4702	1,9794	1,4527

### ***Реконструкция содержания половых клеток отдельных ступеней развития за годы, не охваченные гистологическими исследованиями гонад самок покотников озерновской нерки***

Гистологические исследования гонад самок покотников не проводились в 1969–1972 гг. и 1988–1995 гг., но имеющиеся данные по численности отнерестовавших рыб (величине пропуска на нерест), температуре воды, пищевой обеспеченности и массе тела покотников позволяют дать предположительную оценку содержания мейоцитов и ооцитов 2-й ступени (для которых обнаружены наиболее сильные связи) за годы, не охваченные гистологическими исследованиями.

#### ***Расчет содержания мейоцитов***

При расчете использовались данные по численности смежных поколений (оцененных по сумме двух смежных заходов на нерест) и среднегодовой температуре воды во второй год нагула (уравнение 2), влияние которых очень сильное ( $R^2 = 0,978$ ). Расчет проводился в границах диапазона (сумма смежных заходов – 0,71–6,17 млн экз. и температура воды – 2,1–4,2 °C), использовавшегося при выведении зависимости.

При реконструкции значений (для отнесения коэффициентов уравнения 2, описывающего содержание мейоцитов в зависимости от точки перелома выше

или ниже 0,33) использовали график на плоскости, представляющий проекцию зависимости (отображенной на рис. 4) доли мейоцитов ( $M$ ) от суммы смежных заходов ( $E1E2$ ) и температуры воды ( $T$  °C). Реконструкция содержания мейоцитов приведена в табл. 3.

Таблица 3

**Реконструкция содержания мейоцитов ( $M$ ) в яичниках самок покотников озерновской нерки в годы, неохваченные гистологическими исследованиями**

Год ската	$E1E2$ , млн экз.	$T$ °C	Предсказанное значение $M$ , доли
1969	1,7	3,5	0,14
1970	1,35	3,2	0,11
1971	1,02	3,6	0,12
1972	0,75	3,3	0,10
1988	5,77	3,7	0,79
1989	5,35	3,9	0,78
1990	5,05	3,8	0,75
1991	4,55	3,8	0,72
1994	3,65	3,2	0,63
1995	2,15	2,4	0,49

Сопоставление наблюдаемых и предсказанных значений  $M$  показало высокую степень аппроксимации ( $y = 0,978x + 0,0073$ ;  $R^2 = 0,978$ ).

Для покотников 1992–1993 гг. от нереста 1989–1990 гг. реконструкция содержания мейоцитов некорректна, так как сумма двух смежных заходов ( $E1E2$ ) выходит за пределы диапазона, использованного при расчете зависимости.

**Расчет содержания**

**ооцитов 2-й ступени периода протоплазматического роста**

Содержание ооцитов 2-й ступени зависит как от массы тела покотников, так и от температуры воды в год основного нагула, совместное влияние данных факторов очень сильное ( $R^2 = 0,975$ ). В этой зависимости не прослеживается доминирующее влияние какого-либо одного из факторов. Данные по массе тела и температуре воды за пропущенные годы исследований полностью укладываются в диапазон, использованный при расчете зависимости (уравнение 5), что позволяет рассчитать содержание ооцитов за все годы, когда не проводились гистологические исследования, даже для периода максимальных заходов, что представляет наибольший интерес.

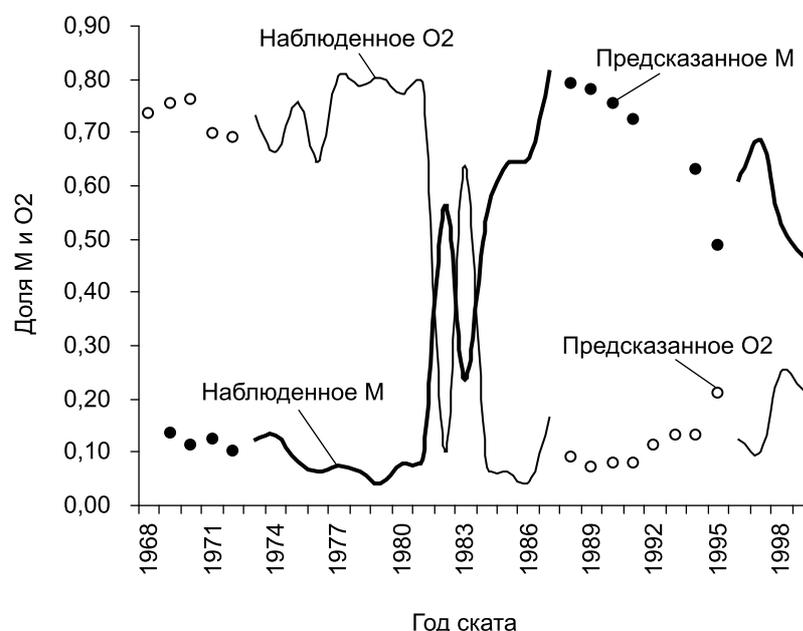
При реконструкции значений (для отнесения коэффициентов уравнения 5, описывающего содержание ооцитов в зависимости от точки перелома выше или ниже 0,46) использовали график на плоскости, представляющий проекцию зависимости (отображенной на рис. 7) содержания ооцитов 2-й ступени ( $O2$ ) от массы тела ( $W$ ) и температуры воды ( $T$  °C). Реконструкция содержания ооцитов 2-й ступени приведена в табл. 4.

Сопоставление наблюдаемых и предсказанных значений  $O2$  показало высокую степень аппроксимации ( $y = 0,9749x + 0,0114$ ;  $R^2 = 0,975$ ). Рост численности отнерестившихся рыб (соответственно численности смежных поколений) наиболее сильно отразился на содержании мейоцитов ( $M$ ) и наиболее характерных для покотников ооцитов 2-й ступени периода протоплазматического роста ( $O2$ ). Реконструкция содержания этих половых клеток позволила в общих чертах воссоздать их динамику как в период стабильно низкой численности стада, так и за большую часть периода высокой численности стада (рис. 10).

Использование модели кусочно-линейной регрессии позволило выявить механизм влияния величины пропуска производителей на нерест и условий нагула молоди на содержание и размер половых клеток в яичниках самок покотников озерновской нерки. Как показало проведенное исследование, применение данной модели позволяет прогнозировать содержание половых клеток, наиболее ха-

**Реконструкция содержания ооцитов 2-й ступени (O2) периода протоплазматического роста в яичниках самок покотников озерновской нерки в годы, неохваченные гистологическими исследованиями**

Год ската	T °C	W, г	Предсказанное значение O2, доли
1969	3,5	7,9	0,75
1970	3,2	7,8	0,76
1971	3,6	11,4	0,70
1972	3,3	12,4	0,69
1988	3,7	8,0	0,09
1989	3,9	7,6	0,07
1990	3,8	7,8	0,08
1991	3,8	7,0	0,08
1992	3,4	6,3	0,11
1993	3,2	5,6	0,13
1994	3,2	5,6	0,13
1995	2,4	5,7	0,21



**Рис. 10.** Содержание мейоцитов (M) и ооцитов 2-ой ступени (O2) у покотников озерновской нерки 1968–1999 гг. по результатам наблюдений и расчетным данным

рактерных для периодов низкой и высокой численности. В условиях ограниченной нагульной емкости Курильского озера увеличение пропуска выше оптимума вызывает задержку развития на стадии мейотических преобразований и соответственно снижение содержания ооцитов 2-й ступени.

## Выводы

1. Содержание и диаметр половых клеток разных ступеней развития в яичниках самок покотников озерновской нерки в период пресноводного нагула зависит от количества нерестовавших производителей, от суммарного числа рыб, пропущенных в озеро за два смежных года, температуры воды и пищевой обеспеченности.

2. Содержание мейоцитов определяется совместным воздействием двух смежных заходов на нерест и среднегодовой температурой воды ( $R^2 = 0,978$ ). При увеличении пропуска на нерест более 1,5 млн экз. и увеличении температуры воды всегда происходит задержка развития на стадии мейотических преобразований, обусловленная снизившейся пищевой обеспеченностью и возросшей интенсивностью обмена. Тенденция снижения содержания мейоцитов в годы с низкой температурой воды, вероятнее всего, является приспособительной реакцией организма, направленной на сохранение численности популяции. При низкой температуре уровень обмена снижается, уменьшается темп прироста массы, в том числе и массы половых клеток, и для организма энергетически более выгодным оказывается ускоренный переход мейоцитов в ооциты протоплазматического роста.

3. В яичниках самок покатников озерновской нерки в большинстве случаев доминируют ооциты 2-й ступени периода протоплазматического роста. Содержание ооцитов 2-й ступени зависит от массы тела покатников, которая, в свою очередь, является производной таких факторов, как количество отнерестившихся рыб, пищевая обеспеченность и температура воды ( $R^2 = 0,975$ ). На размер клеток 2-й ступени влияют те же факторы, что и на содержание, а также относительное количество клеток этой ступени развития ( $R^2 = 0,939$ ).

4. На содержание ооцитов 3-й ступени оказывают влияние численность родителей, температура воды и масса тела смолтов ( $R^2 = 0,946$ ). Наибольшее содержание ооцитов 3-й ступени характерно для самых крупных покатников, основной нагул которых проходил при высоком уровне прогрева озера и достаточной пищевой обеспеченности, а также для поколений от малых пропусков, нагуливавшихся при низкой температуре воды (когда снижается доля мейоцитов). Размер ооцитов 3-й ступени определяется содержанием мейоцитов и размером ооцитов 2-й ступени ( $R^2 = 0,966$ ). Когда условия нагула создают предпосылки для увеличения размера ооцитов 2-й ступени, то параллельно увеличивается и размер ооцитов 3-й ступени.

5. При малых пропусках динамика содержания половых клеток, находящихся на разных ступенях развития, относительно стабильная и определяется в основном величиной захода и температурой воды. При увеличении количества нерестовавших рыб, помимо указанных факторов, возрастает влияние пищевой обеспеченности. При заходах, превышающих около 1,5 млн экз., экосистема водоема может продуцировать покатников с массой тела на уровне среднемноголетней при условии увеличения температуры воды, интенсифицирующей продукционные процессы в холодноводном Курильском озере. Но у таких покатников происходит задержка развития на стадии мейотических преобразований и снижается доля ооцитов 2-й ступени.

6. Происходит или нет ускоренное компенсаторное развитие гонад в морской период жизни и как замедление развития воспроизводительной системы сказывается на уровне воспроизводства поколений, пока оценить нельзя. В то же время проведенный анализ позволяет утверждать, что с учетом всех факторов и особенностей Курильского озера оптимальным является пропуск производителей не выше 1,5 млн экз. В случае пропуска в тот или иной год более 1,5 млн экз., в следующий год целесообразно его уменьшить.

Авторы выражают глубокую признательность ст. науч. сотр. КамчатНИРО В.А. Дубынину за постоянное сотрудничество и предоставление информации по покатникам, д-ру биол. наук В.И. Карпенко (КамчатНИРО), вдохновившему нас на анализ накопленных данных, д-ру биол. наук Н.В. Кловач (ВНИРО) и д-ру биол. наук Е.В. Микодиной (ВНИРО), канд. биол. наук Е.А. Шевлякову (КамчатНИРО) и канд. биол. наук Б.Б. Вронскому (КамчатНИРО) за ценные советы при подготовке рукописи.

#### Литература

*Бретт Д.Р.* 1983. Факторы среды и рост // Биоэнергетика и рост рыб.— М.: «Легкая и пищевая промышленность».— С. 275–345.

*Бугаев В.Ф.* 1995. Азиатская нерка.— М.: Колос.— 463 с.

- Введенская Т.Л., Травина Т.Н.** 2001. Роль донной фауны беспозвоночных озера Курильское в питании молоди нерки *Oncorhynchus nerka* // Вопр. ихтиологии. Т. 41. № 4.— С. 518–524.
- Гербельский Н.Л.** 1939. Возрастные и сезонные изменения ооцитов зеркального карпа // Архив анатомии и эмбриологии. Т. 21. Вып. 2.— С. 241–254.
- Городовская С.Б.** 2002. Сравнительный анализ состояния яичников покатной молоди нерки *Oncorhynchus nerka* из реки Озерной в разные годы // Труды ВНИРО. Т. 141.— М.: Изд-во ВНИРО.— С. 146–151.
- Дубынин В.А.** 1986. Связь размерно-весовых показателей покатной молоди с численностью поколений и производителей нерки *Oncorhynchus nerka* (Walbaum) озера Курильского (Камчатка) // Вопр. ихтиологии. Т. 26. Вып. 6.— С. 1023–1025.
- Егорова Т.В.** 1967. Основные закономерности, определяющие динамику численности красной (*Oncorhynchus nerka* Walbaum) бассейна р. Озерной: Автореф. дисс. ... канд. биол. наук.— Владивосток: ТИНРО-центр.— 19 с.
- Иванков В.Н.** 1985. Плодовитость рыб.— Владивосток: ДВГУ.— 85 с.
- Иевлева М.Я.** 1970а. К вопросу о гаметогенезе молоди красной в озере Дальнем // Известия ТИНРО. Т. 78.— С. 81–104.
- Иевлева М.Я.** 1970б. Состояние гонад у молоди красной в период миграции из реки в море // Известия ТИНРО. Т. 73.— С. 54–71.
- Иоганзен Б.Г.** 1955. Плодовитость рыб и определяющие ее факторы // Вопр. ихтиологии. Вып. 3.— С. 57–68.
- Куренков И.И.** 1975а. Жизненный цикл *Daphnia longiremis* Sars в оз. Дальнем (Камчатка) // Известия ТИНРО. Т. 97.— С. 115–128.
- Куренков И.И.** 1975б. Структура популяций *Cyclops scutifer* Sars в озерах Камчатки // Известия ТИНРО. Т. 97.— С. 147–156.
- Мейен В.А.** 1939. К вопросу о годовом цикле изменений яичников костистых рыб // Изв. АН СССР. Сер. «Биология». № 4.— С. 389–420.
- Методы** определения продукции водных животных. 1968 / Под ред. Г.Г. Винберга.— Минск: Высшая школа.— 246 с.
- Мина М.В., Клевезаль Г.А.** 1976. Рост животных.— М.: Наука.— 292 с.
- Носова И.А.** 1970. Данные по биологии размножения и развития *Cyclops scutifer* Sars озера Курильского // Известия ТИНРО. Т. 78.— С. 171–185.
- Носова И.А.** 1972а. Биология, динамика численности и продукция *Cyclops scutifer* Sars в Курильском озере. Автореф. дисс. ... канд. биол. наук.— М.: Изд-во ВНИРО.— 25 с.
- Носова И.А.** 1972б. Питание молоди красной в Курильском озере // Архив КоТИНРО. Рукопись. 31 с. № Госрегистрации 68043038.
- Носова И.А.** 1974. Питание сеголеток красной в Курильском озере // Архив КоТИНРО. Рукопись. 28 с. № Госрегистрации 68043038.
- Персов Г.М.** 1966. Ранний период гаметогенеза проходных лососей // Труды ММБИ. Вып. 12(16).— С. 7–44.
- Персов Г.М., Сакун О.Ф.** 1962. Состояние половых желез у горбуши на ранних этапах ее жизненного цикла в связи с акклиматизацией в бассейнах Белого и Баренцева морей // Уч. зап. ЛГУ. № 311. Сер. биол. наук. Вып. 48.— С. 92–108.
- Попова Т.А., Толстяк Т.И.** 1983. Некоторые морфо-физиологические показатели молоди красной *Oncorhynchus nerka* Walbaum, выращиваемой с использованием тепла геотермальных источников // Марикультура на Дальнем Востоке.— Владивосток: ТИНРО.— С. 13–17.
- Ромейс Б.А.** 1954. Микроскопическая техника.— М.: Иностр. лит-ра.— 718 с.
- Сакун О.Ф.** 1965. Возникновение изменений в гаметогенезе и половом цикле у горбуши *Oncorhynchus gorbusha* Walbaum за пределами естественного ареала // Вопр. ихтиологии. Т. 5. Вып. 4(37).— С. 639–651.
- Сакун О.Ф., Буцкая Н.А.** 1963. Определение стадий зрелости и изучение половых циклов рыб.— М.: Рыбная промышленность.— 36 с.
- Селифонов М.М.** 1970. Вопросы роста молоди красной озера Курильского // Известия ТИНРО. Т. 78.— С. 33–41.
- Селифонов М.М.** 1974. Изменчивость роста молоди красной (*Oncorhynchus nerka* Walb.) оз. Курильского // Известия ТИНРО. Т. 90.— С. 49–69.
- Селифонов М.М.** 1975. Промысел и воспроизводство красной бассейна р. Озерной. Автореф. дисс. ... канд. биол. наук.— Владивосток: ТИНРО.— 23 с.
- Селифонов М.М.** 1988. Об оптимальности производителей нерки бассейна реки Озерной (Камчатка) // Проблемы фертилизации лососевых озер Камчатки.— Владивосток: ТИНРО.— С. 129–136.
- Толстяк Т.И.** 1988. Влияние искусственных условий выращивания на физиологическое состояние молоди красной // Тез. докл. III Всесоюзного совещ. по лососевидным рыбам, март 1988 г. Тольятти.— С. 333–335.

**Чмилевский Д.А.** 1995. Влияние пониженной температуры на оогенез тилапии *Oreochromis mossambicus*. Воздействие на рыб в возрасте 30 и 60 суток после вылупления // Вопр. ихтиологии. Т. 35. № 2.— С. 266–272.

**Milovskaya L.V.** 2002a. The influence of climate changes and sockeye escapement on state of ecosystem in the Kurile Lake (South Kamchatka) // NPAFC doc. 648. KamchatNIRO. Petropavlovsk-Kamchatsky.— P. 11.

**Milovskaya L.V.** 2002b. The influence of climate changes on the ecosystem carrying capacity in Kurile Lake // North Pacific Marine Science Organization. XI Annual Meeting. October 18-26, 2002. Qingdao, People's Republic of China.— P. 120–121.

**Milovskaya L.V., Selifonov M.M.** 1994. The influence of sockeye salmon abundance on forage base of spawning-rearing lakes of Kamchatka // Salmon Report Series 37. February. 1994. Tokyo.— P. 302–309.

**Milovskaya L.V., Selifonov M.M., Snyakov S.A.** 1998. Ecological functioning of lake Kuril relative to sockeye salmon production // N. Pac. Anadr. Fish Comm. Bull. Vancouver, Canada. № 1.— P. 434–442.

**Milovskaya L.V., Gorodovskaya S.B., Tolstyak T.I.** 2002. The influence of escapement and feeding conditions on female maturation rate of sockeye salmon (*Oncorhynchus nerka* Walbaum) smolts // North Pacific Marine Science Organization. XI Annual Meeting. October 18–26, 2002. Qingdao, People's Republic of China.— P. 202.

# **ТРУДЫ ВНИРО**

---

**ТОМ 146**

**2006**

## **МЕТОДЫ ОЦЕНКИ ЗАПАСОВ**

## **К методике выполнения крупномасштабных пелагических траловых съемок**

*И.В. Мельников (ТИНРО-центр)*

В настоящее время траловые съемки являются основным способом оценки численности и биомассы большинства промысловых гидробионтов. Существует достаточно обширный список литературных источников, в которых затрагиваются вопросы методик их планирования и выполнения, обработки полученных данных [Аксютин, 1968; Программа ..., 1970; Шемина, 1977; Песенко, 1982; Волвенко, 1998, 1999 и др.] и даже роли и целесообразности такого метода исследований [Юданов, 2001]. Кроме того, эти вопросы подробно рассматриваются в разделах «Материал и методики» большинства научных работ, основанных на данных, полученных в ходе проведения траловых съемок.

Несмотря на обилие литературы, слабо освещенным остается ряд вопросов, касающихся способов и методов проведения самих тралений. Иначе говоря, особенностей получения основной характеристики, которую дает траловая съемка — улова на усилие. В данном случае под этим понимается фактический улов вида за траление. Так как эта величина является основой дальнейших расчетов, от точности ее определения зависит качество всех остальных материалов, начиная с биостатистической информации (такие данные обычно пересчитываются на стандартное усилие, т.е. улов трала на единицу времени, обычно 1 ч, или иную величину, являющуюся производной от названной) до собственно количественных оценок [Волвенко, 1998, 1999].

В данной работе анализируются некоторые проблемы, которые встают перед исследователями при проведении крупномасштабных траловых съемок в пелагиали (донные съемки в этом смысле более просты в исполнении). К кругу рассматриваемых вопросов можно отнести: оптимальное расположение траловых станций, районирование акватории исследований, достоинства и недостатки различных способов проведения пелагических тралений, приемы и методы корректировки фактических данных по уловам для последующих расчетов численности и биомассы видов, необходимый комплекс дополнительных работ на скоплениях.

В качестве основного района, на примере которого рассматриваются эти вопросы, выбрана эпипелагиаль северной части Охотского моря, но большая часть методических приемов, применяемых при проведении крупномасштабных эпипелагических траловых съемок в этом регионе, может быть использована и в других районах. Все примеры и фактические данные взяты из рейсовых отчетов по результатам экспедиций в Охотское море осенью 1998, 1999 и 2001 г. [Отчет..., 1998, 1999, 2001].

В результате любой крупномасштабной траловой съемки может быть получена информация по трем основным блокам: во-первых, о видовом составе нектона и макропланктона, обитающего в исследуемом слое; во-вторых, о численности и биомассе нектонов; в-третьих, биостатистические материалы, характеризующие биологию всех доминирующих в уловах видов.

Очевидно, что для получения достоверной информации о видовом составе нектона и макропланктона в месте траления необходимо обловить весь исследуемый слой воды. При эпипелагических траловых съемках это диапазон глубин от 0 до 200 (250) м (от поверхности до дна на шельфе). Кроме того, хорошо известно, что видовой состав и состав доминирующей группы видов существенно изменяется в различных районах исследуемого региона, отличающихся климато-океанологическими условиями [Волвенко, Титяева, 1999]. Менее известно, что не только в придонных слоях [Борец, 1997], но и в пелагиали одного и того же рай-

она в пределах шельфа видовой состав nekтона над различными глубинами также существенно меняется [Отчет., 1998, 1999, 2001].

Таким образом, для получения объективной информации о качественном составе nekтонного населения обширных районов, исследуемых в ходе выполнения крупномасштабных траловых съемок, необходимо расположить станции таким образом, чтобы равномерно охватить пелагиаль над всеми глубинами с учетом региональных особенностей изменения климато-океанологических условий.

Вторая часть этой задачи успешно решается, если в пределах большого региона выделяются отдельные районы с относительно схожими климато-океанологическими условиями, рельефом дна и пр. В Охотском море такие районы были выделены еще на первых этапах экосистемных исследований В.П. Шунтовым [Шунтов и др., 1986]. Принятое тогда районирование с успехом используется и поныне [Волвенко, 2001], так как существенно упрощает анализ собираемой информации, особенно в межгодовом и сезонном аспектах, а также позволяет оптимизировать количество выполняемых станций, которых для выполнения поставленных задач требуется существенно меньше.

Недостатком же принятого районирования Охотского моря, на мой взгляд, является то, что выделенные районы, особенно на шельфе, охватывают широкий диапазон глубин, что не позволяет учесть упомянутые выше батиметрические изменения видового состава сообществ nekтона.

Для учета этих особенностей в нескольких экспедициях в пределах стандартных районов были выделены зоны с глубинами менее 100 м (далее – прибрежная), 100–200 м (далее – шельфовая) и более 200 м (далее – глубоководная). При планировании сетки траловых станций они располагались так, чтобы равномерно охватывать все зоны глубин в пределах каждого стандартного биостатистического района. Численность и биомасса видов рассчитывалась по стандартным методикам [Волвенко, 1998, 1999] в пределах площади выделенных зон глубин. Затем эти данные суммировались по стандартным районам. В табл. 1 приведены номера, названия и площади стандартных биостатистических районов в Охотском море с их разделением по зонам глубин.

Важным моментом является методика выполнения самих тралений. На практике обычно используется три способа лова разноглубинными тралами в пелагиали [Лапко, 1996; Мельников, 1999]:

1) «косой» лов, когда трал опускается к нижним горизонтам исследуемого слоя, а затем в течение 1 ч медленно поднимается к поверхности (время траления определяется с момента взятия трала на стопор на максимальной глубине до момента выхода траловых досок на поверхность) (рисунок, *а*);

2) «ступенчатый» лов, когда облавливаются несколько горизонтов в течение одинаковых промежутков времени, при этом 2–3 мин. подъема трала из нижнего горизонта в следующий добавляется к времени траления в вышележащем горизонте (рисунок, *б*);

3) «комбинированный» лов, когда в течение фиксированного времени (обычно 30 мин.) облавливаются слой воды, в котором отмечены экозаписи nekтона, а затем трал поднимается к поверхности как при «косом» или «ступенчатом» лове (рисунок, *в*).

Во всех трех случаях общее время траления составляет 1 ч. Чаще всего используются 2-й и 3-й способы, причем при отсутствии экозаписи, как правило, применяют «ступенчатый», а в случае ее наличия – «комбинированный» лов.

Ниже показывается, что за редким исключением при использовании любого из указанных способов лова фактический улов не может быть напрямую использован при количественных расчетах численности и биомассы большинства видов nekтона. Дело здесь в том, что для расчета этих параметров по результатам траловых съемок традиционно используется площадной метод [Аксютин, 1968], при этом исходные данные носят выраженный объемный характер, так как разноглубинным тралом облавливается определенный **объем воды**, а не **площадь**, как при донных тралениях [Волвенко, 1998].

Таблица 1

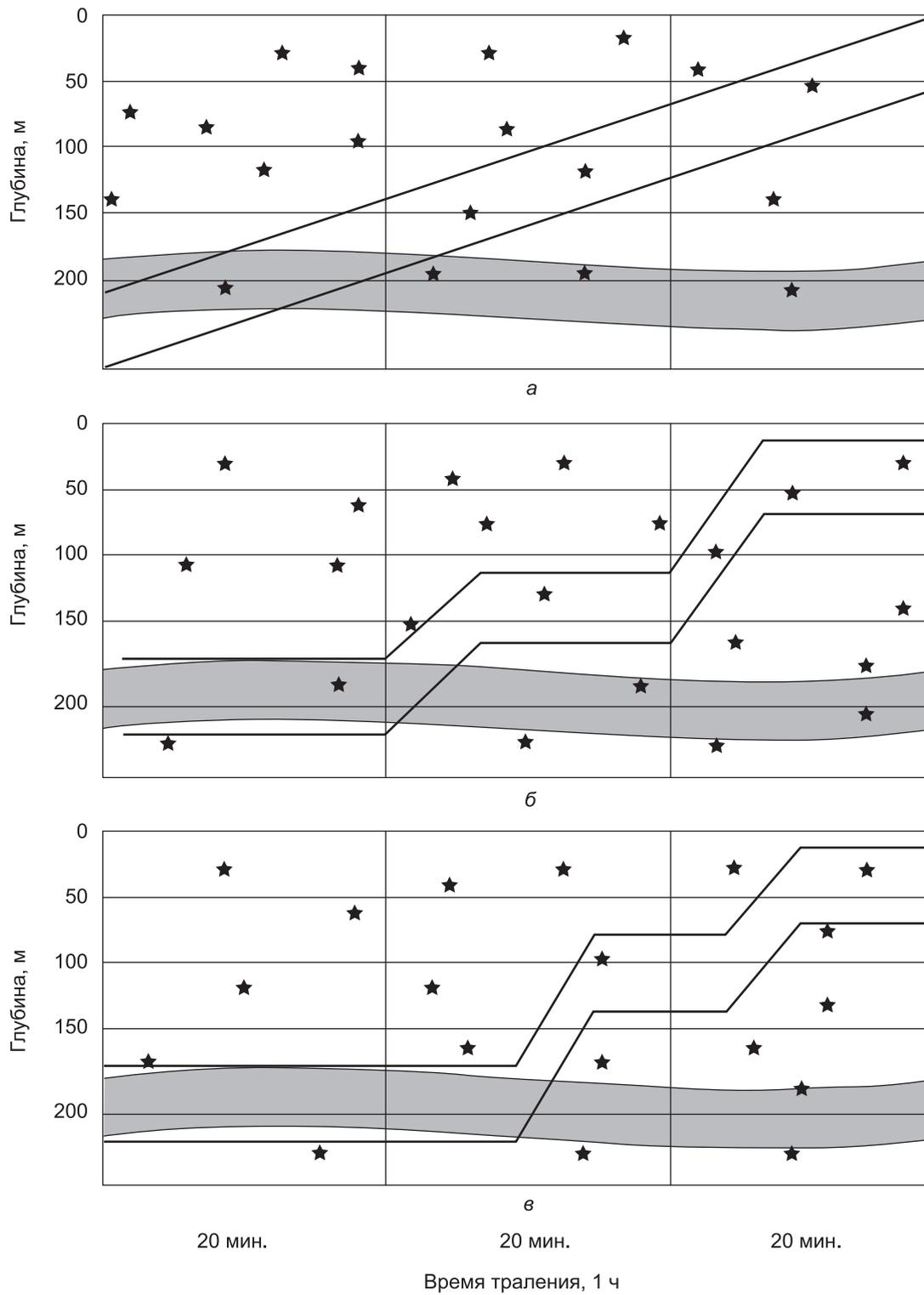
**Стандартные районы осреднения биостатистической информации  
в Охотском море [Шунтов и др., 1986]**

Номер района	Название района	Зона глубин, м	Площадь, тыс. км <sup>2</sup>	Суммарная площадь района, тыс. км <sup>2</sup>
I	Залив Шелихова	Менее 100	63,9	100,0
		100–200	32,1	
		Более 200	4,0	
II	Ямско-Тауйский	Менее 100	15,7	62,0
		100–200	28,0	
III	Охотско-Лисянский	Более 200	18,3	92,0
		Менее 100	18,1	
IV	Аяно-Шантарский	100–200	73,9	114,0
		Менее 100	45,8	
V	Ионо-Кашеваровский	100–200	68,2	160,0
		Более 200	34,5	
VI	Впадина ТИНРО	Более 200	125,5	120,0
VII	Северо-западнокамчатский	Более 200	120,0	56,0
		Менее 100	32,5	
VIII	Юго-западнокамчатский	100–200	9,7	35,0
		Более 200	13,8	
		Менее 100	8,9	
IX	Центральный глубоководный	100–200	6,4	340,0
		Более 200	19,7	
X	Восточно-Сахалинский	Более 200	340,0	115,0
		Менее 100	47,2	
XI	Залив Терпения	100–200	20,2	56,0
		Более 200	47,6	
		Менее 100	42,3	
XII	Южный глубоководный	100–200	7,8	154,0
		Более 200	5,9	
XIIIa	Северо-Курильский	Более 200	154,0	73,5
XIIIб	Южно-Курильский	Более 200*	73,5	24,5

\* В Северо-Курильском (XIIIa) и Южно-Курильском (XIIIб) районах практически весь шельф находится в пределах 12-мильной зоны и не исследуется при крупномасштабных траловых съемках.

До недавнего времени обращали внимание только на массовые промысловые объекты, хорошо фиксирующиеся эхолотами, поэтому количественные оценки по таким видам nekтона и получали площадным способом по фактическим уловам на 1 ч траления. По таким видам, как минтай, сельдь в нагульный период, тихоокеанские лососи и др., применение площадного метода расчетов действительно дает более точные результаты (о причинах этого также будет сказано ниже), однако и для них величину фактического улова (даже при стандартном часовом тралении) часто приходится корректировать. Для этого применяется так называемый коэффициент объемности. Суть этой корректировки заключается в увеличении фактического улова на величину, пропорциональную высоте слоя эхозаписи, когда последний больше вертикального раскрытия применяемого трала (фактически этот коэффициент приводит полученные объемные данные к площадным).

После крупных экосистемных перестроек в биоте дальневосточных морей, вызванных глобальными изменениями климато-океанологических и космофизических факторов, которые были спрогнозированы еще в 1980-е гг. проф. В.П. Шунтовым и представителями его школы, а затем подробно прослежены [Шунтов, 1986, 1993, 1994, 1995, Shuntov et al., 1993; Радченко и др., 1997а, б; Шунтов и др., 1997, 1998 и др.], роль второстепенных в прошлом видов в функционировании



Три основных способа выполнения траловых станций: *а* – «косой»; *б* – «ступенчатый»; *в* – «комбинированный». Сплошные жирные линии – горизонт хода трала, заштрихованная область – слой эхозаписи, звездочки – рассеянные равномерно распределенные объекты

эпипелагических сообществ заметно возросла [Волвенко, Титяева, 1999; Волвенко, 2001], что обусловило необходимость тотального учета всего нектона (а в последние годы и макропланктона).

Немаловажным представляется и то, что со старением научно-исследовательского флота при проведении комплексных макросъемок начали применять тралы меньшего размера. Так, в 1980-е гг. на крупнотоннажных судах использовался в основном трал РТ/ТМ-118/620 с вертикальным раскрытием 70–80 м, в 1990-е гг. — РТ/ТМ-108/528 (вертикальное раскрытие 45–50 м), а в последние годы — РТ/ТМ-80/360 (35–40 м). Уменьшение вертикального раскрытия трала при сохранении без изменения традиционных методик проведения тралений и использовании площадного метода расчетов по всем видам приводит к существенному занижению количественных оценок по большинству второстепенных нектонов. В то же время существенная корректировка методик может привести к ситуации, когда вновь полученные данные будет трудно сравнивать с уже накопленными многолетними рядами наблюдений.

Чтобы пояснить причины, по которым все же необходимо вносить некоторые корректировки в существующие методики обработки материалов траловых съезок, рассмотрим подробнее недостатки и преимущества различных способов лова.

«**Косой**» лов (см. рис. а) на практике изредка применяется в глубоководных районах при отсутствии эхозаписей нектона в пределах эпипелагиали. Фактический улов в этом случае является выборкой из всего исследуемого слоя воды, поэтому этот показатель для всех видов не может подвергаться каким-либо корректировкам, а расчет численности и биомассы по району исследований можно проводить **только объемным методом**. Именно поэтому, а также по техническим причинам (очень высокая нагрузка на траловые лебедки), этот способ лова используется достаточно редко.

Ясно, что в пределах одного стандартного биостатистического района скопления нектона на различных станциях могут как присутствовать, так и отсутствовать. Основным недостатком «косого» лова в местах, где эхозаписи наблюдаются, является то, что при наличии любого скопления исследуемых объектов они облавливаются очень короткое время. При этом практически невозможно это время конкретно определить, что не позволяет оценивать численность и биомассу массовых видов площадным способом. Кроме того, плотность распределения вида в скоплении как по вертикали, так и по горизонтали, всегда сильно варьируется, а при «косом» лове полученные данные по величине улова никак это не отражают (опять же ввиду малого времени облова слоя воды, где наблюдаются эхозаписи), поэтому большие ошибки будут возникать и при применении объемного метода расчета численности и биомассы массовых видов.

«**Ступенчатый**» лов, при условии одинаковой продолжительности траления на каждом из горизонтов, также дает выборку из исследуемого объема воды (см. рис. б), но при определенных подходах расчет численности и биомассы для большинства видов можно выполнять и площадным методом. Для этого нужно иметь четкое представление о том, в каких горизонтах пойманы все виды, присутствующие в трале. В данном случае использование площадного метода расчетов требует пересчета фактического улова каждого вида на 1 ч траления по слою воды, в котором он обитает. Расчеты объемным методом при этом способе лова можно проводить без корректировки фактических уловов. Основным недостатком также является относительно малое время облова слоя эхозаписи массовых видов, правда, определить это время уже достаточно просто (в примере на рис.б оно составляет 20 мин.).

«**Комбинированный лов**» — наиболее сложен в обработке полученной количественной информации. Он позволяет использовать площадной способ расчетов численности и биомассы массовых видов, но снижает качество информации по другим объектам из-за неравномерного облова различных горизонтов (в примере на рис. в слой эхозаписи облавливается 30 мин. и два горизонта по 15 мин.). Основное его достоинство состоит в том, что при получасовом (или более) облове слоя эхозаписи, который чаще всего имеет различную плотность, можно полу-

чить более объективные значения среднего улова на 1 ч траления по массовому виду (а, значит, точнее рассчитать его численность и биомассу). При двух других способах, как отмечалось выше, время облова слоя эхозаписи ограничено и эти данные менее точны.

Очевидно, что и в данном случае фактический улов не может быть напрямую использован для расчетов площадным методом и требуется его пересчет по всем видам на 1 ч траления по отдельным горизонтам лова. Применение объемного метода расчетов для ряда видов весьма затруднительно.

Допустим, что в улове (см. рис. 6) присутствуют минтай, молодь южного одноперого терпуга *Pleurogrammus azonus*, кета *Oncorhynchus keta* и серебрянка *Leuroglossus schmidti*. Очевидно, что фактический улов минтая надо будет увеличивать в два раза (пересчет на 1 ч траления по слою эхозаписи), молоди терпуга и кеты – в четыре раза, так как фактическое время облова поверхностного слоя, где они обитают, составляет около 15 мин. Дальнейшие расчеты по этим видам можно будет проводить площадным методом. Сложность возникает для серебрянки и других мезопелагических рыб (звездочки на рис.), которые ночью могут быть пойманы на любой глубине. Применение площадного метода здесь недопустимо (оценки будут существенно занижены), а расчеты объемным методом затруднены из-за неравномерного облова различных горизонтов.

Как следует из изложенного выше, основной проблемой, возникающей при пересчетах фактических уловов на 1 ч траления по горизонту лова, является определение глубины залегания и толщины слоя воды, в пределах которого обитает каждый из присутствующих в улове нектеров. Сложность заключается в том, что одни и те же виды могут изменять глубину обитания в зависимости от района, возраста, сезона, времени суток, физиологического состояния и т.д. Кроме того, ряд видов может быть пойман на любой глубине в пределах эпипелагиали. Поэтому для таких видов применение площадного метода расчетов численности и биомассы в принципе невозможно. Выходом из положения в данном случае является дифференцированный и индивидуальный подход к каждому виду в каждом районе при расчете его численности и биомассы.

Нами был проведен анализ видового состава уловов и особенностей вертикального распределения основных видов нектона в период проведения комплексных экспедиций в эпипелагиали (0–200 (250) м) и верхней эпипелагиали (0–50 м) Охотского моря в летне-осенний период 1991–2001 гг. В результате все виды, встреченные в уловах, были условно разделены на шесть основных групп:

1. «**Промысловые**» – массовые промысловые виды, фиксирующиеся эхолотами (минтай, сельдь, мойва в некоторых районах и др.). При расчетах биомассы и численности для них можно использовать площадной метод с использованием коэффициента объемности (см. выше) и пересчетом фактического улова на часовое траление по эхозаписи.

2. «**Верхнеэпипелагические**» – постоянные обитатели верхних слоев воды (тихоокеанские лососи, молодь северного *Pleurogrammus monoptyerygius* и южного одноперых терпугов, сеголетки песчанки *Ammodytes hexapterus* в глубоководных районах, японский анчоус *Engraulis japonicus*, молодь камчатского *Gonatus camtshaticus* и японского *Gonatopsis japonicus* кальмаров и др.). При расчетах биомассы и численности для них можно использовать площадной метод с пересчетом фактических уловов на 1 ч траления в поверхностном слое.

3. «**Донные**» – большая группа донных и придонных видов, встречающихся в уловах в пределах шельфа (камбалы *Pleuronectidae*, бычки *Cottidae*, лисички *Agonidae*, круглоперы *Cyclopteridae*, взрослая песчанка, креветки и др.). При расчетах численности и биомассы для них можно использовать площадной метод с пересчетом фактических уловов на 1 ч траления в придонном слое.

Здесь необходимо иметь ввиду, что роль придонных видов в нектонных сообществах неоднозначна: одни появляются чисто случайно (большинство камбаловых и костнощечких, бельдюговых *Zoarcidae* и др.), а другие совершают активные суточные миграции в пелагиаль (круглоперые, сахалинская камбала *Limanda sakhalinensis*, бычок-бабочка *Melletes papillio* и др.). По этой причине в пределах этой

группы видов можно выделить две подгруппы: а) **собственно донные виды** и б) **придонные**. У первых протяженность вертикальных миграций сравнима с вертикальным раскрытием донного трала (7–10 м) и роль планктона в питании невелика, вторые совершают протяженные суточные миграции и питаются преимущественно планктонными организмами.

4. «**Пелагические надшельфовые**» – пелагические виды, встречающиеся преимущественно в пределах шельфа, совершающие протяженные суточные миграции и слабо фиксирующиеся эхолотами (сеголетки мойвы, стихеевых Stichaeidae, песчанки, частично сеголетки минтая и сельди, мальки и личинки многих донных видов рыб). Фактический улов таких объектов, если они не фиксировались эхолотом, не пересчитывается, а количественные оценки обилия можно получить, используя объемный метод для слоя 100 м (или значение средней глубины в исследуемом районе).

5. «**Мезопелагические**» – мезопелагические нектеры, поднимающиеся в эпипелагиаль только в ночное время (серебрянка, миктофиды Mucrophidae, большинство кальмаров, мезопелагические креветки и др.). Количественные оценки по таким видам над глубинами более 200 м рассчитываются только по тралениям, выполненным в темное время суток без пересчета фактических уловов и с использованием объемного метода для всего исследуемого слоя эпипелагиали (если вид встречается вплоть до верхних слоев воды, например, серебрянка, охотский батияг *Lipolagus ochotensis*, светлоперый лампаникт *Stenobranchius leucopsarus* и др.) или только нижнего 100-метрового ее слоя (некоторые кальмары, темноперый лампаникт *S. nannochir*, хаулиод *Chauliodus macouni* и др., не поднимающиеся или редко поднимающиеся ночью выше 100-метровой изобаты).

6. «**Пелагические**» (эврибатные виды) – обитатели всего слоя пелагиали (большинство медуз, рыба-лягушка *Aptocyclus ventricosus*, запрора *Zaprora silenus* и др.). Их фактические уловы не пересчитываются, а при расчетах численности и биомассы используется объемный метод для всего исследуемого слоя эпипелагиали.

Очевидно, что разделение видов на предложенные группы предполагает использование как объемного, так и площадного методов оценки численности и биомассы. Это существенно увеличивает объем расчетов, усложняет формализацию данных для обработки с использованием персональных компьютеров. Несмотря на это точность полученных таким способом количественных оценок оказывается более высокой именно по второстепенным видам с сохранением существующих методик учета наиболее массовых нектеров (1-я, 2-я и 3-я группы по приведенной выше классификации). Списки видов, встреченных в уловах в период проведения траловых съемок осенью 1998, 1999 и 2001 г., слои их обитания в различных районах Охотского моря, применяемые способы оценки обилия приведены в соответствующих рейсовых отчетах [Отчет., 1998, 1999, 2001]. При использовании этих данных необходимо учитывать, что многие виды могут переходить из одной группы в другую (в зависимости от климато-океанологической обстановки, региона, сезона, возраста, физиологического состояния и других факторов).

Заметим также, что для использования предложенных методик подготовки исходных данных и последующих расчетов обилия различными способами, наиболее приемлемым является применение «ступенчатого» способа лова, при этом обязательным условием является **одинаковое время траления на всех горизонтах** (количество горизонтов лова зависит от толщины исследуемого слоя пелагиали), что позволит использовать как объемный, так и площадной методы расчетов численности и биомассы видов. Общая продолжительность стационарного траления в этом случае может и превышать 1 ч (например, при наличии эхозаписи она может облавливаться 30 мин., но затем по 30 мин. ловят и на всех вышележащих горизонтах). Для видов, численность и биомасса которых в дальнейшем будет рассчитываться объемным методом, фактический улов в этом случае просто пересчитывается на 1 ч траления. Продолжительность облова эхозаписи в каждом конкретном случае определяется отдельно, исходя из возможной величины улова (слишком большие уловы трудно количественно оценить, кроме того,

научно-исследовательские суда имеют ограниченные возможности их переработки) и характера эхозаписи (изменение плотности, глубины и пр.). Еще одним достоинством «ступенчатого» лова является то, что он дает возможность обловить скопления разных видов (или размерно-возрастных групп одного вида), обитающих на разных глубинах. Например, в северной части Охотского моря эхозаписи часто имеют вид двухслойных скоплений – у поверхности (сельдь в нагульный период) и на глубинах 200–250 м (минтай).

Еще одна малоизученная проблема, возникающая при использовании «ступенчатого» и комбинированного способов лова – изменение горизонтального раскрытия трала на различных горизонтах. До последнего времени этот параметр считали постоянной величиной для каждого типа трала, поэтому в расчетах использовали средние характеристики, указанные в технической документации. Лишь относительно недавно обратили внимание на то, что горизонтальное раскрытие трала может существенно меняться при изменении горизонта траления. Используемые в настоящее время эмпирические формулы для расчета этой важнейшей характеристики [Волвенко, 1998] включают в себя ряд измеряемых параметров траления: вертикальное раскрытие трала, горизонт лова, скорость траления и количество вытравленных ваеров.

При изменении горизонта траления (см. рисунок), как правило, все эти величины меняются. В результате расчетное горизонтальное раскрытие трала  $a$ , значит, и значения протраленной площади или процеженного тралом объема воды также может изменяться. Так, для трала РТ/ТМ-80/396 осенью 2001 г. горизонтальное раскрытие в период одного траления изменялось на 3–12 м (табл. 2).

Следует отметить, что применение приборов, фиксирующих фактическое горизонтальное раскрытие трала (а они уже имеются), не снимает этой пробле-

Таблица 2

**Фактические и расчетные (выделены полужирным шрифтом) параметры некоторых тралений, выполненных в сентябре 2001 г. у восточного побережья Сахалина**

Трал №	Скорость траления, узлы	Горизонт траления, м	Вертикальное раскрытие трала, м	Длина ваеров, м	Горизонтальное раскрытие, м	Площадь траления, км <sup>2</sup>	Объем процеженной воды, км <sup>3</sup>
51	4	97	40	400	34,2	0,253506	0,01014
	4	2	40	150	27,1	0,200674	0,008027
52	3,5	203	43	580	34,6	0,224216	0,009641
	5,4	8	45	130	25,0	0,250557	0,011275
53	4,9	200	42	600	36,2	0,328818	0,01381
	4,9	100	42	320	32,6	0,296031	0,012433
	4,9	2	42	150	26,9	0,244496	0,010269
54	3,7	200	43	550	34,7	0,237506	0,010213
	3,7	100	43	350	32,1	0,220209	0,009469
	3,7	8	43	100	22,9	0,157218	0,00676
55	3,7	283	44	800	35,9	0,245903	0,01082
	4,7	15	44	150	26,5	0,230333	0,010135
56	4	133	41	500	35,2	0,260621	0,010685
	3,7	10	45	130	24,5	0,168114	0,007565
57	4	71	44	270	30,5	0,225752	0,009933
	4	10	44	100	23,0	0,170205	0,007489
58	4,6	0	45	100	23,0	0,195721	0,008807
59	4,5	33	42	180	28,3	0,236265	0,009923
	4,5	0	42	100	23,6	0,196693	0,008261
60	3,8	205	45	550	34,2	0,240345	0,010816
	3,8	150	45	420	32,7	0,230435	0,01037

мы. В любом случае необходимо учитывать данный факт при количественных расчетах.

На практике использование «ступенчатого» способа лова позволяет для каждого горизонта рассчитывать протраленную за 1 ч площадь отдельно, а для видов, количественные оценки по которым получают объемным способом, пользоваться усредненными по всем горизонтам значениями. К сожалению, используемый в настоящее время в ТИПРО-центре компьютерный пакет программ для хранения и обработки биологической информации [«Ихтиолог»] позволяет вводить только средние параметры, поэтому данные по параметрам траления на каждом горизонте можно фиксировать только в траловой карточке и рейсовых отчетах.

Как видно из данных, приведенных в табл. 3, использование различных подходов к сбору и обработке первичных материалов может существенно изменять полученные количественные оценки, причем как в сторону снижения, так и в сторону увеличения. При анализе этой таблицы необходимо иметь ввиду, что разница в оценках при различных способах расчетов в приведенном примере возникает по трем основным причинам: 1) в результате использования зон глубин в пределах биостатистических районов с последующим суммированием результатов; 2) из-за использования объемного метода для ряда видов; 3) по причине использования для каждого горизонта отдельных либо средних по всем горизонтам характеристик траления. Исходные данные во всех случаях были одни и те же — фактические уловы, пересчитанные на 1 ч траления по горизонту обитания вида с едиными коэффициентами уловистости трала и необходимыми корректировками с учетом коэффициента объемности.

Учитывая вышеизложенное, заметим ряд интересных закономерностей, касающихся влияния рассматриваемых подходов на результаты расчетов биомассы видов различных групп (см. классификацию, приведенную выше).

Во-первых, деление районов на прибрежную, шельфовую и глубоководную зоны может как увеличивать, так и снижать величину оценок биомассы (данные в табл. 3, обозначенные как P1 и P2, различаются только по этой причине) в зависимости от соотношения площадей зон, обилия и частоты встречаемости вида, а также степени его приуроченности к отдельным диапазонам глубин. В целом наблюдается следующая закономерность: чем более широко и равномерно распространен вид, тем меньше разница в оценках. Для видов, приуроченность которых к какой-либо батиметрической зоне более выражена, такой подход уточняет оценки в сторону их уменьшения при наличии плотных скоплений и высоких уловов (минтай, мезопелагические виды и др.). Соответственно в противном случае наблюдается противоположная ситуация — количественные оценки оказываются выше, чем рассчитанные для всей площади района (мойва, массовые виды «донной» группы и др.).

Во-вторых, при использовании всех рассматриваемых в данной работе методических приемов (оценки P3 в табл. 3) наибольшей получается разница в количественных оценках для групп видов, по которым применяется объемный метод расчетов. Так, по группам IV, V и VI оценка биомассы оказалась выше полученной традиционными методами на 118–127%.

В-третьих, использование дифференцированных по каждому из горизонтов параметров траления и соответствующих средних данных оказывает существенное влияние на результаты расчетов. Так, разница в оценках, приведенных в столбцах P2 и P3 для I, II и III групп видов (и в том, и в другом случае применялся площадной метод расчетов), связана почти исключительно с влиянием этого фактора (см. табл. 3).

Таким образом, можно заключить, что применение рассматриваемых в работе изменений методик сбора и обработки материалов существенно не влияет на количественные оценки по основным промысловым видам (прежде всего, минтаю, сельди, тихоокеанским лососям), а только уточняет их. В то же время они позволяют сделать существенную переоценку роли многих второстепенных видов в функционировании пелагических сообществ (например мойвы, мезопелагических нектеров, придонных рыб, нектобентоса и макропланктона).

Таблица 3

Оценки биомассы nekтона, макропланктона и nekтобентоса осенью 2001 г. в пелагиали Северо-западнокамчатского района (VI) площадным методом для всех видов по району (P1), площадным методом для всех видов с выделением батиметрических зон (P2) и при дифференцированном подходе с использованием объемного и площадного методов и батиметрических зон (P3)\*

Виды и группы	K	P1, тыс. т	P2, тыс. т	Разница в оценках P1 и P2, %	P3				Разница в оценках	
					Прибрежная, тыс. т	Шельфовая, тыс. т	Глубоководная, тыс. т	Сумма, тыс. т	P3-P1, %	P3-P2, %
<i>I. Промысловые</i>	512,868	476,083	-7,17	181,040	207,857	409,026	-20,25	-14,09		
<i>Clupea pallasii</i>	0,4	0,336	0,239	-28,90	0,093	0,123	0,035	0,251	-25,28	5,09
<i>Mallotus villosus</i>	0,1	81,194	178,457	119,79	175,466	1,702	2,008	179,176	120,68	0,40
<i>Theragra chalcogramma</i>	0,4	431,338	297,388	-31,05	5,481	18,304	205,815	229,599	-46,77	-22,79
<i>II. Верхнеэпипелагические</i>	51,270	30,294	-40,91	34,913	3,133	59,966	16,96	97,95		
<i>Gonatus madokai</i> (молодь)	0,1	3,514	3,686	4,91	2,084	0,265	3,116	5,465	55,54	48,26
<i>Larva pisces</i>	0,01	0,021	0,031	43,45	0,026	0,005	0,000	0,031	46,25	1,95
<i>Oncorhynchus keta</i>	0,3	0,316	0,146	-53,81	0,000	0,158	0,000	0,158	-49,98	8,30
<i>Oncorhynchus keta</i> (молодь)	0,3	0,090	0,042	-53,81	0,000	0,044	0,000	0,044	-51,20	5,64
<i>O. gorbuscha</i> (сеголетки)	0,3	0,047	0,021	-53,81	0,000	0,023	0,000	0,023	-51,20	5,64
<i>O. masu</i>	0,3	0,025	0,059	132,14	0,059	0,000	0,000	0,059	132,14	0,00
<i>O. tshawytscha</i>	0,3	1,859	0,943	-49,27	0,105	0,895	0,000	1,000	-46,19	6,09
<i>Theragra chalcogramma</i> (сеголетки)	0,1	45,399	25,366	-44,13	32,638	20,530	0,017	53,185	17,15	109,67
<i>III. Донные</i>	23,472	33,729	43,70	28,478	3,846	1,062	33,386	42,24	-1,02	
<i>Atheresthes evermanni</i>	0,5	0,066	0,039	-40,86	0,000	0,000	0,031	0,031	-53,11	-20,72
<i>Careproctus cyclocephalus</i>	0,5	0,057	0,033	-40,86	0,000	0,000	0,029	0,029	-49,15	-14,02
<i>Crangon communis</i>	0,1	0,017	0,040	132,14	0,040	0,000	0,000	0,040	132,14	0,00
<i>Crangon dalli</i>	0,1	0,001	0,001	-34,29	0,000	0,001	0,000	0,001	60,21	143,80
<i>Eualis</i> sp.	0,1	0,001	0,000	-53,81	0,000	0,000	0,000	0,000	-58,49	-10,13
<i>Eumicrotremus birulai</i>	0,5	0,053	0,103	94,51	0,096	0,001	0,008	0,104	97,07	1,31
<i>E. schmidti</i>	0,5	0,001	0,003	132,14	0,003	0,000	0,000	0,003	132,14	0,00
<i>Gadus macrocephalus</i>	0,5	1,427	0,601	-57,90	0,000	0,317	0,204	0,521	-63,52	-13,35
<i>Glyptocephalus stelleri</i>	0,5	0,094	0,056	-40,86	0,000	0,000	0,051	0,051	-46,05	-8,79

Виды и группы	K	P1, тыс. т	P2, тыс. т	Разница в оценках P1 и P2, %	P3				Разница в оценках	
					Прибрежная, тыс. т	Шельфовая, тыс. т	Глубоководная, тыс. т	Сумма, тыс. т	P3-P1, %	P3-P2, %
<i>Gymnosanthus detritus</i>	0,5	0,268	0,345	28,57	0,247	0,019	0,065	0,331	23,39	-4,03
<i>Hippoglossoides robustus</i>	0,5	0,596	0,399	-33,05	0,044	0,052	0,236	0,332	-44,27	-16,76
<i>Leptoclynus maculatus</i>	0,1	0,006	0,003	-53,81	0,229	0,000	0,000	0,229	3851,75	8455,33
<i>Limanda aspera</i>	0,5	0,346	0,804	132,14	0,804	0,000	0,000	0,804	132,14	0,00
<i>Limanda sakhalinensis</i>	0,5	15,580	25,783	65,48	23,203	2,396	0,000	25,599	64,30	-0,71
<i>Liparis ochotensis</i>	0,5	0,558	0,424	-24,01	0,208	0,193	0,000	0,401	-28,15	-5,44
<i>Melletes papilio</i>	0,5	0,012	0,027	132,14	0,027	0,000	0,000	0,027	132,14	0,00
<i>Ocella dodecaedron</i>	0,5	0,006	0,014	132,14	0,014	0,000	0,000	0,014	132,14	0,00
<i>Osmerus dentex</i>	0,5	0,020	0,047	132,14	0,047	0,000	0,000	0,047	132,14	0,00
<i>Palassina barbata</i>	0,5	0,002	0,004	132,14	0,004	0,000	0,000	0,004	132,14	0,00
<i>Pandalus borealis</i>	0,1	1,552	2,048	31,99	1,526	0,140	0,292	1,958	26,15	-4,42
<i>P. goniurus</i>	0,1	1,015	0,929	-8,54	0,574	0,330	0,000	0,903	-11,03	-2,73
<i>Pleuronectes quadrituberculatus</i>	0,5	0,054	0,125	132,14	0,125	0,000	0,000	0,125	132,14	0,00
<i>Podothecus gilberti</i>	0,5	1,513	1,561	3,19	1,042	0,395	0,074	1,511	-0,10	-3,19
<i>P. veterius</i>	0,5	0,105	0,244	132,14	0,244	0,000	0,000	0,244	132,14	0,00
<i>Reinhardtius hippoglossoides</i>	0,5	0,116	0,092	-21,14	0,000	0,000	0,073	0,073	-37,48	-20,72
<i>R. hippoglossoides</i> (молодь)	0,3	0,004	0,002	-53,81	0,000	0,001	0,000	0,001	-59,57	-12,47
<i>Triglops jordani</i>	0,5	0,001	0,003	132,14	0,003	0,000	0,000	0,003	132,14	0,00
<i>IV. Пелагические надшельфовые</i>	2,251	5,120	127,43	5,120	0,005	0,000	5,125	127,65	0,10	
<i>Mallotus villosus</i> (сеголетки)	0,1	0,357	0,724	102,46	0,697	0,000	0,000	0,697	95,11	-3,63
<i>M. villosus</i> (личинки)	0	1,787	4,149	132,14	4,175	0,003	0,000	4,177	133,75	0,69
<i>Leptoclynus maculatus</i> (личинки)	0	0,096	0,222	132,14	0,222	0,002	0,000	0,224	134,74	1,12
<i>Pleuronectidae</i> gen. sp. (личинки)	0	0,011	0,026	132,14	0,026	0,000	0,000	0,026	132,14	0,00

Виды и группы	K	P1, тыс. т	P2, тыс. т	Разница в оценках P1 и P2, %	P3				Разница в оценках	
					Прибрежная, тыс. т	Шельфовая, тыс. т	Глубоководная, тыс. т	Сумма, тыс. т	P3-P1, %	P3-P2, %
<i>V. Мезопелагические</i>	3,439	2,257	-34,38	0,170	7,202	7,523	118,74	233,33		
<i>Allolepis hollandi</i>	0,1	0,138	0,082	-40,86	0,000	0,000	0,068	0,068	-50,63	-16,53
<i>Verteuthis magister</i>	0,1	2,490	1,696	-31,89	0,170	0,151	5,198	5,519	121,63	225,40
<i>Gonopsis borealis</i>	0,1	0,790	0,466	-40,92	0,000	0,001	1,899	1,899	140,55	307,15
<i>Leuroglossus schmidti</i>	0,1	0,005	0,003	-40,86	0,000	0,000	0,014	0,014	162,86	344,44
<i>Malacosteus zonurus</i>	0,1	0,014	0,008	-40,86	0,000	0,000	0,018	0,018	26,55	113,97
<i>Stenobrachius leucopsarus</i>	0,1	0,002	0,001	-40,86	0,000	0,000	0,005	0,005	162,86	344,44
<i>VI. Пелагические</i>	19,470	16,283	-16,37	8,934	11,243	22,290	118,12	160,81		
<i>Arctocyclus ventricosus</i>	0,5	2,712	1,782	-34,29	0,000	0,000	6,873	6,873	153,38	285,58
<i>Aurelia limbata</i>	0,1	0,631	0,896	41,98	0,755	0,433	0,000	1,187	88,15	32,52
<i>Chrysaora melonaster</i>	0,1	3,842	4,964	29,18	3,591	0,980	4,328	8,898	131,57	79,26
<i>Chrysaora quinquecirrha</i>	0,1	4,042	2,459	-39,16	0,391	3,492	4,082	7,965	97,07	223,91
<i>Suaeda capillata</i>	0,1	2,001	2,928	46,32	4,161	0,419	2,062	6,641	231,92	126,84
<i>Phacellophora samchatica</i>	0,1	0,125	0,082	-34,29	0,000	0,000	0,351	0,351	181,37	328,16
<i>Histiocottus bilobus</i>	0,2	0,010	0,005	-53,81	0,000	0,004	0,000	0,004	-57,46	-7,91
<i>Ptychogena lactea</i>	0,1	5,513	2,783	-49,52	0,036	5,878	2,993	8,907	61,55	220,07
<i>Tima sakhalinensis</i>	0,1	0,593	0,385	-35,18	0,000	0,038	1,602	1,641	176,47	326,49
Суммарно, тыс.т	612,771	563,766	-8,00	258,655	57,295	241,544	557,494	-9,02	-1,11	
Площадь района (зоны), тыс. км <sup>2</sup>	56,0	56,0		32,5	9,7	13,8	56,0			
Количество станций	16	16		4	6	5	16			

\* Исходные данные для расчета биомассы всеми тремя способами одинаковы: K – принятые коэффициенты уловистости трала; разница между оценками P2 и P1 подсчитывалась по формуле: (P2-P1) x 100/P1 (аналогично для P2 и P3).

И, наконец, последняя проблема, всегда возникающая при проведении крупномасштабных траловых съемок — существование очень плотных локальных скоплений массовых видов nektona (в рассматриваемом регионе минтая, сельди и мойвы). При работе по заранее намеченной сетке станций такие скопления часто оказываются между ними и могут быть пропущены. Когда же намеченная станция попадает на такое скопление, возникает опасность существенного завышения количественных оценок по данному биостатистическому району. Не рассматривая чисто математические приемы, позволяющие в некоторой степени преодолеть эти проблемы, необходимо перечислить необходимый комплекс работ, который нужно дополнительно провести на таком скоплении.

Во-первых, определить площадь встреченного скопления объекта путем использования гидроакустических данных и выполнения дополнительных галсов судна в разных направлениях (в районах работы «минтаевых» и «сельдевых» экспедиций можно дополнительно использовать и данные по расстановке промысловых судов добывающей группы).

Во-вторых, в разных частях скопления выполнить несколько контрольных тралений (с учетом плотности распределения объекта) с целью получения данных о среднем улове на усилие (при наличии времени возможно проведение тралово-акустической микросъемки).

В-третьих, по стандартным методикам [Волвенко, 1999] провести определение численности и биомассы вида в пределах скопления.

В дальнейшем при расчете численности и биомассы данного вида в пределах биостатистического района площадь скопления из общей площади района вычитается, уловы при определении средней плотности распределения вида в районе не учитываются, а полученные оценки численности и биомассы в скоплении суммируются с результатами учета на остальной площади.

Особо необходимо остановиться на методах получения среднего улова на стандартное усилие на скоплениях сельди в рассматриваемом регионе. Хорошо известно, что в определенные периоды этот вид держится отдельными косяками, которые, собственно, и агрегируются в скопление. В такой ситуации средний улов на 1 ч траления не может объективно отражать плотность распределения сельди (именно по этой причине большинство специалистов настороженно относилось и относится к количественным данным по сельди, полученным в результате проведения траловых съемок).

На практике в задачу исследователя при работе на косячных скоплениях сельди входит оценка не среднего улова на усилие, а биомассы или численности рыб в среднем косяке. Для этого облавливаются несколько косяков сельди различного размера. Параллельно акустическими методами подсчитывается среднее количество косяков на квадратном километре скопления. Имея две эти величины нетрудно подсчитать численность и биомассу вида.

Другой подход, связанный с определением улова на усилие, используется, когда сельдь держится небольшими многочисленными косяками в разных горизонтах. Он заключается в том, что при тралении по эхолоту подсчитывают количество косяков, пройденных за 1 ч траления, а по прибору контроля хода трала — количество фактически обловленных косяков. В этом случае фактический улов на 1 ч траления увеличивается пропорционально количеству не обловленных тралом косяков. Например, за 1 ч прописано эхолотом 9 косяков, обловлено — 3, фактический улов на 1 ч траления для оценки численности и биомассы площадным методом необходимо увеличить в три раза. Дальнейший расчет проводят обычным способом [Волвенко, 1999].

В районах промысла для контроля в обоих случаях можно использовать уловы на усилие судов, оборудованных кошельковыми неводами. Этим орудием лова обычно обметываются отдельные косяки сельди, причем уловистость кошелькового невода приближается к 95%. Подобным образом осенью 1998 г. в Притауйском районе (II) был проверен используемый в настоящее время коэффициент уловистости трала (0,4 для сельди в предзимовальных скоплениях), который оказался вполне точным [Мельников, Кузнецова, 2002].

Резюмируя изложенное, следует заметить, что для успешного проведения траловых съемок в пелагиали научно-исследовательские суда непременно должны быть оборудованы современной гидроакустической аппаратурой, иметь надежно работающие приборы контроля хода трала, желательны с датчиками, фиксирующими как вертикальное, так и горизонтальное раскрытие, и мощными динамометрами для взвешивания уловов.

### Литература

- Аксютина З.М.** 1968. Элементы математической оценки результатов наблюдений в биологических и рыбохозяйственных исследованиях.— М.: Пищевая промышленность.— 288 с.
- Борец Л.А.** 1997. Донные ихтиоцены российского шельфа дальневосточных морей: состав, структура, элементы функционирования и промысловое значение.— Владивосток: ТИНРО-центр.— 217 с.
- Волвенко И.В.** 1998. Проблемы количественной оценки обилия рыб по данным траловой съемки // Известия ТИНРО. Т. 124.— С. 473–500.
- Волвенко И.В.** 1999. Некоторые алгоритмы обработки данных по обилию и размерно-весовому составу уловов // Известия ТИНРО. Т. 126. Ч. 1.— С. 177–195.
- Волвенко И.В.** 2001. Динамика интегральных характеристик биоценологических группировок северной части Охотского моря в конце XX века // Известия ТИНРО. Т. 128. Ч.1. С. 3–44.
- Волвенко И.В., Титяева Е.А.** 1999. Динамика доминирования в нектоне и макропланктоне пелагиали северной части Охотского моря // Известия ТИНРО. Т. 126. Ч. 1.— С. 58–81.
- Ланко В.В.** 1996. Состав, структура и динамика нектона эпипелагиали Охотского моря: Автореф. дис. ... канд. биол. наук.— Владивосток: ТИНРО-центр.— 24 с.
- Мельников И.В.** 1999. Экология некоторых видов рыб дальневосточных морей и их использование в качестве биоиндикаторов океанологических условий: Автореф. дис. ... канд. биол. наук.— Владивосток: ТИНРО-центр.— 24 с.
- Мельников И.В., Кузнецова Н.А.** 2002. Особенности формирования скопления охотской сельди в Притауйском районе в сентябре 1998 и 1999 гг. // Известия ТИНРО. Т. 130.
- Отчет** по результатам экспедиции НИС «ТИНРО» в Охотское море в августе–декабре 1998 г.: Отчет о НИР (промежут.) / ТИНРО. № 22969. Владивосток, 1998.— 623 с.
- Отчет** по результатам экспедиции НИС «Профессор Кагановский» в Охотское море и Приморье в августе–ноябре 1999 г.: Отчет о НИР (промежут.) / ТИНРО. № 23236. Владивосток, 1999.— 423 с.
- Отчет** по результатам экспедиции НИС «ТИНРО» в Охотское море в августе–ноябре 2001 г.: Отчет о НИР (промежут.) / ТИНРО. № 23906. Владивосток, 2001.— 503 с.
- Песенко Ю.А.** 1982. Принципы и методы количественного анализа в фаунистических исследованиях.— М.: Наука.— 287 с.
- Программа** и методика изучения биогеоценозов водной среды. Биогеоценозы морей и океанов. 1970.— М.: Наука.— 232 с.
- Радченко В.И. и др.** 1997а. Условия среды, состав планктона и нектона эпипелагиали южной части Охотского моря и сопредельных океанских вод летом 1994 г. // Биология моря. Т. 23. № 1.— С. 15–25.
- Радченко В.И. и др.** 1997б. Состав планктонных и нектонных сообществ в эпипелагиали северной части Охотского моря осенью 1994 г. // Биология моря. Т. 23. № 3.— С. 143–150.
- Шемина Э.И.** 1977. Оценка запасов рыб и коэффициента уловистости // Рыбное хозяйство. № 4.— С. 22–23.
- Шунтов В.П.** 1986. Состояние изученности многолетних циклических изменений численности рыб дальневосточных морей // Биология моря. № 3.— С. 3–14.
- Шунтов В.П.** 1988. Биологические ресурсы дальневосточных морей: перспективы изучения и освоения // Биология моря. № 3.— С. 3–14.
- Шунтов В.П.** 1993. Еще раз о проблеме глобального потепления и его влиянии на биоту дальневосточных морей // Рыбное хозяйство. № 2.— С. 68–74.
- Шунтов В.П.** 1994. Новые данные о перестройках в пелагических экосистемах дальневосточных морей // Вестник ДВО РАН. № 2.— С. 59–66.
- Шунтов В.П.** 1995. Межгодовая динамика в составе и структуре пелагических сообществ Охотского моря // Вестник ДВО РАН. № 6.— С. 80–89.
- Шунтов В.П. и др.** 1998. Новые данные о состоянии пелагических экосистем Охотского и Японского морей // Известия ТИНРО. Т. 124.— С. 139–177.
- Шунтов В.П. и др.** 1986. Особенности формирования продуктивных зон в Охотском море в осенний период // Биология моря. № 4.— С. 57–65.
- Шунтов В.П. и др.** 1997. Биологические ресурсы Дальневосточной экономической зоны: структура пелагических и донных сообществ, современный статус, тенденции многолетней динамики // Известия ТИНРО. Т. 122.— С. 3–15

Юданов К.И. 2001. Роль учетных съемок в экосистемном регулировании промысловых ресурсов // Рыбное хозяйство. № 2.— С. 30.

Shuntov V.P., Dulepova E.P., Radchenko V.I., Temnykh O.S. 1993. On the beginning of large reformation in communities of plankton and nekton of the far-eastern seas // PICES: Seattle. Washington. USA. October, 25–30.— P. 35.

УДК 639.2.053.7:639.223.5

## Об оценке запасов охотоморского минтая инструментальными методами

Смирнов А.В., Авдеев Г.В., Николаев А.В.,  
Шевцов В.И. (ТИНРО-центр)

### Введение

Минтай (*Theragra chalcogramma*) в настоящее время является и, очевидно, в обозримом будущем будет являться важнейшим промысловым видом в водах северной части Тихого океана. Для рыбной промышленности российского Дальнего Востока его значение трудно переоценить. В 1980-е гг. суммарный вылов минтая Россией достигал 4 млн т и более и, хотя впоследствии его запасы уменьшились, на рубеже веков он составлял более половины от общего вылова (рис. 1). В среднем за 1990-е гг. ежегодный вылов минтая достигал примерно 2,5 млн т. Особое значение запасы минтая приобрели в последнее время, когда численность других ценных видов рыб, таких, как сардина-иваси, треска, палтусы, значительно сократилась. Не умаляя роли других районов воспроизводства и промысла минтая, следует подчеркнуть, что наиболее важными для российских рыбаков остаются его ресурсы в Охотском море. Вылов минтая в Охотском море в 1990-е гг. составлял 65% от суммарного по Дальневосточному бассейну. В 1990-е гг. в северной части моря ежегодно добывалось более 1,5 млн т, а максимальный улов (2,0 млн т) был получен в 1996 г. [Фадеев, Веспестад, 2001].

Особую роль играет минтай и в экосистеме Охотского моря. Он является основным видом нектонного сообщества: его доля в северной части моря при наблю-

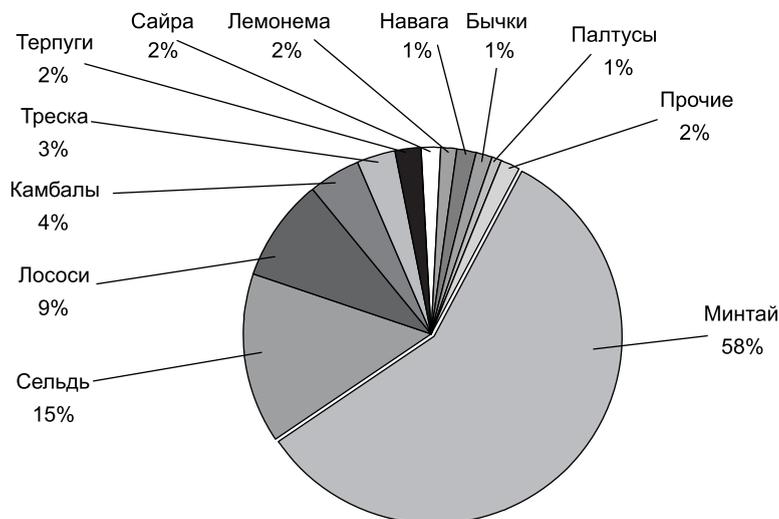


Рис. 1. Доля минтая в общем среднегодовом вылове в российской экономзоне в 1990-е гг.

давшихся межгодовых и региональных колебаниях составляла от 77 до 86% [Шунтов и др., 1993; Дулепова, 2002; Мерзляков, Василенко, 2002].

Ведущая роль охотоморского минтая в рыболовстве Дальнего Востока и определила приоритетность исследований по сравнению с другими важными промысловыми объектами. В течение двух последних десятилетий ТИНРО-центр основные материальные и судовые ресурсы вкладывал в выполнение экспедиций, направленных на оценку численности и биомассы, эффективности нереста и дислокации нерестилищ, определение места и роли минтая в экосистеме Охотского моря. По инициативе Н.С. Фадева с 1983 г. в Охотском море были развернуты экспедиционные исследования в зимне-весенний период (преднерестовый и нерестовый сезоны). В 1980-х – начале 1990-х гг. они носили явно выраженный «объектный» (минтайный) характер: на всей акватории моря, исключая наиболее глубоководную часть, целенаправленно выполнялись ихтиопланктонные съемки по оценке нерестового запаса в сопровождении контрольных тралений и гидрологических работ для сбора данных по биологическим параметрам производителей, размерно-возрастному составу и океанологическим условиям в период нереста [Смирнов, 1985; Фадеев, 1987; Фадеев, Смирнов, 1987]. В летне-осенний период тех лет в рамках экосистемных исследований на всей акватории моря также проводились крупномасштабные комплексные экспедиции, включавшие выполнение траловых, гидробиологических и гидрологических съемок, нацеленных на количественную оценку и функционирование всех компонентов планктонных и nektonных сообществ и в целом экосистемы Охотского моря [Шунтов и др., 1986; Шунтов и др., 1997; Дулепова, 2002, и др.].

В весенний период 1997 г. были впервые одновременно выполнены прямые учетные съемки по величине запасов минтая: ихтиопланктонная, траловая и эхометрическая в сопровождении фоновых гидрологических и гидробиологических наблюдений, чем была достигнута высокого уровня комплексность исследований. Первый опыт показал, что количество получаемой первичной информации по всем областям морской биологии многократно увеличилось, поэтому с тех пор ТИНРО-центром оценка запасов минтая и других биологических ресурсов в Охотском море в весенний период осуществляется в рамках таких комплексных экспедиций.

Применение различных методов учетных работ дало возможность получать несколько независимых величин запаса минтая, что повысило их репрезентативность и соответственно уменьшило риск значительных ошибок при определении величины его изъятия. Накопленный к настоящему времени массив данных позволяет провести сравнительный анализ оценок численности и биомассы, полученных по ихтиопланктонным, траловым и эхометрическим съемкам и подвести предварительные итоги этих исследований за 6-летний период (в 2003 г. ряд наблюдений был прерван).

Несмотря на достаточно хорошее освещение в литературе методов выполнения указанных съемок и расчета на их основе оценок численности и биомассы [Качина, Сергеева, 1978; Золотов и др. 1987; Фадеев, 1999; Мерзляков, Василенко, 2002, и др.], считаем необходимым еще раз остановиться на основных моментах и некоторых особенностях проведения этих работ, поскольку в мировой практике рыбохозяйственных исследований в настоящее время учетные съемки, выполняемые ТИНРО-центром в Охотском море, являются наиболее масштабными.

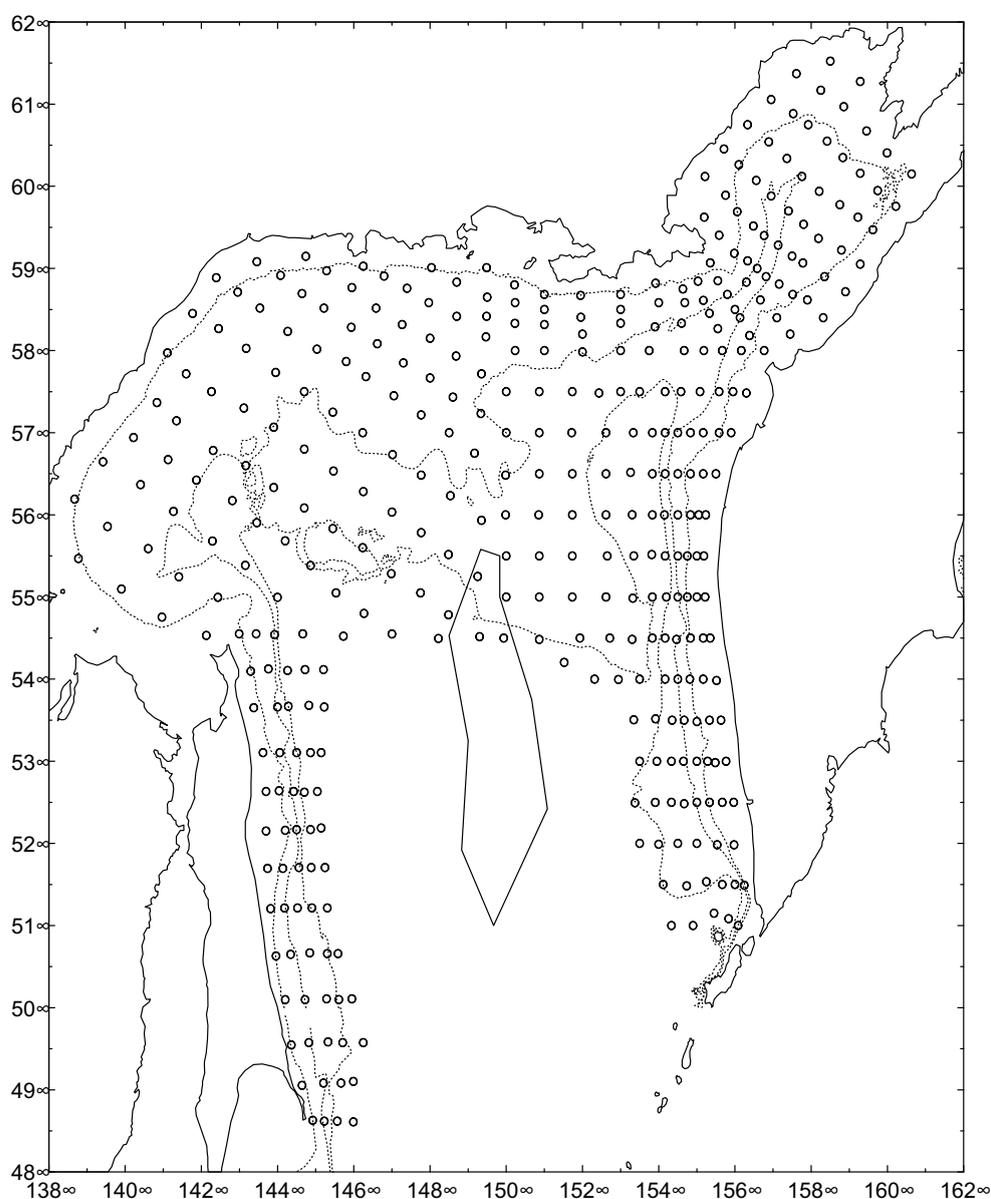
## **Методы оценки запасов**

### *Ихтиопланктонные съемки*

Обловы развивающейся икры и личинок минтая в Охотском море были начаты сравнительно давно, в конце 30-х гг. прошлого века [Расс, Желтенкова, 1948]. С 1972 г. ихтиопланктонные съемки, направленные на оценку запасов минтая в западнокамчатских водах, регулярно выполнялись КоТИНРО [Золотов и др., 1987], а в северной части моря на отдельных участках эпизодически Магаданским филиалом ТИНРО [Вышегородцев, 1978]. Основным недостатком этих съемок являлось то, что ими охватывалась лишь незначительная часть репродуктивного

ареала североохотоморского минтая. В разработанной Н.С. Фадеевым [1986] схеме станций этот недостаток был устранен: акватория съемки включала все известные и предполагаемые районы воспроизводства (рис. 2). Относительно стабильные гидрологические условия в 1980-е – начале 1990-х гг. способствовали определению стандартных сроков выполнения съемок на каждом из нерестилищ.

В западнокамчатских водах съемка ежегодно должна была начинаться 4 апреля и продолжаться максимум 15–17 суток, в зал. Шелихова – в начале первой декады мая (продолжительность – 4–5 суток), в северо-центральной и северо-западной частях моря – в течение двух последних декад мая и у Северо-Восточного Сахалина – в первой декаде июня, т.е. в соответствии в периодом массового нереста в каждом из районов [Фадеев, 1981; Фадеев, 1987]. В середине 1980-х гг. хорошая обеспеченность судами позволяла выполнять экспедиции одновременно двумя НИСами, что давало возможность проведения двух и более съемок в одном и том же районе (основное значение придавалось Западно-Камчатскому району как наиболее важному в воспроизводстве минтая). В начале 1990-х гг. от такой практики пришлось отказаться, более того, по различным причинам не выдержи-



**Рис. 2.** Схема ихтиопланктонной съемки, выполняемой ежегодно в зимне-весенний период в северной части Охотского моря

вались сроки проведения съемок (особенно в 1990 г.), а в 1993 и 1994 гг. съемка была ограничена лишь восточной частью моря. С 1997 г., как уже отмечалось, одновременно стали выполняться как ихтиопланктонные, так и траловые и эхометрические съемки. Относительно мягкие зимы в 1995–1997 гг. привели к значительному смещению массового нереста на более ранние сроки, поэтому стандартную съемку в водах Западной Камчатки стало целесообразнее выполнять на месяц раньше, т.е. в марте.

Обловы ихтиопланктона и расчет количества выметанной на момент съемки икры осуществлялись по стандартным общепринятым методикам [Расс, 1953; Расс; Казанова, 1966; Аксютин, 1968; Smith and Richardson, 1977]. Расстояние между разрезами составляло 30 миль (ок. 60 км), они были ориентированы перпендикулярно изобатам, а дистанция между станциями устанавливалась с расчетом их равномерного распределения по диапазонам глубин. На каждой станции выполнялись вертикальные обловы слоя 200–0 м (в отдельных случаях, особенно у Юго-Западной Камчатки, 400–0 м) либо от дна до поверхности на меньших глубинах. Орудием сбора являлась ихтиопланктонная коническая сеть ИКС–80, уловистость которой была принята за единицу. В период исследований скорость выборки была неизменной и составляла 0,8–1 м/с. Всего за время весенних экспедиций выполнялось 400–700 (в случае повторных съемок) станций. Стадии развития икры определялись по классификации Н.Н. Горбуновой [1954].

Если оценка количества икры, выметанной ко времени выполнения съемки, не представляет особой сложности, то определение общей численности икры, продуцируемой самками за весь нерестовый сезон на каждом из нерестилищ, весьма трудоемкая задача. Связано это, в первую очередь, с довольно длительным периодом нереста и продолжительным эмбриональным развитием, а также значительными площадями нерестилищ. Температурный режим водных масс на их отдельных участках, а также в отдельные периоды нереста изменчив. Нерест и развитие основной массы выметанной икры протекают при наиболее низких (отрицательных), в сравнении с другими районами воспроизводства, температурах.

Заметим, что успешных работ по инкубации икры минтая с целью определения общей продолжительности эмбриогенеза и отдельных его стадий при таких условиях до сих пор не выполнялось. Все это, на наш взгляд, делает несостоятельным для определения общей численности выметанной охотоморским минтаем за нерестовый сезон икры применение большинства наиболее распространенных в мировой практике методов оценки общей продукции икры [Дехник, Ефимов, 1984], поскольку они требуют выполнения серии съемок в течение всего репродуктивного периода, что зачастую нереально.

Многолетняя практика оценки запасов минтая в Охотском море показала, что применявшиеся ранее и используемые в настоящее время ТИНРО-центром и КамчатНИРО подходы к расчету биомассы минтая на основе численности выметанной икры вполне приемлемы для надежной оценки его ресурсов [Фадеев, Смирнов, 1987; Фадеев, 1999; Золотов и др., 2000]. Основным отличием методик расчета общей численности икры, используемых учеными, является следующее. В ТИНРО-центре в основу положены данные однократной съемки и соотношение отнерестившихся и преднерестовых половозрелых особей на момент выполнения съемки, а в КамчатНИРО расчеты строятся исходя из кривой нереста (метод Сэвилла), основанной на результатах нескольких съемок за нерестовый сезон, либо с использованием среднесезонной в случае однократной съемки [Качина, Сергеева, 1978]. В последние годы предпринимаются попытки определять общую численность выметанной икры по суточной продукции [Лисовенко, 2000].

Принципиальным моментом при расчетах является оценка параметра смертности икры в процессе эмбриогенеза. Хорошо известно, что у тех видов тресковых, которые имеют пелагическую икру, смертность в раннем онтогенезе чрезвычайно высока, что требует учета этого фактора в оценке общей продукции икры. Однако, как будет показано ниже, этот момент не столь однозначен. По крайней мере, до сих пор в расчетах численности и биомассы на основе ихтиопланктонных съемок, используемых при формировании прогностической базы по охото-

морскому минтаю (прогноз состояния запасов на перспективу, установление ОДУ), смертность не учитывалась.

В настоящее время оценка численности и биомассы минтая в Охотском море осуществляется по методике, разработанной Н.С. Фадеевым [1999]. К ее несомненным достоинствам следует отнести возможность определения численности и биомассы не только половозрелой части популяции, но и пополнения, благодаря использованию всего комплекса биологической информации, получаемой в ходе параллельного выполнения траловой съемки по достаточно плотной сетке станций. Принципиальная блок-схема расчетов представлена на рис. 3. В общих чертах ей соответствует схема, опубликованная О.Г. Золотовым с соавторами [2000].

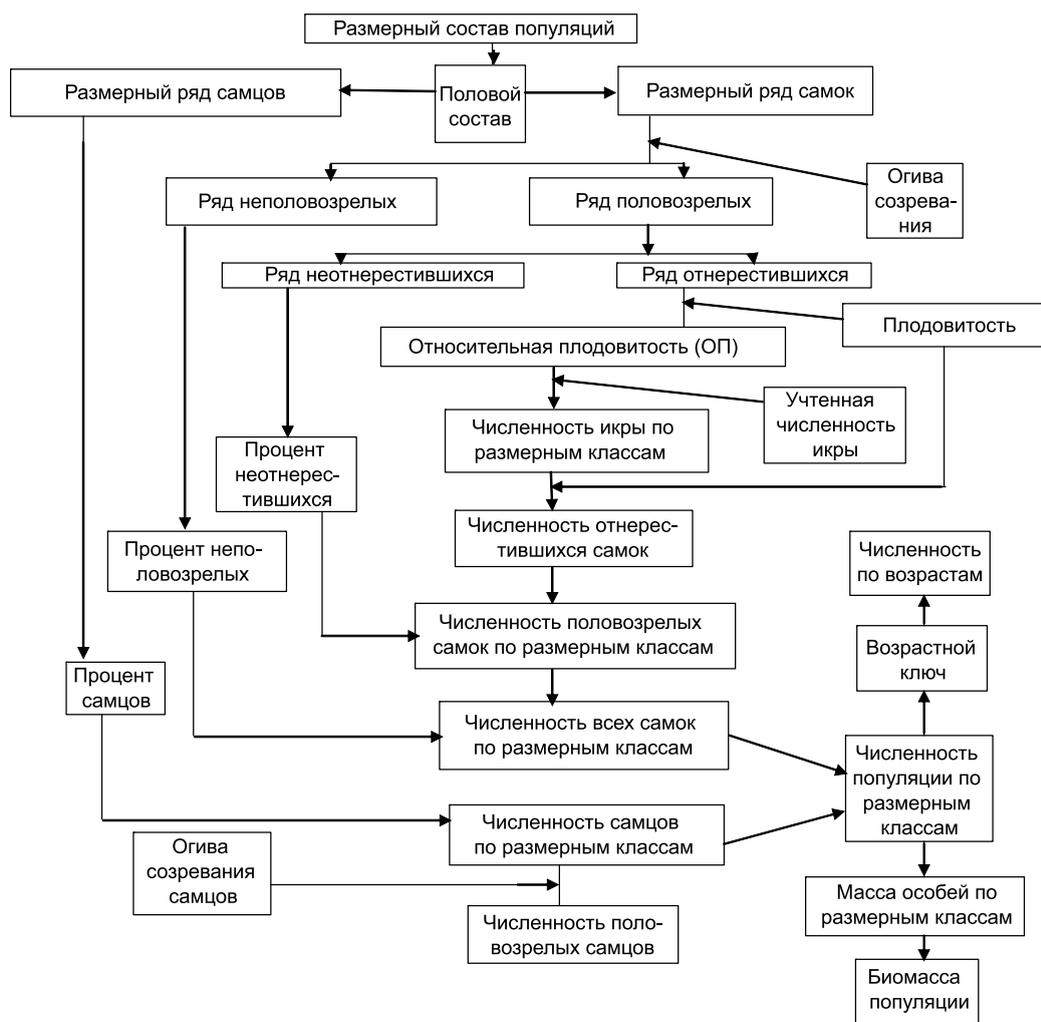


Рис. 3. Принципиальная схема расчетов для оценки численности (биомассы) охотоморского минтая по размерному ряду и численности учетной икры [Фадеев, 1999]

### Траловые съемки

Как упоминалось выше, тотальные траловые съемки по оценке биологических ресурсов в Охотском море в летне-осенний период начали выполняться с первой половины 1980-х гг. Их результаты представлены в значительном количестве публикаций, обобщены в монографиях [Шунтов и др., 1993; Лапко, 2002; Дулепова, 2002]. Большая часть этих съемок имела экосистемную нацеленность и была направлена на оценку биомассы и численности минтая, являющегося основным компонентом пелагических сообществ. Как правило, съемки выполнялись в эпипелагиали, что приводило к значительному недоучету минтая, обитающего в придонных слоях и в мезопелагиали. Особого упоминания заслуживают I и II комплексные охотоморские экспедиции, выполненные соответственно в 1987 и 2000 гг.,

когда силами всех дальневосточных рыбохозяйственных институтов под эгидой ТИНРО-центра на всей акватории моря были выполнены учетные работы, включавшие пелагические и донные траловые съемки [Шунтов и др., 2002]. Методы выполнения и количество траловых съемок, а также оценка точности полученных результатов подробно освещены в соответствующих работах [Волвенко, 1998; Дулеповой, 2002]. В данном случае ограничимся изложением процедуры проведения траловых съемок, выполненных параллельно с ихтиопланктонными и гидроакустическими в весенний период 1998–2002 гг. Материалы, получаемые в ходе траловых съемок, обеспечивают необходимую информацию для двух последних методов и достаточны для оценки биомассы и численности промысловых объектов.

В течение пяти лет (1998–2001 гг.) съемка выполнялась одним и тем же судном – НИС «ТИНРО». В 2002 г. экспедиция проведена однотипным НИС «Профессор Кагановский». Во все годы неизменными являлись сроки, районы работ, орудия лова, количество и расположение траловых станций (рис. 4), единой оставалась методическая основа расчета численности и биомассы. Более того, обра-

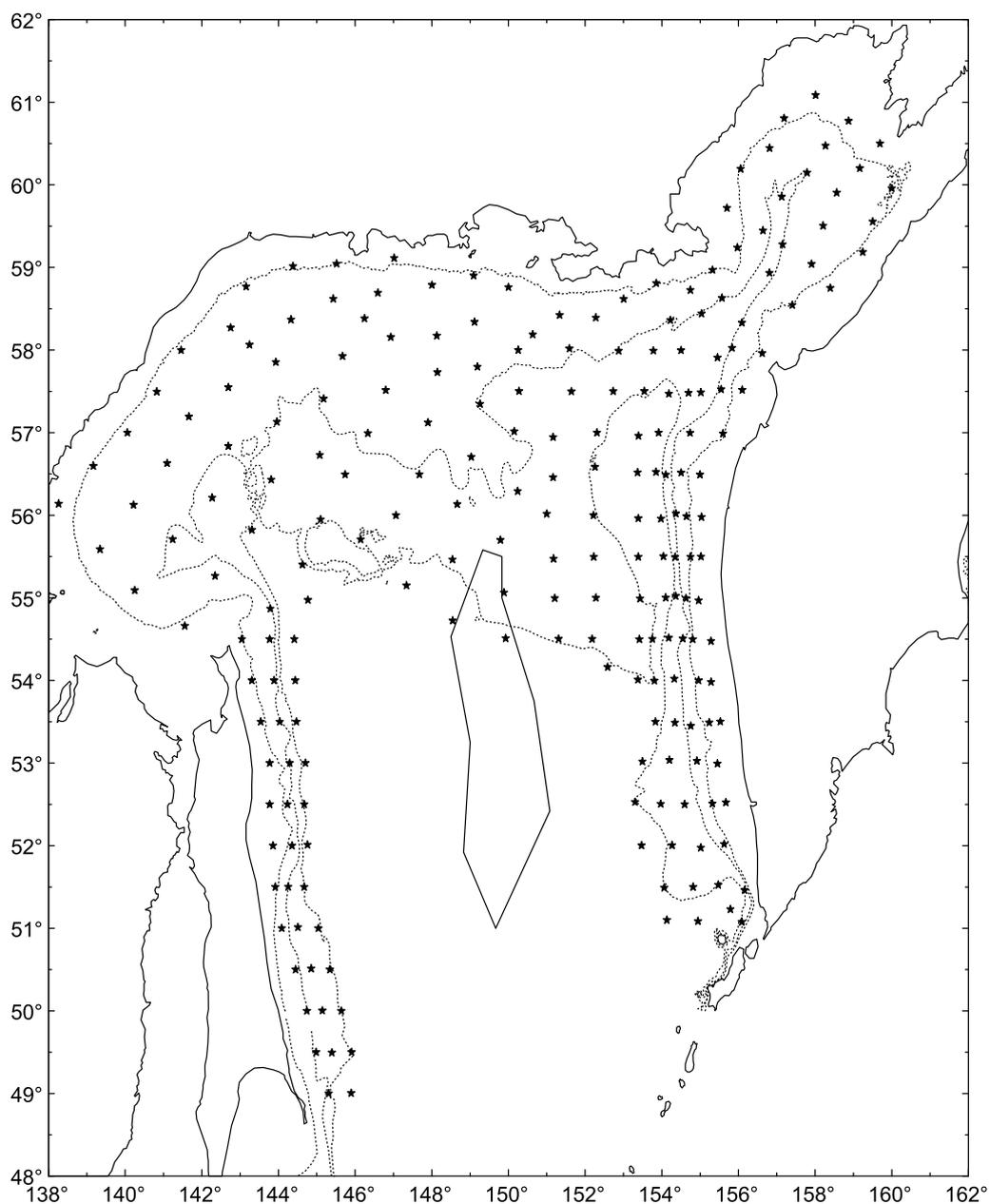


Рис. 4. Схема траловой съемки, выполняемой в Охотском море в зимне-весенний период параллельно с ихтиопланктонной

ботка траловых уловов осуществлялась одними и теми же специалистами – сотрудниками ТИНРО-центра под руководством Г.В. Авдеева, одного из авторов данной статьи. Незначительные коррективы в ход выполнения съемок вносили особенности ледовой обстановки, поэтому общее количество тралений, выполненных в разные годы, варьировалось от 180 до 220. Траления продолжительностью 1 ч выполнялись стандартным разноглубинным тралом РТ/ТМ-57/360 с мелкоячейной (10 мм) вставкой в кутцовой части тралового мешка. Работы осуществлялись круглосуточно, горизонты тралений выбирались с учетом характера и вертикального развития эхозаписей, а в случае их отсутствия – ступенчато, с равномерным обловом трех горизонтов: придонного, среднего и поверхностного. В отдельных случаях, когда в светлое время суток наблюдались плотные придонные эхозаписи, траления выполнялись непосредственно у грунта с касанием его нижней подборой. Коэффициент уловистости для минтая возрастом от 2 лет и более принят равным 0,4, для годовиков – 0,1 [Шунтов и др., 1993]. Расчет численности и биомассы минтая по данным траловых съемок производился методом площадей, однако в алгоритм вычислений были внесены и некоторые дополнительные параметры, основной из которых – коэффициент объемности, представляющий отношение вертикального раскрытия трала к высоте облавливаемой эхозаписи. Подробная процедура расчетов по рассматриваемым траловым съемкам с учетом всех необходимых параметров изложена А.Ю. Мерзляковым и А.В. Василенко [2002].

Особое внимание в ходе выполнения траловых работ уделяется сбору биостатистической информации. Все уловы оценивались в весовом и штучном выражении, из каждого трала 300 экз. минтая подвергались промерам с вскрытием для определения пола и стадий зрелости половых продуктов. Помимо этого, в каждом из статистических районов формировался массив выборок для составления размерно-возрастных ключей, регрессионных зависимостей: длина–масса тела, длина (масса), индивидуальная плодовитость и т.п. Всего, таким образом, ежегодно анализировалось от 60 до 90 тыс. особей минтая, что позволяло адекватно оценивать все биологические параметры популяции и их сезонную и межгодовую динамику.

### *Тралово-акустические съемки*

Дистанционный акустический метод оценки рыбных ресурсов стал широко применяться в исследованиях ТИНРО в конце 1960-х гг. Если до начала 80-х прошлого века работы осуществлялись с использованием отечественного оборудования, то в дальнейшем привлекались также аналоги зарубежного производства. Среди промысловых объектов, по которым выполнялись специализированные съемки, можно выделить минтай, сардину, сельдь, скумбрию. Однако следует отметить, что в этот период акустические съемки проводились нерегулярно, без соответствующего развития средств информационной поддержки, что не позволило создать полноценную систему акустического мониторинга основных промысловых объектов дальневосточных морей.

Начиная с 1996 г. ТИНРО-центр использует современные научные эхолоты ЕК-500 фирмы SIMRAD, предназначенные для сбора акустических данных и выполнения работ по количественной оценке гидробионтов. К настоящему времени накоплен большой опыт по их использованию при проведении тралово-акустических съемок (ТАС) как в России, так и за рубежом. В 1996–2002 гг. была проведена значительная работа по планированию и организации регулярного выполнения акустических исследований основных промысловых объектов Охотского и Берингова морей; развита методика и разработаны технологии выполнения ТАС; разработаны и созданы средства и информационные технологии поддержки системы акустического мониторинга биоресурсов дальневосточных морей.

Основные методы организации и проведения ТАС различных видов гидробионтов общеприняты и хорошо известны [Simmonds и др., 1992; Ермольчев и др., 1993, Юданов и др. 1984], но технологии их выполнения в зависимости от района съемки и распределения объектов исследования могут различаться. Для дости-

жения объективности и сопоставимости результатов оценок численности и биомассы рыб, необходимы практическая адаптация существующих методов ведения ТАС применительно к объектам и району ее проведения с учетом методически правильной организации всех основных ее этапов, включая планирование и организацию съемки, выполнение калибровки и при необходимости интеркалибровки измерительной гидроакустической аппаратуры, наличие развитой технологии постпроцессорной обработки акустических измерений с использованием современных компьютерных технологий и др. [Simmonds и др., 1992].

Рассмотрим кратко практику организации и технологию выполнения ТАС, принятую в настоящее время в ТИНРО-центре. Следует отметить, что технология проведения акустических исследований в Беринговом и Охотском морях различается. Это обусловлено в основном тем, что в Беринговом море выполняется специальная учетная ТАС, а в Охотском море – акустические исследования в составе комплексной экспедиции. Различия в целях и задачах экспедиций соответственно накладывают определенные ограничения на технологию выполнения акустических исследований в Охотском море.

Для получения достаточно точных и представительных результатов акустических измерений проводятся специальные работы по калибровке акустических измерительных систем. Для калибровок ЕК-500 используются медные сферы диаметром 60 мм (на частоте 38 кГц) и диаметром 30,4 мм (на частоте 120 кГц). Калибровки эхолотов ЕК-500 на двух частотах выполняются, как правило, перед началом и по завершении рейса в Уссурийском заливе (вблизи Владивостока). Использование данной технологии совместно с современными цифровыми научными эхолотами существенно повысило надежность и точность акустических измерений.

Методической основой организации и создания технологии проведения эхоинтеграционных измерений, сбора, накопления и вторичной обработки акустических данных при оценке биоресурсов послужили рекомендации рабочей группы FAST при ICES [Simmonds и др., 1992], обобщенный опыт выполнения акустических съемок в восточной части Берингова моря ТИНРО-центра, ВНИРО, ПИНРО и Аляскинского центра рыбохозяйственных исследований (AFSC, США). Технология выполнения ТАС оформлена в виде методического руководства [Руководство ..., 2000]. Для информационной поддержки эхоинтеграционных работ в ТИНРО-центре создано и продолжает развиваться алгоритмическое и программное обеспечение информационной системы накопления и обработки акустических данных – FAMAS [Николаев и др., 2000], ориентированное на работу с цифровыми исследовательскими эхолотами типа ЕК-500/ЕК60 SIMRAD.

На нынешнем уровне реализации система FAMAS обеспечивает выполнение таких функций, как визуализация, сбор и накопление акустических измерений в реальном масштабе времени в файлах со структурой данных, совместимой с ВІ-500 SIMRAD; вторичная обработка и анализ акустических изображений; расчет биомассы, численности; ведение интегрированной базы данных акустических и биологических измерений, необходимой для поддержки средств постпроцессорной обработки акустических изображений.

### Оценка обилия

При переходе от индекса акустического обилия в виде  $S_A$  к оценке в виде численности и биомассы необходимо знание акустических характеристик (силы цели –  $TS$ ) данного вида рыб. Наиболее употребимой для целей акустических съемок зависимостью, связывающей акустические характеристики рыбы с длиной ( $L$ ), является выражение:

$$TS = 20LgL - b,$$

где  $L$  – длина рыбы в см;  $b$  – константа, зависящая от вида рыбы и изменяющаяся для различных видов рыб примерно в интервале от  $-65$  до  $-72$  дБ [MacLennan, Simmonds, 1992]. В частности, для минтая используется зависимость:  $TS = 20Lg_{10} FL - 66$  [Traynor, 1996].

Базовая эхоинтеграционная технология (БЭТ) выполнения акустических съемок проводимых ТИНРО-центром как в Беринговом, так и Охотском морях достаточно подробно представлена в соответствующих работах [Николаев и др., 2000; Николаев, Степаненко, 2001; Кузнецов и др., 2002; Борец и др., 2002]. Алгоритм перехода от относительной плотности в виде акустического индекса обилия скоплений  $S_A$  к абсолютной в виде численности и биомассы также подробно изложен Е. Макленнаном и Н. Симмондсом [MacLennan et Simmonds, 1992].

Адаптивная эхоинтеграционная технология (АЭТ) развита и используется в ПИНРО при проведении многовидовых тралово-акустических съемок [Мамылов, 1999]. Данная методика позволяет включить в схему стандартной технологии механизм учета влияния селективных и улавливающих свойств трала на результаты обработки акустических измерений. В течение 2001–2002 гг. были выполнены экспериментальные работы по оценке возможностей использования технологии многовидовых тралово-акустических съемок ПИНРО [Мамылов, 1999] в ходе весенне-летних экспедиций в Охотском море.

Для сопоставления акустических и траловых данных вводится понятие  $SA_{TR}$ , когда улов каждого вида (включая объечейку) пересчитывается в эквивалентные акустические единицы ( $\text{м}^2/\text{миля}^2$ ) с учетом известных данных о силе цели ( $TS$ ) или о силе цели на 1 кг массы ( $TS_{kg}$ ):

$$SA_{TRj} = \frac{\sum_i (N_{ij} \cdot \sigma_{ij} \cdot K_{ij}) \cdot 1852 \cdot H}{D_{TR} \cdot L_{eff} \cdot f \cdot h_{TR}}, \quad (1)$$

где  $i$  – индекс размерного ряда;  $j$  – индекс вида гидробионтов;  $D_{TR}$  – дистанция траления, миля;  $N_{ij}$  – количество особей  $j$ -го вида  $i$ -й размерной группы в улове, экз.;  $K_{ij}$  – дифференцированный по размерно-видовому составу рыбы «индекс уловистости трала» ( $K_{ij} = 1$  для крупных гидробионтов и  $K_{ij} > 1$  для гидробионтов с размерами, сопоставимыми с ячейей трала);  $h_{TR}$  – вертикальное раскрытие трала, м;  $L_{eff}$  – эффективное горизонтальное раскрытие трала, м [ $L_{eff} = L_{TR} \times K_{улов}$ ];  $H$  – ширина слоя глубины, для которого экстраполируется значение  $SA_{TR}$ , т.е. вертикальное развитие исследуемого смешанного скопления, м.

Наиболее критичными в данном выражении являются коэффициенты  $L_{eff}$  и  $K_{ij}$ , связанные с уловистостью трала, т.е. определяемые его конструкцией и параметрами. При проведении тралово-акустических съемок в ПИНРО в последние 10–15 лет для разноглубинных тралов принималось  $L_{eff} \sim (0,5-0,7)L_{TR}$  в зависимости от типа трала, что эквивалентно примерно 25% расстояния между досками [Бердичевский и др., 1984]. При экспериментальном апробировании данной технологии применительно к пелагическим тралам в ТАС минтая в Охотском море (март–июнь 2001 г.) использовался коэффициент уловистости 0,4. Методика определения индексов  $K_{ij}$  достаточно подробно изложена у В.С. Мамылова [1999]. В процессе съемки производится расчет  $SA_{TR}$  по результатам контрольных тралений, которые использовались в качестве размерно-частотных ключей при переходе от акустического индекса обилия  $SA_{AC}$  к абсолютным оценкам численности и биомассы минтая. Если  $SA_{TR}$  более чем в 1,5–2 раза превышает значение  $SA_{AC}$ , то выполняется корректировка  $SA_{AC}$  в зоне действия соответствующего размерно-частотного ключа. Оценки обилия минтая по адаптивной эхоинтеграционной технологии использовались в последующем при сравнительном анализе акустических оценок обилия с траловым и ихтиопланктонным методом.

В результате последовательной постпроцессорной обработки данных формируются следующие акустические оценки скоплений: акустического индекса обилия ( $Sa$ ), интегральной численности и биомассы, численности и биомассы по размерному ряду вдоль галсов с шагом 0,5 мили и с шагом 5 м по глубине в пределах выделенных слоев с учетом межгалсового расстояния. Суммарная численность и биомасса для галса (или некоторого района в целом) получается как сумма оценок на обработанных участках пути. Для расчета распределения биомассы и численности минтая по возрастному ряду используются соответствующие раз-

мерно-весовые соотношения и размерно-возрастные ключи. Результаты работ представляются в виде нескольких оценок (абсолютных величин биомассы и численности как в целом по району съемки, так и по отдельным подрайонам; пространственного распределения плотности скоплений для размерных групп, возрастов и др.; оценок распределения скоплений в зависимости от глубины места, горизонтов обитания и т.д.) и используются при прогнозировании и исследованиях межгодовой изменчивости [Николаев, Степаненко, 2001; Борец и др., 2002; Кузнецов и др., 2002,].

## Результаты и обсуждение

Полученные результаты предварим ретроспективным анализом данных о состоянии ресурсов охотморского минтая в предыдущие годы, поскольку, как говорилось выше, ихтиопланктонные съемки, охватывавшие всю акваторию моря, выполнялись ежегодно, начиная с 1984 г. Достаточно много оценок биомассы минтая получено за два последних десятилетия и в ходе комплексных экосистемных съемок.

Основные черты динамики численности и высокий уровень запасов минтая в Охотском море в 1980-е гг. определялись очень высокочисленными поколениями, появившимися в 1976–1978 гг. Их вступление в нерестовый запас обеспечило высокий уровень воспроизводства на протяжении всего десятилетия. Первые оценки, полученные по ихтиопланктонным съемкам в 1983–1984 гг., оказались неожиданно высокими, несмотря на то что расчеты выполнялись без учета смертности икры [Фадеев, Смирнов, 1987]. Однако выполненные под руководством В.П. Шунтова [Шунтов и др., 1993] в летне-осенний период траловые съемки эпипелагиали моря подтвердили высокую численность минтая (табл. 1).

Тогда же был установлен факт миграций минтая в глубоководную часть моря в нагульный период, чего ранее никогда не отмечалось [Шунтов и др., 1993]. Недостатком ихтиопланктонных учетов, выполнявшихся в 1980-е гг., являлась невозможность расчета численности пополнения, а траловых — недоучет донной составляющей общей биомассы, хотя особых расхождений в полученных оценках не наблюдалось, поскольку недоучет в том и другом случае, по-видимому, также составляет примерно равную величину. Тем не менее, несмотря на некоторое их занижение, для решения конкретных задач, в первом случае, — для прогнозирования и установления ОДУ, во втором, — для определения роли и значения минтая как составной части пелагических экосистем полученные оценки были вполне пригодными.

Это позволило в течение короткого времени значительно увеличить вылов, доведя его до 1,5–2,0 млн т, в том числе за счет освоения ресурсов в северной части моря и в зал. Шелихова, ранее практически не использовавшихся. Очевидно, что доля изъятия и абсолютный вылов в 1980-е гг. могли быть выше с учетом того, что расчетные величины промыслового запаса являлись заниженными. Однако дальнейшие события, связанные с иностранным нерегулируемым промыслом минтая в открытых водах Охотского моря и интенсификацией добычи российским флотом показали, что такой подход оказался верным. Это было лаконично

Таблица 1  
Оценки биомассы минтая (тыс. т) в северной части Охотского моря, полученные по ихтиопланктонным и траловым экосистемным съемкам в 1984–1997 гг.

Год	Ихтиопланктная съемка		Траловая экосистемная съемка
	Нерестовая	Общая	Общая
1984	8506	–	7410
1985	5730	–	8870
1986	7882	–	9400
1987	8365	–	–
1988	7175	–	11260
1989	5647	–	–
1990	3387 <sup>1</sup>	–	3610 <sup>2</sup>
1991	4124	26160	–
1992	6217	24870	–
1995	7198	8759	–
1996	5065	8543	–
1997	3991	6352	7755 <sup>3</sup>

<sup>1</sup> Недоучет из-за позднего проведения съемки.

<sup>2</sup> Только эпипелагиаль (50-0 м).

<sup>3</sup> Суммарная по пелагической и донной съемкам.

и четко сформулировано В.В. Кузнецовым [1996]: «... для сохранения устойчивости популяции в условиях изменчивой среды должен оставаться существенный резерв численности, и изъятие не следует доводить до расчетной величины максимального уравновешенного улова».

В апреле–июне 1998–2002 гг. на НИС «ТИНРО» (4 рейса) и НИС «Профессор Кагановский» (1 рейс) при выполнении комплексных съемок были получены оценки биомассы и численности охотоморского минтая с применением тралового, ихтиопланктонного и акустического методов. Оценки запаса приводятся как для отдельных районов, так и в целом для северной части моря (табл. 2).

Таблица 2

**Общие численность (*N*, млн экз.) и биомасса (*P*, тыс. т) охотоморского минтая, рассчитанные на основе различных методов прямого учета**

Метод учета	Год	Западная Камчатка		залив Шелихова		Северо-охотоморский район		Всего		
		N	P	N	P	N	P	N	P	
Ихтиопланктонный	1998	9273	2043	15973	349	29985	2420	55231	4812	
	1999	8977	1766	1040	110	25320	2959	35337	4835	
	2000	7514	1863	620	178	8650	1412	16784	3453	
	2001	33261	2830	997	232	8226 <sup>1</sup>	1381 <sup>1</sup>	42822	4577	
	2002	8803	2378	1615	573	4243	1093	14661	4044	
Траловый	1998	12570	2395	16645	728	44961	3017	74176	6140	
	1999	12395	2001	2437	203	30958	2857	45790	5061	
	2000	12287	2804	627	168	10815	1695	23894	4667 <sup>2</sup>	
	2001	30693	2639	2220	398	9038 <sup>1</sup>	1374 <sup>1</sup>	42377	4587	
	2002	8012	1927	2420	754	6328	1427	16760	4108	
Гидроакустический	БЭТ <sup>3</sup>	1998	5471	1072	1600	164	11700	1336	18771	2572
		1999	3087	689	–	–	5022	933	–	–
	БЭТ	2000	5474	1326	293	88	3140	885	8907	2299
		2001	3666	770	670	166	2785 <sup>1</sup>	724 <sup>1</sup>	7121	1660
	БЭТ	2002	1957	453	208	76	1723	390	3888	919
		АЭТ <sup>4</sup>	2001	12064	2216	2279	291	6702 <sup>1</sup>	1529 <sup>1</sup>	21045
	АЭТ		2002	4908	1430	494	178	3768	979	9170

<sup>1</sup> Включая район Северо-Восточного Сахалина.

<sup>2</sup> Суммарная биомасса по результатам II Комплексной Охотоморской экспедиции с учетом пелагической и донной составляющих оказалась равной 4,2 млн т.

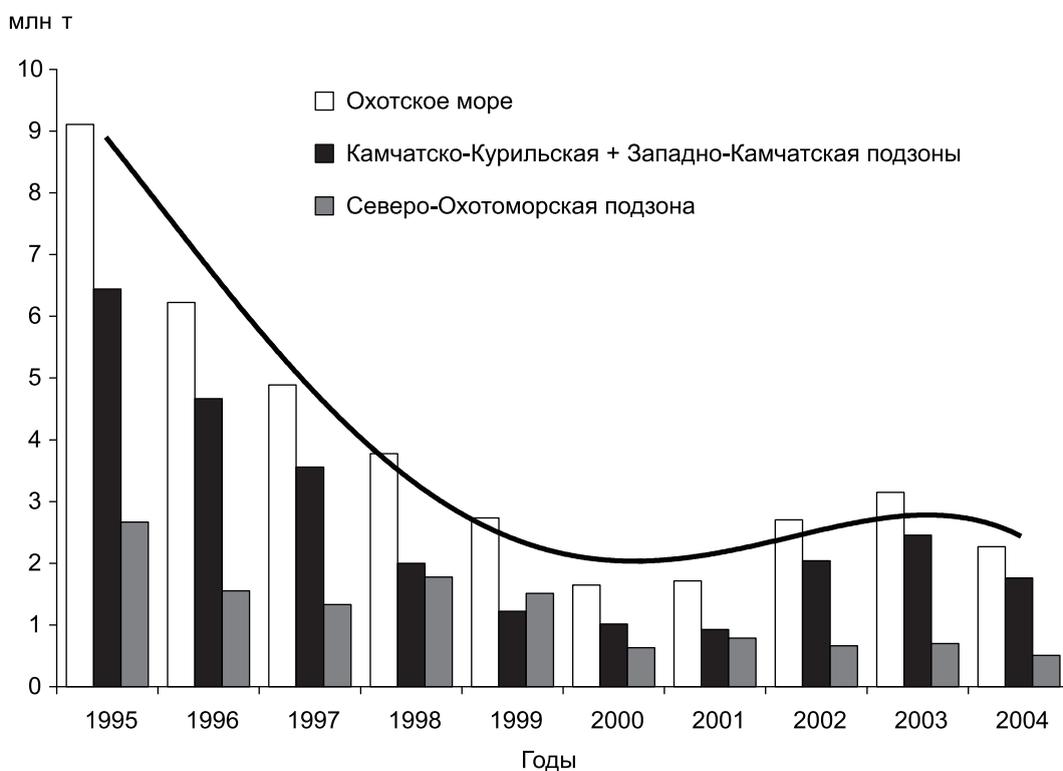
<sup>3</sup> БЭТ – базовая эхоинтеграционная технология.

<sup>4</sup> АЭТ – адаптивная эхоинтеграционная технология.

В общий запас по Охотскому морю (исключение – 2001 г.) не включен район Северо-Восточного Сахалина, так как учет здесь проводился в основном с использованием одного или двух методов. С 2001 г. в технологии обработки акустических данных наряду с базовой эхоинтеграционной технологией стала использоваться адаптивная эхоинтеграционная технология, учитывающая влияние селективных и улавливающих свойств трала на результаты обработки акустических измерений. Однако для сохранения преемственности при сравнении данных, полученных разными методами, мы использовали оценки запаса в основном определенные по БЭТ.

Полученные результаты показывают, что основные тенденции в межгодовой динамике запаса минтая за рассматриваемый период в целом для северной части

моря наиболее хорошо просматриваются по траловому и ихтиопланктонному методам и характеризуются следующими двумя особенностями. **Во-первых**, в период с 2000 по 2002 г. наблюдалась относительная стабилизация биомассы на низком уровне – соответственно 4108–4667 (траловая съемка) и 3453–4577 тыс. т (ихтиопланктонная съемка). Она была обусловлена ростом массы особей урожайного поколения 1997 г., которые при малочисленности двух следующих отчасти компенсировали убыль биомассы, связанную с естественной и промысловой смертностью предыдущих возрастных классов (1995 и 1996 г.). Согласно БЭТ в этот же период произошло резкое снижение биомассы: с 2299 до 919 тыс. т. **Во-вторых**, периоду стабилизации нерестового запаса по биомассе предшествовали годы (начиная с 1995 г.), когда из-за элиминации высокоурожайных поколений 1988 и 1989 гг. и неумеренной промысловой эксплуатации урожайного поколения 1995 г. происходило его стремительное снижение (рис. 5). В 1998–2000 гг. данная тенденция в межгодовой динамике не только по биомассе, но и по численности отчетливо прослеживается по всем методам учета. Снижение численности, происходившее в 1998–2000 гг., сменилось резким ее ростом, связанным с появлением урожайного поколения 2000 г., оцененного у Западной Камчатки по ихтиопланктонной съемке 2001 г. в возрасте одного года в 16,5 млрд экз., а в целом по морю, в – 19,5 млрд экз.



**Рис. 5.** Динамика нерестового запаса минтая в северной части Охотского моря в 1995–2004 гг. (2003–2004 гг. – прогноз)

По траловой съемке его численность составила соответственно 13,0 и 16,0 млрд экз. Очень низкие оценки были получены для этого поколения по акустическому методу. У Западной Камчатки по БЭТ оно было оценено в 0,2 млрд экз., а по АЭТ – в 1,6 млрд экз. Весной 2002 г. его численность по ихтиопланктонной съемке была оценена всего в 2,7 млрд экз., что, по-видимому, вызвано неполным охватом исследованиями впадины ТИНРО (сложная ледовая обстановка), являющейся основной выростной зоной североохотоморского минтая. Здесь, начиная с 2-летнего возраста, происходит концентрация молоди минтая [Темных, 1989; Смирнов, Авдеев, 2001; Авдеев, Овсянников, 2001]. О недоучете этого поколения свидетельствуют результаты траловой съемки, выполненной НИС «Профессор

Кагановский» в Охотском море в конце 2002 – начале 2003 г. По ее результатам численность поколения 2000 г. (3-летки) была оценена в 4,1 млрд экз. Хорошая сопоставимость наблюдается и при анализе межгодовой динамики общего запаса в основных районах воспроизводства, ход которой имел некоторые особенности (см. табл. 1).

В западнокамчатских водах межгодовые изменения биомассы в 1999–2002 гг. носили монотонный характер с крайними значениями по траловому методу 1927 и 2804 тыс. т, по ихтиопланктонному – 1766 и 2830 тыс. т. В соответствии с этим наблюдался значительный разброс максимальных и минимальных значений. В последние годы в данном районе установилась стабилизация запаса на низком уровне, которая сопровождалась неумеренным выловом практически всех возрастных групп и была бы невозможна без пополнения западнокамчатского родительского стада впервые нерестящимися особями поколения 1997 г., обитавшими до наступления половой зрелости в Северо-Охотоморской подзоне.

Холодные зимы 1998–2001 гг., обусловившие высокую ледовитость моря и выхолаживание водных масс в северо-западной части моря, привели к смещению в восточном направлении (в пределах выростной зоны) скоплений молоди, в том числе впервые созревающих особей. Интенсификация Западно-Камчатского течения, наблюдавшаяся в 2002 г., вызвала повышение температуры в деятельном слое практически на всем шельфе Западной Камчатки, формированию здесь более высокопродуктивных вод по сравнению с предыдущими годами. Это привело к отмеченному выше смещению поколения 1997 г. преимущественно на западнокамчатское нерестилище. При этом следует отметить, что данное поколение изначально (в возрасте одного года) было более многочисленным в североохотоморском районе.

Межгодовая изменчивость биомассы по БЭТ у западной Камчатки характеризовалась большей амплитудой, по сравнению с двумя другими методами. Удовлетворительного объяснения этому пока не найдено. Результаты оценок по траловому и ихтиопланктонному методам за последние три года, на наш взгляд, более реально отражают межгодовую динамику запаса минтая в этом районе, заключающуюся в преимущественном, по сравнению с североохотоморским районом, вхождении в нерестовый запас рекрутов 1997 г. рождения, которое при отсутствии в ближнем пополнении сколько-нибудь значимых по численности поколений более или менее компенсировало общую элиминацию старшевозрастного минтая. В результате запас в этом районе в последние годы находился на стабильно низком уровне с некоторой тенденцией увеличения.

В североохотоморском районе в отличие от западнокамчатского результаты оценок всеми методами показали схожую тенденцию снижения как численности, так и биомассы по вышеназванной причине. Кроме того, в 2002 г. произошло частичное перераспределение половозрелых особей поколений 1995 и 1996 гг. в преднерестовый период в зал. Шелихова.

Межгодовая изменчивость численности и биомассы в зал. Шелихова, как правило, определяется только нерестовой составляющей общего запаса, поскольку неполовозрелая часть, исключая годовиков, не покидающих мест нереста, сосредоточена в выростной зоне молоди, расположенной к юго-западу от входа в залив [Авдеев, Овсянников, 2001]. В межгодовой динамике по всем трем методам отчетливо прослеживается снижение запаса к 2000 г. В дальнейшем наблюдался рост биомассы до максимальных значений в 2002 г. Однако максимум численности пришелся на 1998 г. благодаря годовикам поколения 1997 г., которое в этом районе, как и в североохотоморском центре воспроизводства, было урожайным. Таким образом, снижение численности в 1999–2000 гг. было обусловлено, с одной стороны, смещением поколения 1997 г. в выростную зону, с другой – преднерестовой миграцией впервые созревающих рыб урожайного поколения 1995 г. на западнокамчатское нерестилище. Серьезные расхождения в межгодовой динамике оценок запаса между акустическим и двумя другими методами приходятся на 2001–2002 гг. По первому методу рост запаса наблюдался в 2001 г. На следующий год биомасса уменьшилась, по БЭТ, в 2,2 раза и, по АЭТ, в 1,6 раза, а численность

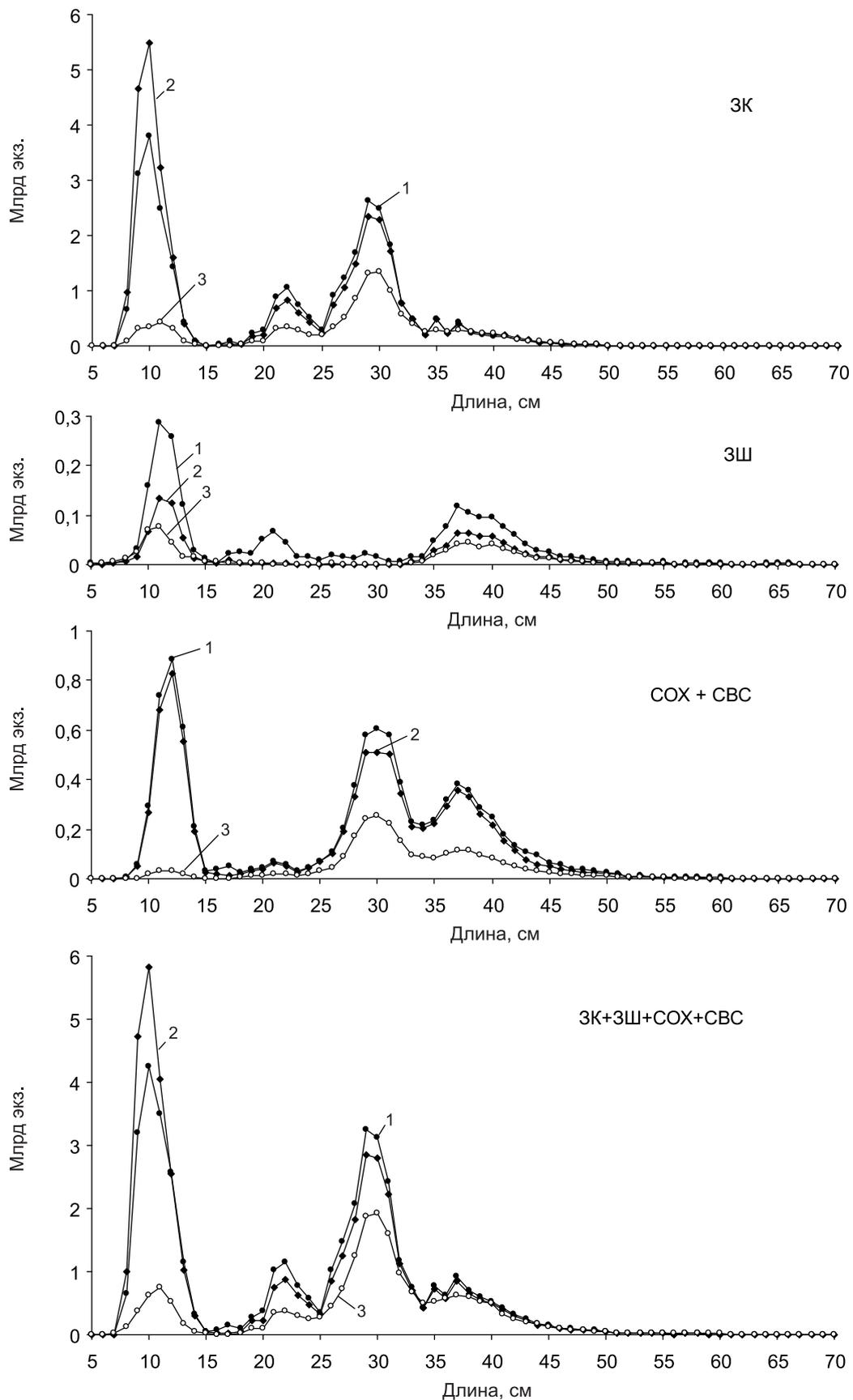
соответственно в 3,2 и 4,6 раза. По двум другим методам рост запаса происходил в оба года и был обусловлен перераспределением особей доминантных поколений 1995 и 1996 гг., ранее распределявшихся в североохотоморском районе. По-видимому, это связано с усиленным подтоком относительно теплых вод вдоль восточных склонов шелиховской ложбины в южную часть залива, где проходил основной нерест.

Наибольшая схожесть оценок запаса по районам и в целом по морю наблюдалась по траловой и ихтиопланктонной съемкам, с несколько большими их значениями по траловой. В межгодовом плане различия в оценках биомассы были существенными в 1998 и 2000 гг. (соответственно 27,6 и 35%), а минимальными — в 2001 и 2002 гг. (0,2 и 1,6%). По акустическому методу численность и биомасса, как правило, оказывались меньше в несколько раз. Использование в 2001 и 2002 гг. адаптивной эхоинтеграционной технологии существенно сократило разницу в оценках, однако при этом не был преодолен недостаток, связанный с учетом годовиков, обитающих, как правило, в придонных горизонтах и у дна. К примеру, если общая биомасса минтая, полученная в 2001 г. с использованием АЭТ (4036 тыс. т), была почти идентична оценкам, полученным по траловой (4587 тыс. т) и ихтиопланктонной (4577 тыс. т) съемкам, то численность отличалась в два раза (21045 млн экз. против соответственно 42377 и 42822 млн экз.). Различия по последнему показателю были обусловлены значительными расхождениями расчетной численности годовиков поколения 2000 г., хотя их низкие весовые характеристики практически не повлияли на общую биомассу запаса. В практике ТИНРО-центра для подсчета численности годовиков применяется коэффициент уловистости, равный 0,1. По всей видимости, этот вопрос требует более тщательного изучения с использованием гидроакустических систем и новейших методик. На данном этапе простого объяснения столь существенным расхождениям в оценках не имеется. Разницу в оценках этого возрастного класса по численности демонстрирует размерный состав минтая, полученный в 2001 г. (рис. 6). Минимальные различия в размерном составе по ихтиопланктонной и траловой съемкам наблюдались в западнокамчатском и североохотоморском районах. Существенные отличия в оценках отмечались лишь для размерной группы, образованной годовиками, уловы которых на акватории распределялись крайне неравномерно.

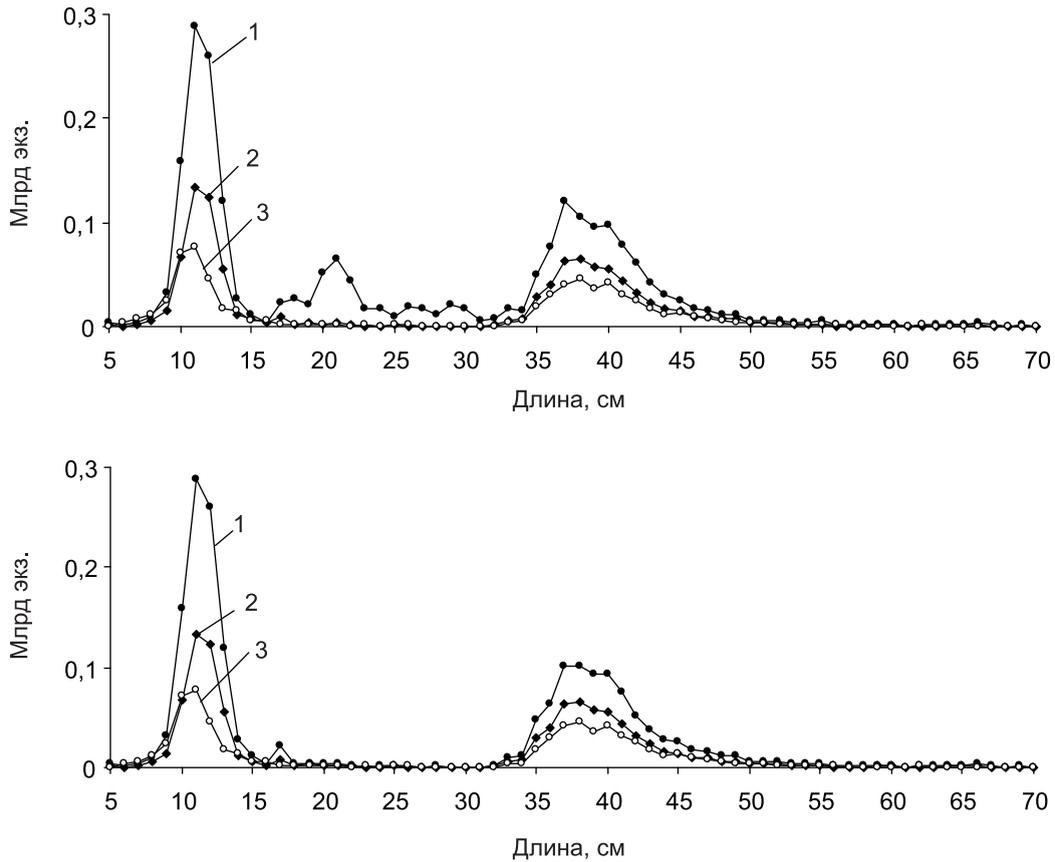
Отметим, что некоторые особенности различных методик и интерпретация первичных данных весьма существенно влияют на конечные оценки численности и биомассы. В частности, некорректное применение коэффициентов объемности, а также коэффициентов уловистости для разных размерных групп может приводить к значительному завышению или, наоборот, занижению обилия минтая на отдельных станциях и соответственно в отдельных районах съемки.

К примеру, в зал. Шелихова, наиболее динамичном и сложном для учетных работ районе, наблюдались значительные различия в размерном составе минтая, с одной стороны, по траловому и ихтиопланктонному методам, с другой, — по траловой и акустической съемкам. В первом случае оценка запаса в этом районе оказалась выше по траловому методу, что нашло отражение в более высокой численности всех возрастных групп в размерном составе. Они в значительной степени были обусловлены включением в расчет по траловому методу дополнительных тралений, осуществленных уже после завершения съемки по выходу из залива. От момента начала выполнения съемки и до начального срока выполнения этих тралений прошло 12 суток. Чтобы показать, насколько существенно может из-за этого измениться распределение численности по размерным группам, приведем размерный состав (рис. 7), полученный по траловой съемке, исключив из обседа один из дополнительных тралов (№ 142), выполненный по плотной записи на выходе из залива, с уловом 11 т за часовое траление и доминированием в улове 2–3-годовиков размерами 17–30 см.

Результаты этого траления, как и других дополнительных, при обработке ихтиопланктонной и акустической съемок были исключены по следующим обстоятельствам. При проведении съемки в южной части залива молодь указанных воз-



**Рис. 6.** Размерный состав минтая по данным траловой (1), ихтиопланктонной (2) и акустической (3) съемкам в Охотском море в апреле-июне 2001 г.: 3К – Западная Камчатка, 3Ш – зал. Шелихова, СОХ – Северо-Охотоморский район, СВС – Северо-Восточный Сахалин



**Рис. 7.** Размерный состав минтая по данным траловой (1), икhtiопланктонной (2) и акустической (3) съемкам в зал. Шелихова в мае 2001 г.: а – в траловую съемку включен трал № 142; б – траловая съемка, но без трала № 142

растов в уловах практически отсутствовала. Это видно из размерного ряда, полученного по каждому методу. Поэтому велика вероятность, что обловленный минтай проник в район выполнения дополнительного траления из камчатских вод, прилегающих к заливу, уже после проведения съемки на этой акватории. Следовательно, он попал бы в расчеты повторно, поскольку до съемки в зал. Шелихова работы проводились в районе Северо-Западной Камчатки, где данная размерная группа была представлена достаточно хорошо в уловах непосредственно у границы с заливом. Исключение из расчета по траловой съемке указанного траления привело к исчезновению различий в модальных группах кривой размерного состава (см. рис. 7) и уменьшило величину запаса в этом районе по траловому методу на 156 млн экз., или 16,4 тыс. т.

В качестве другого примера различной интерпретации первичных данных сравним оценки, полученные по траловому и акустическому методам на локальной площади, соответствующей страте контрольного траления 167 в зал. Шелихова (май 2002 г.). По результатам обработки контрольного траления рассчитанная плотность по улову составила  $160326,5 \text{ кг/км}^2$ , площадь зоны траления  $1361,1 \text{ км}^2$ , коэффициент охвата скопления – 4, биомасса – 218220,4 т (без учета коэффициента уловистости – 0,4) или 73% от общей оценки биомассы в зал. Шелихова (298835 т). С учетом коэффициента уловистости эта оценка становится равной 754 тыс. т.

Распределение плотности скоплений минтая по глубине было неравномерным (рис. 8). Основная масса минтая концентрировалась в слое 30–40 м над дном, что примерно соответствовало положению верхней подборы трала. Акустический коэффициент охвата скопления (отношение относительной плотности  $Sa$  во всем слое развития скопления к величине ее в слое соответствующем раскрытию трала) был равен в этом случае 1,5, что вполне соответствует характеру распределе-

ния скопления по глубине (см. рис. 8). Распределение  $S_a$  вдоль участка галса съемки, отнесенного к страте контрольного траления, также было неравномерно, а само траление было выполнено в районе с достаточно высокой плотностью скоплений (рис. 9).

При расчете биомассы по технологии траловой съемки характер распределения плотности скоплений в окрестности траления не учитывается, и соответственно высокая плотность по улову была распространена на всю площадь страты трала. В результате полученная оценка биомассы на страте трала составила 73% от общей оценки по зал. Шелихова (298835 т) при  $k = 1,0$  и площади страты кон-

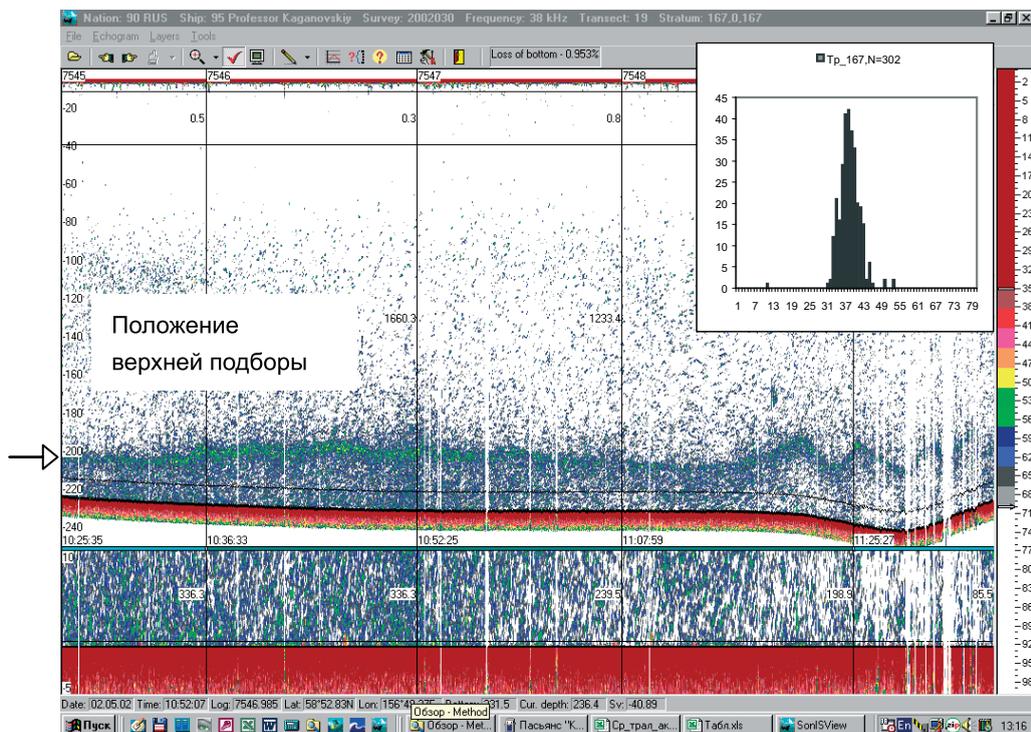


Рис. 8. Фрагмент акустического изображения скоплений минтая в районе контрольного траления (трал 167, зал. Шелихова, май 2002 г.)

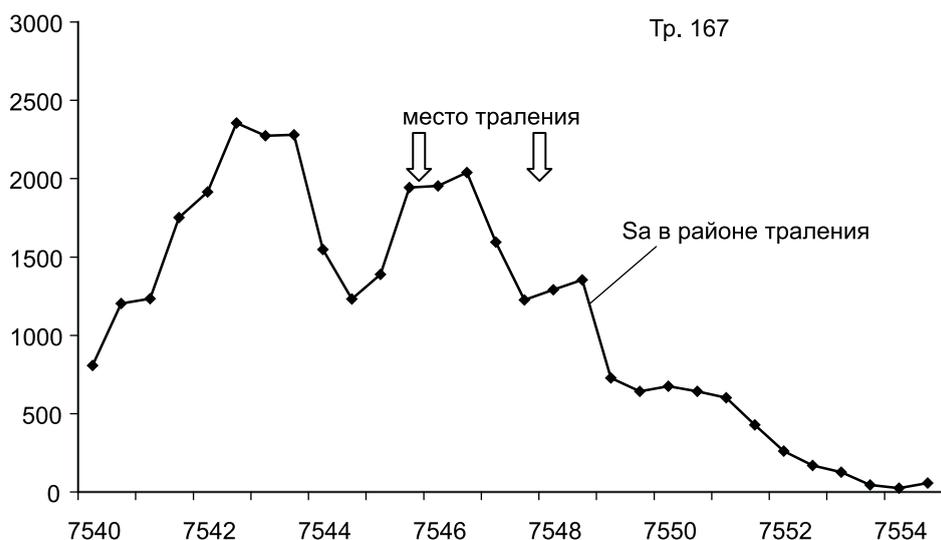


Рис. 9. Изменение относительной плотности ( $S_a$ ) в зоне интерполяции улова из траления №167

трольного траления, составляющей 14,9% от общей оцененной площади в зал. Шелихова.

Если плотность по улову пронормировать с учетом распределения  $Sa$  (см. рис. 9), то оценка биомассы на страте трала составит 139,5 тыс. т (63,9%) от первоначальной оценки. При дальнейшем пересчете биомассы на коэффициент охвата скоплений, равный 1,5, оценка составит 52,3 тыс. т (24% от первоначальной оценки), что вполне соответствует оценке, полученной по АЭТ (50,0 тыс. т) при использовании значения эффективного горизонтального раскрытия трала, равного принятому при траловой съемке (1,0). В этом случае общая оценка по зал. Шелихова составит 132,9 тыс. т или 44,5% от первоначальной оценки. С учетом коэффициента уловистости это составит 332,3 тыс. т вместо первоначальных 754,0 тыс. т.

Размерный состав, полученный по траловым уловам с учетом протяженности характерных эхозаписей (АЭТ), в каждом районе значительно отличался от такового, полученного по траловой и ихтиопланктонной съемкам, но эти различия касались только абсолютных величин каждой размерной группы. Качественный же состав, отражающий наличие модальных групп и их положение в размерном ряду, в целом хорошо согласуется по всем методам оценки. Наибольшие расхождения наблюдались по самым мелким особям, обитающим, как правило, в придонных горизонтах. Это происходит в силу ряда причин. Во-первых, как уже говорилось выше, не совсем корректно, на наш взгляд, при расчете численности минтая используются жестко ограниченные коэффициенты уловистости – для сеголеток и годовиков размерами от 5 до 17 см – 0,1, для рыб остальных размеров – 0,4. По-видимому, для 2–3-годовиков такая уловистость слишком высока. В АЭТ для таких рыб вводятся дифференцированные коэффициенты. Во-вторых, в придонных горизонтах находится зона акустической тени, в которой проводится коррекция результатов акустических измерений с использованием поправочных коэффициентов [Мамылов, Ратушный, 1996], что, как видим, не всегда дает приемлемые результаты. Оценки запаса, получаемые с использованием АЭТ, безусловно, более близки к траловым и ихтиопланктонным оценкам, по сравнению с БЭТ, однако и при применении этой технологии результаты не всегда бывают однозначными. Так, например, в 2001 г. оценки биомассы, полученные с помощью АЭТ, в целом по морю были довольно близки по всем методам учета. В течение года величина биомассы, определенной по траловой и ихтиопланктонной съемкам, уменьшилась в 1,1 раза, а по АЭТ – в 1,6 раза (см. табл. 2).

Оценка численности и биомассы минтая на отдельных участках акватории Охотского моря на основе инструментальных методов выполнялась и другими рыбохозяйственными институтами. В восточной части моря во второй половине 1990-х гг. на японских траулерах ВНИРО совместно с КамчатНИРО была выполнена серия учетных съемок (ихтиопланктонные, акустические и траловые), результаты которых были опубликованы в ряде работ [Лисовенко, 1997; Лисовенко, 2000; Кузнецов, Николаев, 2000]. О.Г. Золотов с соавторами [2000], с выводами которых мы вполне согласны, подвергли критическому анализу полученные оценки биомассы. Хотелось бы лишь еще раз прокомментировать некоторые данные, касающиеся оценок по ихтиопланктонной съемке 1996 г. [Лисовенко, 2000]. Напомним прежде, что по съемке, выполненной ТИПРО-центром, нерестовый запас оказался равным 4214 тыс. т, а общий – 6226 тыс. т (от 51°00' с.ш. до зал. Шелихова); по расчетам КамчатНИРО – 3658 тыс. т (ихтиопланктонная съемка) и 3660 тыс. т (ВПА). По данным Л.А. Лисовенко, нерестовый запас западнокамчатского минтая, рассчитанный по суточной продукции без учета смертности, был в пределах 4,7–5,4 млн т, с учетом смертности – 9,4–11,6 млн т. Добавим, что, основываясь на данных о смертности икры берингоморского минтая, полученных О.А. Булатовым [1988], Н.С. Фадеев (персональное сообщение) рассчитал биомассу нерестового запаса североохотоморского минтая для 1984–1986 гг. Она оказалась равной 80–90 млн т, что представляется нереальным.

Полагаем, что и те, и другие оценки следует считать завышенными в силу следующих обстоятельств. Во-первых, 1-я стадия развития икры минтая довольно

продолжительна, поэтому в судовых условиях очень сложно учесть икру в возрасте не более суток, очевидно, что в расчеты может попасть икра 1-ой стадии, выметанная в предыдущие 1–2 дня. Во-вторых, в расчетах, направленных назад, используется наряду с живой и погибшая, а также неоплодотворенная икра, находящаяся в планктоне достаточно долгое время и деструкция которой при отрицательных температурах происходит очень медленно. В-третьих, совершенно очевидно, что не вся икра, находящаяся в половых железах, реализуется во время нереста. А.М. Привалихиным [1998] было убедительно показано, что у значительной части самок наблюдается частичная либо полная резорбция яйцеклеток, причем потери потенциальной плодовитости по этой причине в отдельные годы могут достигать 50% и более. Полагаем, что недоучет смертности икры в процессе эмбриогенеза в какой-то степени компенсируется игнорированием указанных явлений. Нетрудно представить, к каким катастрофическим последствиям привел бы промысел, базирующийся на общем допустимом улове, установленном исходя из оценок нерестовой биомассы, полученной с учетом некорректных данных по смертности икры.

Резюмируя, можно отметить, что использование и развитие инструментальных методов исследования гидробионтов является важной и необходимой составляющей системы мониторинга экосистем дальневосточных морей, в том числе и Охотского. Достаточно хорошо известны также основные достоинства и проблемы каждого из методов оценки биоресурсов, включая и примеры, рассмотренные в настоящей статье.

По сути, траловая и ихтиопланктонная съемки представляют дискретный метод измерений, тогда как акустическая – дискретно-непрерывный. Каждый из методов на том или ином этапе использует информацию, полученную по другим методам. Так, траления являются источником информации о размерном составе гидробионтов при выполнении акустической и ихтиопланктонной съемок.

Следует также отметить, что система акустического мониторинга биоресурсов, разрабатываемая ТИНРО-центром с использованием современных научных акустических измерительных систем (ЕК-500 SIMRAD), позволяет получать качественно новую информацию о поведении гидробионтов, биометрическом распределении, взаимосвязи факторов среды и горизонтов обитания рыб, взаимосвязи горизонтов обитания рыб и объектов питания, особенностей суточных и сезонных миграций гидробионтов и др.

В то же время технология проведения комплексных съемок в Охотском море в определенной степени ограничивает возможности, например эхоинтеграционно-траловых съемок. Выполнение ступенчатых тралений при формировании целостного размерного ряда во всем слое не позволяет дифференцировать размерные ряды для акустических записей с различным размерным составом скоплений, что приводит к смещению в оценках доминирующих размерных групп и результирующего размерного ряда после обработки акустических измерений, искажению реального батиметрического распределения доминирующих размерных групп; большая продолжительность комплексной съемки усиливает эффект влияния сезонных, нерестовых миграций на результаты оценок, смещения реального местоположения скоплений, трудностей комплексной обработки данных и т.д. [Юданов, 1992]. Отсутствие синхронной донной съемки не позволяет учесть эффект суточных миграций на результаты оценок. Отсутствие постоянной схемы галсов для статистических районов и их вариация в межгодовом плане без учета основных требований по планированию съемок также может привести к ошибкам из-за неучета распределения галсов и доминирующего направления миграции скоплений в данный период съемки. Отсутствие адаптивного подхода при планировании съемки с учетом изменившейся величины запаса и соответственно поведения объекта [Кадильников, 2001] и адекватных значений «силы цели» основных видов рыб в зависимости от биологического состояния, особенностей поведения в период суточных и сезонных миграций, времени суток и др. – все это может влиять на конечный результат.

Учитывая изложенное, можно сделать вывод о необходимости совершенствования технологии выполнения комплексных съемок в Охотском море таким

образом, чтобы учесть все основные требования, предъявляемые каждой методикой оценки запасов. Реализация данного положения позволит повысить достоверность, надежность получаемых результатов и сэкономить немалые средства.

### Литература

- Авдеев Г.В., Овсянников Е.Е.** 2001. Распределение поколений минтая на первых годах жизни в восточной части Охотского моря // Известия ТИНРО. Т. 128.— С. 250–258.
- Аксюткина З.М.** 1968. Элементы математической оценки результатов наблюдений в биологических и рыбохозяйственных наблюдениях.— М.: Пищевая промышленность.— 288 с.
- Бердичевский З. М. и др.** 1984. Акустическая оценка уловистости трала // Рыбное хозяйство. № 8.— С. 60–61.
- Борец Л.А. и др.** 2002. Состояние запасов минтая в наваринском районе Берингова моря и причины, определяющие эффективность его промысла // Известия ТИНРО. Т.130. Ч.III.— С. 101–114.
- Булатов О.А.** 1988. Межгодовая изменчивость запасов восточнберингоморского минтая // Изменчивость состава ихтиофауны, урожайности поколений и методы прогнозирования запасов рыб в северной части Тихого океана.— Владивосток: ТИНРО.— С. 4–16.
- Волленко И.В.** 1998. Проблемы количественной оценки обилия рыб по данным траловой съемки // Известия ТИНРО. Т. 124.— С. 473–500.
- Вышегородцев В.А.** 1978. О размножении минтая *Theragra chalcogramma* (Pallas) в северо-западной части Охотского моря // Известия ТИНРО. Т. 102.— С. 58–60.
- Горбунова Н.Н.** 1954. Размножение и развитие минтая *Theragra chalcogramma* (Pallas) // Труды ИО АН СССР. Т. 11.— С.132–205.
- Дехник Т.В., Ефимов Ю.Н.** 1984. Методы оценки нерестового запаса рыб с применением ихтиопланктонных съемок (обзор) // Деп. ВНИИЭРХ. № 630 рх-Д84.— 43 с.
- Дуленова Е.П.** 2002. Сравнительная биопродуктивность макроэкосистем дальневосточных морей.— Владивосток: ТИНРО-центр.— 273 с.
- Ермольчев В.А., Гаврилов Е.Н., Фимина Е.Н.** 1993. Методические рекомендации по организации и выполнению гидроакустических съемок запасов гидробионтов.— Мурманск: ПИНРО.— 132с.
- Золотов О.Г., Качина Т.Ф., Сергеева Н.П.** 1987. Оценка запасов восточноохотоморского минтая // Популяционная структура, динамика численности и экология минтая.— Владивосток: ТИНРО.— С. 65–73.
- Золотов О.Г. и др.** 2001. Проблемы охраны и рационального использования биоресурсов Камчатки: Докл. Второй камчатской обл. научн-практ. конф.— Петропавловск-Камчатский.— С. 20–27.
- Кадильников Ю. В.** 2001. Вероятностно-статистическая теория рыболовных систем и технической доступности для них водных биологических ресурсов.— Калининград.— 277 с.
- Качина Т.Ф., Сергеева Н.П.** 1978. Методика расчета нерестового запаса восточноохотоморского минтая // Рыбное хозяйство. № 12.— С. 13–14.
- Кузнецов В.В.** 1996. Об оценках абсолютной и относительной численности североохотоморского минтая // Рыбное хозяйство. № 5.— С. 52–55.
- Кузнецов М.Ю., Николаев А.В.** 2000. Руководство по сбору и первичной обработке данных акустических измерений при проведении тралово-акустических съемок минтая в Беринговом море.— Владивосток: Изд-во ТИНРО-центр.— 68 с.
- Кузнецов М.Ю. и др.** 2002. Особенности распределения минтая в северо-западной части Берингова моря осенью 2000 г. и их межгодовая изменчивость по результатам учетных съемок в 1997–2000 гг. // Вопросы рыболовства. Т. 3. № 2(10).— С. 288–303.
- Латко В.В.** 2002. Результаты исследований нектона в эпипелагиали северной части Охотского моря // Известия ТИНРО. Т. 130.— С. 929–939.
- Лисовенко Л.А.** 1997. Экология размножения минтая *Theragra chalcogramma* (Pallas) Западной Камчатки и оценка численности его производителей по результатам ихтиопланктонных исследований // Тез. докл. Первого конгресса ихтиологов России. Астрахань, сентябрь, 1997 г.— М.: Изд-во ВНИРО.— С. 80–81.
- Лисовенко Л.А.** 2000. Размножение рыб с прерывистым оогенезом и порционным нерестом на примере минтая Западной Камчатки.— М.: Изд-во ВНИРО.— 111 с.
- Мамылов В.С., Ратушный С.В.** 1996. К методике расчета акустической зоны тени при оценке запасов донных рыб // Инструментальные методы рыбохозяйственных исследований.— Мурманск: ПИНРО.— С. 197–121.
- Мамылов В.С.** 1999. Некоторые аспекты оценки плотности рыбных скоплений тралово-акустическими методами // Развитие технических методов рыбохозяйственных исследований: Сб.— Мурманск: ПИНРО.— С. 147–163.
- Мерзляков А.Ю., Василенко А.В.** 2002. Динамика численности и биомассы основных компонентов нектона эпипелагиали северной части Охотского моря // Известия ТИНРО. Т. 130.— С. 1171–1187.

*Методические* рекомендации по проведению многовидовой тралово-акустической съёмки. 1989.— Мурманск: ПИНРО.— 119 с.

**Николаев А.В., Кузнецов М.Ю., Убарчук И.А.** 2000. Инструментальные средства и информационные технологии акустического мониторинга рыбохозяйственных акваторий // Рыбное хозяйство. № 4.— С. 37–39.

**Николаев А.В., Степаненко М.А.** 2001. Межгодовая динамика ресурсов, особенности поведения и распределения минтая восточноберинговоморской популяции по результатам акустических съёмок летом 1999 г. // Известия ТИНРО. Т. 128. Ч. 1.— С. 188–206.

**Привалихин А.М.** 1998. Воспроизводительная способность минтая *Theragra chalcogramma* (Pallas) Автореф. дис. ... канд. биол. наук.— М.: Изд-во ВНИРО.— 24 с.

**Радченко В.И. и др.** 1997. Условия среды, состав планктона и нектона эпипелагиали южной части Охотского моря и сопредельных океанических вод летом // Биология моря. Т. 23. № 3.— С. 143–150.

**Расс Т.С., Желтенкова М.В.** 1948. Некоторые данные об ихтиопланктоне Западной Камчатки // Известия ТИНРО. Т. 28.— С. 126–139.

**Расс Т.С.** 1953. Значение исследований размножения рыб для оценки возможных уловов // Рыбное хозяйство. № 2.— С. 23–25.

**Расс Т.С., Казанова И.И.** 1966. Методическое руководство по сбору личинок и мальков рыб.— М.: Пищевая промышленность.— 42 с.

**Смирнов А.В.** 1985. Опыт применения ихтиопланктонных съёмок в Охотском море для оценки численности (биомассы) нерестового минтая // Исследования и рациональное использование биоресурсов дальневосточных и северных морей СССР и перспективы создания технических средств для освоения неиспользуемых биоресурсов открытого океана: Тез. докл. Всесоюз. совещания, 15–17 окт. 1985 г.— Владивосток: ТИНРО.— С. 60–62.

**Смирнов А.В., Авдеев Г.В.** 2001. Прогнозирование запасов охотоморского минтая: ошибки и их причины: Тез. докл. VIII Всеросс. конф. по проблемам рыбного промысла. прогнозирования.— Мурманск: ПИНРО.— С. 95–97.

**Темных О.С.** 1989. Функциональная структура ареала минтая в Охотском море // Биология моря. № 6.— С. 22–30.

**Фадеев Н.С.** 1981. Сроки размножения и нерестовых подходов минтая. // Экология, запасы и промысел минтая.— Владивосток: ТИНРО.— С. 3–18.

**Фадеев Н.С.** 1986. Распределение икры и личинок минтая в северной части Охотского моря // Биология моря. № 6.— С. 15–22.

**Фадеев Н.С.** 1987. Нерестилища и сроки размножения минтая в северной части Охотского моря // Популяционная структура, динамика численности и экология минтая.— Владивосток: ТИНРО.— С. 5–22.

**Фадеев Н.С.** 1999. Методика оценки запасов минтая по численности икры и размерно-возрастному составу // Биология моря. Т. 25. № 3.— С. 246–249.

**Фадеев Н.С., Веспестад В.** 2001. Обзор промысла минтая // Известия ТИНРО. Т. 128.— С. 75–91.

**Фадеев Н.С., Смирнов А.В.** 1987. Оценка численности икры и производителей минтая в северной части Охотского моря. // Биология моря. № 4.— С. 19–25.

**Шунтов В.П. и др.** 1986. Особенности формирования продуктивных зон в Охотском море в осенний период // Биология моря. № 4.— С. 57–65.

**Шунтов В.П. и др.** 1993. Минтай в экосистемах дальневосточных морей.— Владивосток: ТИНРО.— 426 с.

**Шунтов В.П. и др.** 1997. Биологические ресурсы дальневосточной российской экономической зоны: структура пелагических и донных сообществ, современный статус, тенденции многолетней динамики // Известия ТИНРО. Т. 122.— С. 3–15.

**Шунтов В.П., Дулепова Е.П., Волвенко И.В.** 2002. Современный статус и многолетняя динамика биологических ресурсов дальневосточной экономической зоны России // Известия ТИНРО. Т. 130.— С. 3–11.

**Юданов К.И., Калихман И.Л., Теслер В.Д.** 1984. Руководство по проведению гидроакустических съёмок.— М.: ВНИРО.— 124 с.

**Юданов К.И.** 1992. Гидроакустическая разведка рыбы.— СПб.: Судостроение.— 192 с.

**MacLennan D.N., Simmonds E.J.** 1992. Fisheries Acoustics. Chapman & Hall.— 324 p.

**Simmonds E.J. et al.** 1992. Acoustic survey design and analysis procedure: a comprehensive review of current practice // ICES cooperative research report. № 187. Denmark.— 127 p.

**Smith P.E., Richardson S.L.** 1977. Standard techniques for pelagic fish eggs and larva surveys // FAO Fisheries Technical Paper. № 175.— 100 p.

**Traynor J.J.** 1996. Target-strength measurements of walleye pollock (*Theragra chalcogramma*) and Pacific whiting (*Merluccius productus*) // ICES Journal of Marine Science. № 53.— P. 253–258.

## Методики выполнения научно-исследовательских работ

*Л.М. Зверькова (ВНИРО)*

Методы определения запасов гидробионтов основываются на прямых учетных съемках или модельных расчетах, где базовыми являются параметры по величине вылова, уловам на усилие и возрастная или размерная структура запаса. Однако в любом случае с той или иной периодичностью необходимы морские экспедиционные исследования, при выполнении которых получают исходную информацию для расчета величины запасов. В данной статье речь пойдет об организации, содержании научно-исследовательских работ по минтаю в море и некоторых методиках, используемых в процессе их реализации. Показанные ниже зависимости и формулы являются общеизвестными, но их использование по одному и тому же виду при выполнении сходных работ в разных частях ареала вида сделает сравнимыми и получаемые результаты.

В ИЭЗ России находится значительная площадь ареала и от 30 до 50%, в зависимости от уровня численности, запаса минтая. Надлежащие меры по сохранению и рациональному использованию ресурсов важнейшего промыслового вида могут быть разработаны на основе достоверных и полных знаний о величине запаса, закономерностях его формирования, ожидаемой динамике в ближней и отдаленной перспективе. Зная величину промыслового запаса минтая в основных районах промысла, определяют величину общего допустимого улова. Прогноз состояния запаса формируется на основе данных о величине текущего (в год учетных работ) запаса и величине пополнения. Величину ОДУ определяют с учетом ожидаемой численности поколений остатка, т.е. принимавших участие в нересте, и численности рыб пополнения, т.е. впервые участвующих в нересте.

Учитывая особенности экологии минтая, морские экспедиционные работы выполняют так: в зимне-весенний период изучают ход нереста, оценивают нерестовый и промысловый запас, численность появившегося в результате нереста нового поколения; в летне-осенний период исследуют условия нагула, площадь, плотность, структуру нагульных скоплений, уровень смешиваемости, биомассу и численность поколений. Сбор исходной информации для анализа структуры, величины запасов минтая, в том числе сроков, условий образования и пространственной локализации промысловых скоплений, динамики суточного, месячного, сезонного, годового показателей плотности, проводят при выполнении следующих работ: учетные научно-исследовательские съемки; контрольный лов; поисковые и путинные съемки.

### **Учетные научно-исследовательские съемки**

Ценную информацию об уровне запасов любого вида, минтая в том числе, получают по результатам специально организованных учетных съемок. Обычно подобные съемки выполняются на научно-исследовательских судах, оснащенных для работы в системе рыбного хозяйства необходимым комплексом современного оборудования: навигационного, гидроакустического, океанологического, промыслового, включая системы контроля работы трала, обработки, анализа информации и т.д. Общие требования к организации и выполнению учетных научно-исследовательских съемок — это установленная на основе имеющихся достижений в данной области науки система сбора информации, позволяющая получать достоверные, полные и сравнимые данные. По минтаю выполняют следующие виды учетных съемок.

**Ихтиопланктонные съемки.** По их результатам получают данные о численности появившегося в результате нереста поколения, численности производителей. Основной принцип планирования и реализации ихтиопланктонной съемки — на-

иболее полный охват учетными работами районов нереста и вероятного направления дрейфа икры-личинки. Полигон съемки для каждой крупной единицы запаса минтая, например североохотоморской, занимает довольно обширную площадь над глубинами от 30 до 1000–2000 м. Ихтиопланктонные станции располагают на разрезах, отстоящих на 20–30 миль, расстояние между станциями – 10 миль. Основными районами, где ихтиопланктонные съемки выполняются регулярно, являются Охотское море, западная часть Берингова моря с примыкающей частью Тихого океана у побережья Восточной Камчатки, северная часть Японского моря у побережья Сахалина, Кунаширский пролив с прилежащими участками океана и южной части Охотского моря.

Ихтиопланктонные съемки по минтаю в России традиционно выполняют сетью ИКС-80, имеющей площадь входного отверстия  $0,5 \text{ м}^2$ , газ № 14, длину 2,6 м. При работе сетью используют трос диаметром не менее 5 мм, масса груза должна составлять 15–20 кг. Лов икры и личинок минтая проводят, облавливая вертикальный столб воды от горизонта 500 м или придонного слоя, при меньшей глубине моря – до поверхности. Лов выполняют при остановке судна. Трос сети должен уходить в воду вертикально (угол  $90^\circ \pm 15^\circ$ ), что обеспечивают маневрами судна при выполнении станции. После достижения нужной глубины сеть выбирают со скоростью не более 1 м/с.

При достижении поверхности моря перед выборкой на палубу сеть смывают из шланга слабой струей воды, последовательно промывая от обруча до стакана. Не меняя вертикального положения нижней части сети, ее выбирают на борт и еще несколько раз смывают. При большом объеме пробы (более литра), необходимо ее промерить всю и записать в карточку, указав, какая часть пробы зафиксирована. Содержимое каждой пробы анализируют в чашке Петри, под биноклем, при небольшом увеличении. Стадии развития икры определяют по описаниям Н.Н. Горбуновой [1954], выполненным для минтая. Количество икринок каждой стадии развития подсчитывают и данные заносят в специальную карточку обработки ихтиопланктона. Личинок минтая выбирают, подсчитывают их количество в пробе, промеряют при помощи окуляр-микрометра, данные также заносят в карточку обработки ихтиопланктона. Пробы икры и личинок сохраняют для дальнейшей обработки и анализа.

Параллельно с ловом икры проводят измерения зондом послойно температуры и солености воды и сбор планктона, особенно ранних стадий развития, для анализа обеспеченности пищей и питания личинок минтая. По маршруту стандартной съемки ведут постоянный гидроакустический поиск, фиксируя локализацию скоплений. Для оценки структуры запаса, физиологического состояния рыб, получения количественных оценок скоплений регулярно выполняют прицельные и контрольные траления по всему маршруту съемки. С учетом необходимости выполнения ихтиопланктонной съемки в возможно короткие сроки для исключения повторного учета икры и производителей, работы ведутся круглосуточно. Предпочтительным является вариант выполнения съемки одновременно несколькими судами.

Определение величины нерестового запаса ( $P_s$ ) выполняют на основе базовой зависимости между количеством учтенной за период нереста икры ( $E_a$ ), средней плодовитостью  $F$  и долей самок в нерестовой части запаса ( $r_s$ )

$$P_s = E_a / \bar{F} r_s.$$

Общее за период нереста количество икры определяют как

$$E_a = \int_{d=0}^{d=150} E_t dt,$$

где  $E_t$  – ежедневная продукция икры;  $d = 0, d = 150$  – продолжительность нереста в днях.

В свою очередь,

$$E_t = (E_{ij} / d_{ij}) e^{Z_{ij} t}$$

где  $E_{ij}$  – количество икринок в стадии  $i$  в съемке  $j$ ;  $d_{ij}$  – продолжительность (в днях) развития стадии  $i$  в съемке  $j$ ;  $Z_{ij}$  – мгновенная ежедневная смертность икры стадии  $i$  в съемке  $j$ ;  $t_{ij}$  – возраст икры в днях.

Продолжительность развития икры ( $d_j$ ) может быть рассчитана по зависимости [Золотов и др., 1987]:

$$d_j = 38,9e^{-0,156 T_j}$$

где  $T_j$  – температура воды.

Длительность каждой стадии развития рассчитывают с учетом того, что I, II, III, IV стадии составляют соответственно 20, 20, 40, 20% общей продолжительности развития икры [Горбунова, 1954].

Смертность икры в сутки рассчитывают по кривой улова, если известно количество икры и ее возраст в днях. Кроме того, необходимые данные по количеству икры различного возраста в течение периода нереста получают при выполнении локальных съемок, продолжительность которых и обследуемая площадь исключают влияние дрейфа икры и личинок на их количество, а убыль с увеличением возраста происходит только по причине смертности. Расчет смертности икры ведут по следующей модели:

$$E_{ij} / d_{ij} = E_t e^{-Z_{ij} t_{ij}}$$

где  $E_{ij} / d_{ij}$  – обилие икринок в возрасте;  $t_{ij}$  – возраст икринок в днях.

Для сравнения данные по численности икры и производителей минтая, полученные вышеуказанным способом, можно дополнительно рассчитать и другим методом, обычно используемым при ихтиопланктонных съемках ТИНРО-центром. По результатам контрольных тралений получают обобщенный размерный ряд минтая для всей площади съемки. Численность учтенной икры распределяют по размерно-возрастным группам отнерестившихся самок с учетом их абсолютной плодовитости в каждом размерном диапазоне с интервалом длины 1 см. При расчете численности самок вводится поправка на пропорцию отнерестившихся особей, соотношение полов и половозрелых рыб.

Поскольку процесс нереста минтая длительный, для полного учета продукции необходимо выполнить как минимум три съемки: в начале, при массовом нересте и по завершении.

**Эхоинтеграционно-траловые съемки.** В последние годы в рыбохозяйственных исследованиях для учета численности пелагических рыб получил применение инструментальный способ учета – эхоинтеграционно-траловые съемки. В России такие съемки, как часть международной Программы исследования минтая, более или менее регулярно выполняют в западном и северо-западном районе Берингова моря. Комплекс учетных работ по оценке запаса минтая включает эхоинтеграционно-траловые съемки для определения части запаса, населяющего зону пелагиали, придонные и донные скопления учитывают по результатам донной траловой съемки. Суммирование результатов пелагической и донной съемок дает оценку запаса минтая в целом.

Акустические исследования проводят на судах, оснащенных современными научными эхолотами, чаще ЕК-500 фирмы SIMRAD, и мощными быстродействующими компьютерами, позволяющими обрабатывать значительный объем получаемых в процессе съемки данных. Акустическую съемку проводят галсами, равномерно покрывающими район исследований. Расположение галсов, их частота, общее количество и протяженность планируются из расчета возможно полного охвата района распределения минтая. Для идентификации акустических изображений и сбора данных по структуре скоплений выполняют траления разноглубинным тралом по всей площади съемки.

**Траловая съемка (донная).** Учитывая, что минтай, особенно крупный, образует донные скопления, для оценки его численности, биомассы, структуры выполняют донные траловые съемки. Такие съемки проводятся во всех основных рай-

онах. Для выполнения этих работ используется донный трал. Поскольку горизонтальное раскрытие трала является весьма важной характеристикой при расчете численности гидробионтов, до начала съемки должны быть установлены основные параметры трала в зависимости от глубины и скорости траления. Обычно при учетных съемках по минтаю скорость траления составляет 3 узла, его продолжительность 30 мин.

В пределах района исследования единицы запаса планирование сетки станций проводится по стратам, т.е. участкам изучаемого района с относительно однообразными характеристиками, в силу чего изменчивость условий среды внутри страты меньше, чем между стратами. Страты наилучшим образом выделяют на основе закономерности изменения обилия изучаемого вида по данным предыдущих исследований или результатам промыслового лова. Величину запаса на всей площади съемки рассчитывают:

$$\hat{P} = \sum_{i=1}^n (A_i / a) \bar{C}_i,$$

где  $P$  — величина запаса;  $A_i$  — площадь страты;  $a$  — площадь траления;  $C_i$  — среднее число рыб, выловленных внутри страты;  $n$  — число страт.

В свою очередь,

$$\bar{C}_i = 1/n_i \sum_{j=1}^{n_i} C_{ij},$$

где  $C_{ij}$  — число рыб, выловленных в пробе  $j$  в страте  $i$ .

Площадь траления  $a$ , определяют как произведение пройденного при тралении пути на горизонтальное раскрытие трала.

Величину варьирования запаса определяют как сумму варьирования величин улова внутри страты  $i$

$$\text{Var}(\bar{C}_i) = \frac{1}{n_i(n_i - 1)} \sum_{j=1}^{n_i} (C_{ij} - \bar{C}_i)^2 = \frac{S_i^2}{n_i},$$

$S_i$  — стандартное отклонение улова  $C_{ij}$  внутри страты  $i$ .

При картировании скоплений величину улова каждого траления наносят на карту в координатах траления. Выделяя несколько уровней плотности, оконтуривают площади равновеликих уловов по методу З.М. Аксютинной [1968]. Карта распределения плотности уловов может быть представлена при использовании компьютерной программы, например, Surfer.

**Тралово-акустические (нектонные) съемки.** Тралово-акустические съемки как специально организованная и спланированная система сбора данных используются для определения запаса гидробионтов, населяющих пелагиаль. Наиболее часто такие съемки выполняют в Охотском море, западной части Берингова моря и в районе Курильских островов. Траления распределяют внутри статрайонов, являющихся, по сути дела, стратами. По результатам съемки определяют биомассу и численность минтая, в том числе сеголеток.

Траления выполняют разноглубинным тралом с вертикальным раскрытием 50–80 м со скоростью до 5 узлов. Кутец трала, как и при других учетных съемках, снабжают мелкой вставкой (10–12 мм). Определение биомассы или численности проводят по базовой формуле:

$$P = \bar{C}_i V / vK,$$

где  $P$  — биомасса;  $K$  — коэффициент уловистости (для взрослого минтая 0,4, для сеголеток 0,1;  $V$  — объем воды в пределах площади съемки;  $v$  — объем воды, процеженной при тралении.

## **Контрольный лов**

Контрольный лов выполняют в каждом районе обитания единицы запаса в соответствии с Планом ресурсных исследований и государственного мониторинга водных биологических ресурсов. Его проводят ежегодно с целью мониторинга формирования, состояния, динамики и структуры промысловых скоплений минтая. Он выполняется в рамках рейсового задания, где определены сроки, районы и содержание работ, объем изъятия. Работы проводят на судне, оборудованном современным навигационным, поисковым, промысловым, океанологическим оборудованием, имеющем квалифицированную команду и при участии научной группы. В отличие от стандартных учетных съемок, где задача, в том числе, состоит в наиболее полном учете скоплений рыб любой плотности по всему ареалу запаса, контрольный лов выполняют на промысловых скоплениях в режиме промысла, достоверно отражающего плотность скоплений, их суточную и путинную динамику, структуру, занимаемую площадь, поведение рыб и условия обитания. В процессе выполнения контрольного лова облов промысловых скоплений ведут по всем участкам их формирования. По результатам контрольного лова минтая получают следующую информацию: сроки, условия формирования, пространственную локализацию, характеристику стабильности промысловых скоплений; размерно-массовую и половую структуру, пространственно-временную динамику промысловых скоплений (суточную, декадную, путинную); статистику промысла (улов на усилие, за месяц, за путину, по подрайонам и т.д.); характеристику океанологических и гидробиологических условий в местах образования промысловых скоплений; прилов молоди и его динамика в течение путины.

Материалы, полученные в процессе и по результатам контрольного лова, используют как дополнительный источник данных для оценки величины запаса минтая и его межгодовой динамики, при условии ежегодного систематического выполнения как достоверную промысловую статистику: в моделях расчета запасов, для разработки рекомендаций по оптимальной схеме расстановки флота.

## **Поисковые и путинные съемки**

В условиях значительного колебания величины запаса минтая в последние годы актуальна задача его оценки перед началом путины. Учитывая, что половозрелая часть популяции перед нерестом (началом путины) концентрируется на относительно ограниченной площади моря, съемка может быть выполнена в течение достаточно короткого периода времени. Поисковые путинные съемки оперативного поиска проводят в течение путины с целью обнаружения промысловых скоплений минтая, определения их плотности, устойчивости во времени и пространстве. Для оконтуривания обнаруженных скоплений выполняют акустический поиск и траления в разное время суток. В процессе путинной съемки из уловов тралений собирают массовый материал по структуре и биологическим параметрам скоплений минтая.

## **Обработка уловов**

Для определения структуры запаса, т.е. количественного соотношения рыб разного возраста, пола, длины, физиологического состояния, необходим сбор и анализ исходной информации в морских экспедиционных условиях. Сбор данных проводят по всему району работ исследовательского судна в границах изучаемой единицы запаса минтая.

При выборке трала в имеющиеся стандартные емкости (корзины, ведра) набирают часть улова для выполнения биологического анализа и массового промера. Взвесив массу этой части улова, с учетом его доли, определяют и массу всего улова, полученного при тралении. При значительном улове, более 50 т, поступающую из бункера рыбу набирают в стандартные емкости в несколько приемов.

Кроме анализа содержимого трала, необходимо внимательно осмотреть объёчекку, где могут присутствовать наиболее мелкие особи минтая: сеголетки, годовики. Наряду с этим из уловов следует специально выбирать и учитывать наиболее крупных особей – более 70 см.

Объем пробы для массовых промеров минтая обычно составляет 300 экземпляров. Более точно количество рыб для промеров определяют по формуле:

$$N = t^2 S^2 / q^2,$$

где  $t$  – нормированное отклонение определяется с учетом ожидаемой вероятности выборочного распределения  $P$ :  $P = 0,999$ ,  $t = 3,03$ ;  $P = 0,99$ ,  $t = 2,58$ ;  $s$  – стандартное отклонение;  $q$  – точность измерения.

Измерения рыб проводят с точностью до 1 см, определяя длину  $AC$  – до развилки хвостового плавника, длину  $AD$  – до конца чешуйного покрова.

Массовый промер проводят безвыборочно. Для биологического анализа пробу комплектуют из особей размерных (возрастных) классов так, чтобы размерный (возрастной) состав полученного улова был представлен полно. При этом для каждого размерного класса (3–5 см) отбирают по 10–15 экземпляров. Полный биологический анализ (ПБА) минтая включает: измерение длины, массы особи, определение пола и стадии зрелости половых желез, определение массы половых желез, фиксация яичников для определения плодовитости, определение степени наполнения желудка пищей и фиксация для анализа питания, сбор чешуи и/или отоликов, определение массы рыбы без внутренностей.

Точность взвешивания мелкого минтая (до 30 см) – до 0,5 г, крупного – до 1 г. При невозможности точного взвешивания в судовых условиях пробы для ПБА замораживают и выполняют анализ в условиях стационара.

Сбор чешуи проводят под первым спинным плавником выше боковой линии. В месте взятия чешуи необходимо аккуратно удалить слизь и прилипшие чешуйки других рыб. Нож, которым собирают чешую, должен быть чистым. Для хранения чешуи используют чешуйные книжки, куда заносят также сведения по каждому проанализированному экземпляру минтая. Отолики помещают в специальные пакетики, на лицевой стороне которых приводят все исходные данные о промеренном экземпляре и порядковый номер. Пробы для определения плодовитости собирают у рыб разных размерных групп в период III или IV стадий зрелости яичников. Яичники заворачивают в марлю, снабжая этикеткой на пергаменте, куда заносят порядковый номер пробы, порядковый номер рыбы, дату, номер трала, название судна, фамилию сборщика. Пробы хранят в 10-процентном растворе формалина.

Все данные, полученные в рейсе, своевременно заносят по видовой принадлежности в траловые карточки, журналы, карточки обработки.

Таким образом, здесь показаны характер и содержание работ по минтаю, выполняемых в различных частях ареала в зоне России. Реализация всего объема вышеперечисленных исследований с точки зрения обеспечения финансовых затрат в течение одного года по конкретной единице запаса, даже высокосложной, вряд ли возможна. Очевидно приоритеты выполнения определенного вида исследований должны зависеть не только от установившихся традиций и преемственности, но и комплекса: надежность информации – стоимость. С этой позиции оценка запаса минтая конкретной популяции в нагульный период, по-моему, малонадежна. Известно, что этот вид в период откорма совершает значительные миграции. Поэтому съемка, выполненная в период нагула, не полно учитывает рыб местного запаса и вместе с тем может учитывать рыб из других районов. Однако исследования в период нагула минтая весьма значимы и интересны при изучении вопросов обеспеченности пищей, кормовых рационов, межвидовых и внутривидовых отношений и т.д. Очевидно, подобные работы следует выполнять один раз в 2–3 года в рамках комплексных экосистемных исследований.

Наиболее достоверные данные о величине запаса могут быть получены перед началом нереста, когда скопления минтая локализируются на относительно ограниченной площади на зимовку. В этот период скопления рыбы довольно стабильны, а значит – минимальна вероятность двойного облова, который вполне возможен

в период нереста, когда выметав порцию икры рыба перемещается в пределах нерестилища. Величина запаса, получаемая в зимний период до начала нереста, более полно и достоверно, в сравнении с предварительным прогнозом, отражает количество минтая перед очередной путинной, и, кроме того, уровень запаса на начало промыслового года. Однако интенсивное льдообразование в северных частях ареала вида ставят перед необходимостью выполнения съемки в короткие сроки до начала ледостава. С учетом этого обстоятельства в выполнении съемки необходимо задействовать, например, в северной части Охотского моря не менее 3 судов и выполнить ее за две недели в период до начала января. Способ учета рыб – комбинированный: эхоинтеграционная и донная траловая съемки для учета минтая в пелагиали, где в этот период располагается основная его масса, и в донных скоплениях.

Что касается целесообразности выполнения ихтиопланктонных съемок для оценки запаса, то, как мне представляется, это не самый надежный способ, особенно для популяций со значительным нерестовым ареалом и длительным нерестом. Вместе с тем, для локальных популяций с известным направлением дрейфа в период прохождения планктонной стадии в развитии выполнять такие съемки имеет смысл.

### Литература

- Аксютин З.М.* 1968. Элементы математической оценки результатов наблюдений в биологических и рыбохозяйственных исследованиях.— М.: Пищевая промышленность.— 289 с.
- Горбунова Н.Н.* 1954. Размножение и развитие минтая // Труды ИОАН СССР. Т. 11.— С. 139–195.
- Золотов О.Г., Качина Т.Ф., Сергеева Н.П.* 1987. Оценка запасов восточноохотоморского минтая // Популяционная структура, динамика численности и экология минтая.— Владивосток: ТИНРО-центр.— С.65–73.

УДК 597-116:597.562

---

## Интерпретация данных ихтиопланктонных съемок для оценки нерестового запаса минтая

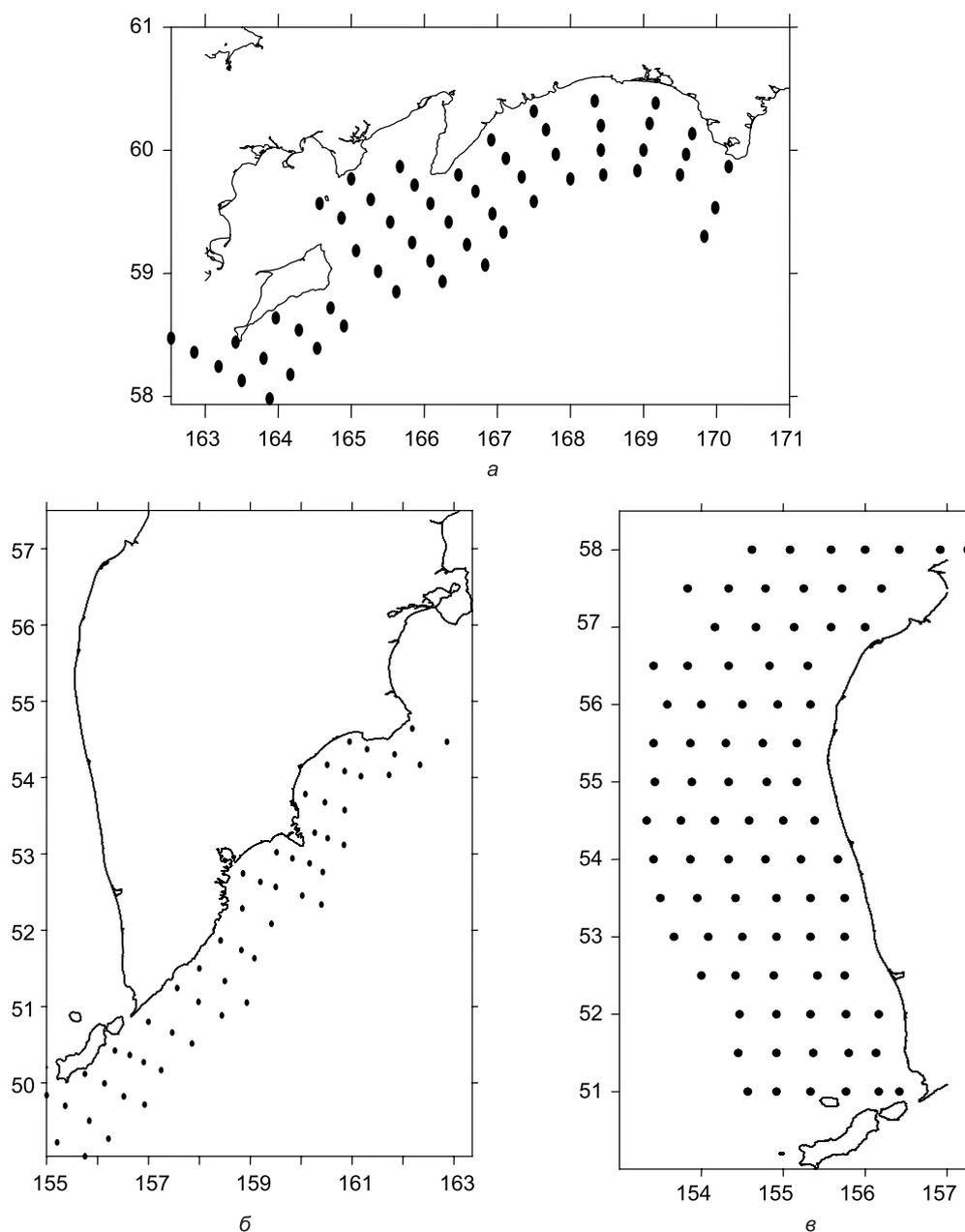
*П.А. Балыкин, А.И. Варкентин (КамчатНИРО)*

Проблема достоверности оценки запасов остается ключевой при определении ОДУ. Чаще всего «промысел рассматривается как основное и наиболее экономичное средство для получения информации о запасе» [Хилборн, Уолтерс, 2001], в связи с чем большое распространение получили методы, основанные на теории рыболовства. Имеется достаточно много примеров приложения этих методик к минтаю [Золотов и др., 1987; Балыкин, Максименко, 1990; Фролов и др., 1990; Золотов и др., 2000]. Основой практически всех используемых методов является матрица уловов по возрастным группам, что требует достаточно точной статистики промысла. Однако в последние годы появились публикации, показывающие недостоверность отчетных данных о добыче минтая [Балыкин и др., 1999; Варкентин и др., 2000; Балыкин и др., 2002].

В таких условиях на первый план выходят методы прямого учета, среди которых одним из наиболее распространенных является учет развивающейся икры с последующим расчетом нерестового запаса [Качина, Сергеева, 1978; Булатов, 1988; Лисовенко, 2000; Балыкин и др., 2002]. Наиболее критикуемо в этом случае отсутствие натуральных данных о смертности икры. Вполне очевидна также значительная межгодовая изменчивость этого показателя в зависимости от состояния

производителей, условий внешней среды и других факторов [Золотов, Сергеева, 1991; Балькин, 1993]. Поэтому на первый план выходят методы, где используется расчетная суточная продукция. При этом за количество выметанной икры принимается таковое для начальных стадий развития. Обзор таких методов дан в статье Т.В. Дехник [1986]. Исходными данными в этом случае служат сроки начала и конца икрометания, а также ориентировочное время пика нереста. Желательно также выполнение возможно большего числа икорных съемок, что дает возможность построить кривую интенсивности икрометания. В последние годы данный подход применяется также в КамчатНИРО, поэтому авторы настоящего сообщения поставили задачу описать его особенности.

Регулярные ихтиопланктонные съемки в прикамчатских водах выполняются с 70-х гг. XX в. В это время была принята стандартная сетка станций, которая используется и сейчас (рис. 1). На протяжении всего периода орудием сбора ихти-



**Рис. 1.** Схема стандартных ихтиопланктонных съемок, принятая в КамчатНИРО: *а* – юго-западная часть Берингова моря; *б* – тихоокеанские воды Камчатки и Северных Курил; *в* – восточная часть Охотского моря

опланктона являлась сеть ИКС-80, что делает имеющиеся материалы сравнимыми. На каждой станции осуществляли вертикальный облов толщи воды от дна или горизонта 200 м до поверхности. В последние годы получены данные о распределении икры минтая в глубоководных каньонах Восточной Камчатки и западной части Берингова моря на глубине до 900 м [Балыкин, 1997; Буслов, Тепнин, 2002], в связи с чем с 1999 г. в указанных районах глубина погружения сети увеличена до 500 м, а на отдельных станциях — до 1000 м.

Икру и личинок минтая отделяли от зоопланктона и учитывали их количественный состав. Стадии развития эмбрионов определяли по шкале Т.С. Расса [Расс, Казанова, 1966]. Количество икры на каждой станции приводили к 1 м<sup>2</sup>.

Кроме ихтиопланктонной, в последние 10–12 лет одновременно осуществляли гидрологическую съемку посредством термосолезонда, что дало сведения о температуре воды во время эмбриогенеза. Для расчета общего количества икры использовали пакет программ Surfer для ПК. Располагая данными о доле икры 1-ой стадии развития, определяли ее численность. Для того чтобы рассчитать суточную продукцию, нужны сведения о продолжительности эмбриогенеза. Ее определяли по формуле, предложенной О.Г. Золотовым с соавторами [1987]:

$$T = 38,9e^{-0,156t},$$

где  $t$  — средняя температура воды,  $T$  — продолжительность эмбриогенеза в сутках. Длительность 1-ой стадии мы принимали как 20% периода инкубации [Горбунова, 1951]. Разделив количество икры начальной стадии развития на ее продолжительность, получали суточную продукцию. Дальнейший ход расчетов иллюстрируется ниже на конкретных примерах.

Наибольшее внимание исследователей привлекает восточная часть Охотского моря, где располагается крупнейшее в азиатских водах Тихого океана нерестилище минтая. Ихтиопланктонные съемки в этом районе осуществлялись не только силами КамчатНИРО, но и ТИНРО-центра и ВНИРО. Соответственно ежегодно выполняется не менее 2 съемок, а в 1999 и 2001 гг. таковых было выполнено 4 и 5 соответственно.

Поскольку на протяжении всей путины проводятся наблюдения за биологическим состоянием минтая, довольно точно определяется продолжительность нерестового сезона. Так, установлено, что завершающая фаза приходится на конец мая [Фадеев, 1987]. Таким образом, к данным съемок можно добавить еще 2 точки с нулевой продукцией: начало и окончание (31 мая) икрометания. На рис. 2 показано изменение суточной продукции икры минтая в 1999 и 2001 г. Площадь под кривой даст нам общую продукцию за период нереста. Ее можно получить путем численного интегрирования. Располагая этим показателем, а также плодовитостью одной самки, соотношением полов и массой половозрелых рыб, можно определить численность и биомассу отнерестовавших производителей. Добавив число рыб, выловленных до нереста, получим нерестовый запас на начало путины или года. В качестве примера в табл. 1 и 2 приведены расчеты нерестового запаса 2001 г.

Осуществление нескольких съемок за нерестовый сезон позволило сделать вывод, что изменение суточной продукции икры удовлетворительно аппроксимируется уравнением третьей степени (см. рис. 2). Этот факт оказался весьма полезным в 2002 г., когда было выполнено всего две съемки, причем в близкие сроки (одна — КамчатНИРО, другая — ТИНРО-центром). Исходя из состояния половых продуктов минтая и соотношения стадий развития учтенной в ихтиопланктоне икры, было сделано заключение, что начало нереста пришлось на середину марта, а пик — на конец апреля. Таким образом, имелось четыре точки кривой нереста, которые, тем не менее, хорошо легли на график аппроксимирующего уравнения третьей степени (см. рис. 2).

При наличии данных 1–2 съемок, а также сведений о сроках начала и конца нереста, можно построить теоретическую кривую изменения суточной продукции и ориентировочно оценить количество выметанной икры и соответственно нерестовый запас. Непременным условием является совпадение сроков съемки и пика икрометания. Такой подход был использован в районах Восточной Камчат-

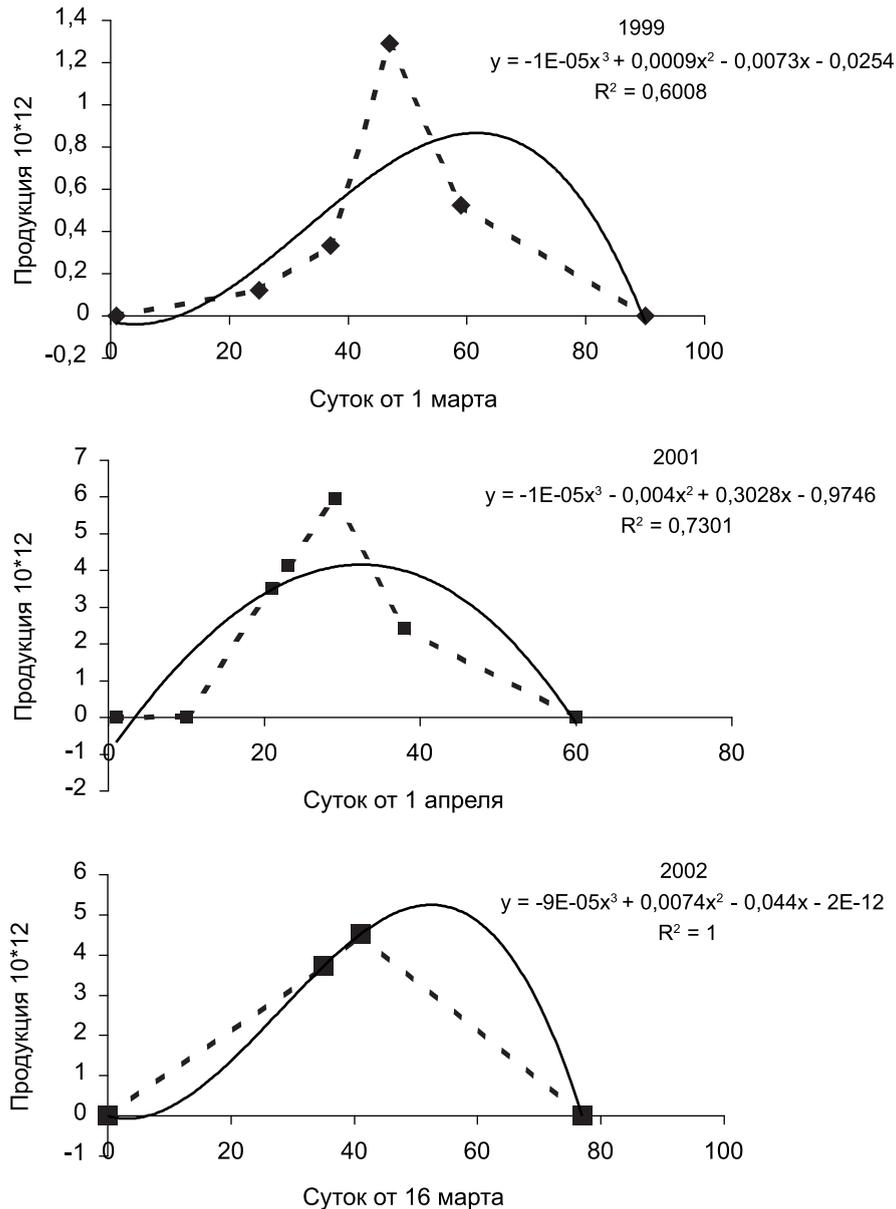


Рис. 2. Изменение суточной продукции икры минтая в восточной части Охотского моря

ки и западной части Берингова моря. Эти районы пользуются гораздо меньшим вниманием, поэтому ежегодно обычно силами КамчатНИРО выполняется одна ихтиопланктонная съемка. С тем чтобы работы были выполнены в разгар икрометания, сроки ее выбираются исходя из биологического состояния минтая в контрольных уловах. В 2002 г. съемки были выполнены: у Восточной Камчатки – 12–22 апреля, в западной части Берингова моря – 2–10 мая. В первом районе было учтено  $20,96 \times 10^{12}$  икринок минтая, что с учетом сведений о соотношении стадий развития икры и температуры воды дало расчетную суточную продукцию на момент съемки  $1,695 \times 10^{12}$  икринок. Поскольку известно, что съемка пришлась на пик нереста, общая продолжительность которого составляет 1,5 месяца [Антонов, Золотов; 1987], с достаточной долей уверенности можно принять, что за 22 суток до и через то же количество дней после средней даты съемки суточная продукция икры равнялась 0. Таким образом, мы получили три точки изменения интенсивности икрометания (рис. 3).

Известно, что этот процесс у восточнокамчатского минтая удовлетворительно описывается уравнением логнормальной кривой [Антонов, Золотов, 1987], для

Таблица 1

## Исходные данные для расчета суточной продукции икры минтая в 2001 г.

Сроки съемки	Количество учтенной икры 10 <sup>12</sup> , шт.	Доля 1-й стадии, %	Температура воды в слое 0–50 м	Продолжительность инкубации, сут.	Суточная продукция, 10 <sup>12</sup> шт.
8–12.04	0,231	75,23	–1,11°	46	0,023
13–30.04	32,530	88,60	–1,11°	46	3,521
17–29.04	42,849	79,98	–0,47°	42	4,141
27.04–2.05	89,901	54,37	–0,35°	41	5,958
6–10.05	53,065	33,08	+ 0,22°	38	2,431

Таблица 2

## Расчет нерестового запаса восточноохотоморского минтая в 2001 г.

Показатели	Значения
Количество выметанной икры, 10 <sup>12</sup> шт.	140,869
Средняя плодовитость самки, тыс. икр.	129,1
Численность отнерестовавших самок, млн	1091,0
Доля самцов среди половозрелых рыб, %	42,5
Численность производителей, млн	1897,3
Выловлено производителей до нереста, млн	703,1
Численность нерестового запаса до начала промысла, млн	2600,4
Средняя масса производителей, кг	0,406
Биомасса нерестового запаса до начала промысла, тыс. т	1059,4

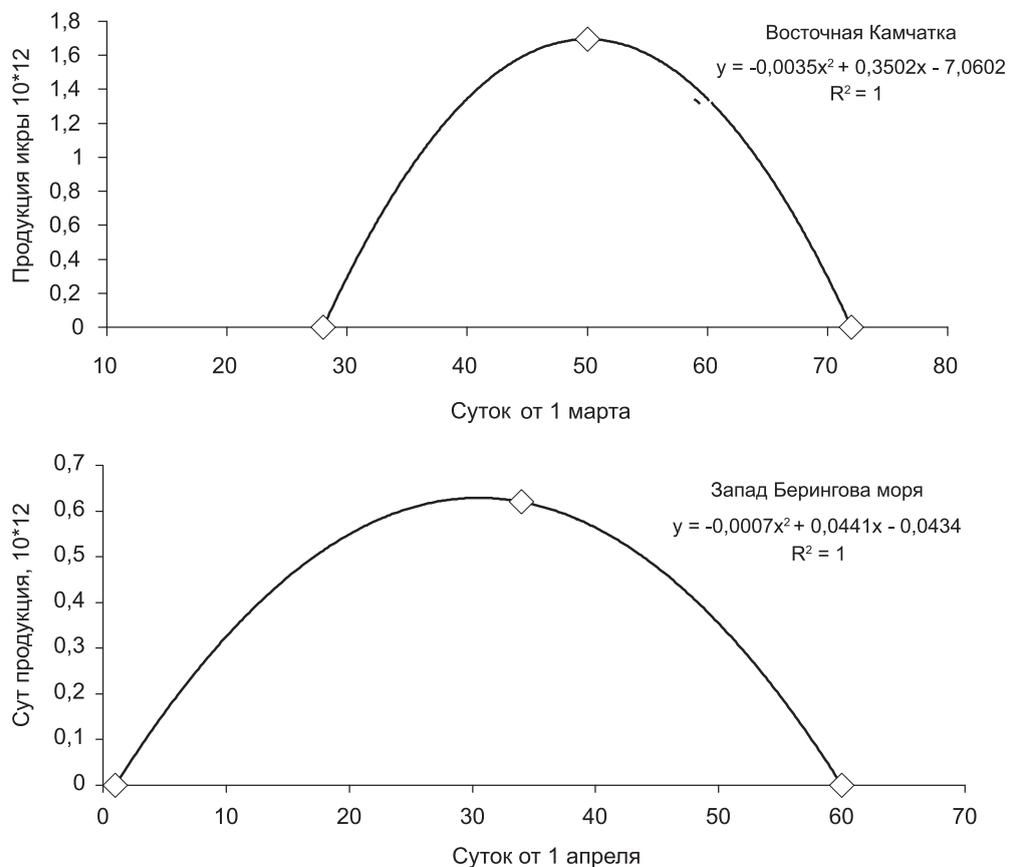


Рис. 3. Изменение суточной продукции икры минтая у Восточной Камчатки и в юго-западной части Берингова моря в 2002 г.

построения которой трех значений недостаточно. Поэтому мы рассчитали уравнение 2-ой степени, которое хорошо аппроксимирует наши данные (см. рис. 3). Площадь под кривой дала нам оценку общего количества икры, выметанного за нерестовый сезон –  $49,8 \times 10^{12}$ , располагая которой нетрудно определить примерную величину нерестового запаса согласно вышеприведенной схеме (см. табл. 2).

Аналогичным образом интерпретировали материалы по западной части Берингова моря. Общее количество развивающейся икры минтая в этом районе составило  $5,3 \times 10^{12}$ , а расчетная суточная продукция –  $0,62 \times 10^{12}$ . При определении сроков начала и конца икрометания исходили из того, что нерест минтая в западной части Берингова моря продолжается с начала апреля до конца мая, поэтому 1 апреля и 31 мая суточную продукцию икры можно считать равной 0. И в этом случае интенсивность икрометания выражается кривой, близкой к логнормальному распределению [Балькин, 1993], но недостаточное количество точек вынуждает вновь использовать уравнение 2-ой степени (см. рис. 3), проинтегрировав которое можно оценить суммарную продукцию икры минтая величиной  $25,8 \times 10^{12}$  шт., от которой нетрудно перейти к численности и биомассе производителей.

Очевидно, что достоверность полученных описанным порядком значений биомассы нерестового запаса можно оценить лишь путем сравнения с другими значениями, полученными методом прямого учета (табл. 3).

Таблица 3

**Биомасса популяций минтая прикамчатских вод, полученная методами прямого учета, тыс. т**

Год	Восток Охотского моря		Восточная Камчатка		Запад Берингова моря	
	Тралово-акустические съемки*	Икорные съемки	Донные траловые съемки	Икорные съемки	Тралово-акустические съемки*	Икорные съемки
1999	2001	766	–	–	–	–
2001	2338	1059	300	–	170	–
2002	1927	1353	358	247	–	120

\* Данные ТИНРО-Центра

При выполнении тралово-акустических съемок учитывается весь минтай, попадающий в трал, в том числе и молодь, не достигшая промысловых размеров и половой зрелости. Поэтому, на наш взгляд, полученные оценки нерестового запаса вполне адекватны и позволяют с уверенностью судить, по крайней мере, о качественном уровне категорий запаса: «высокий», «средний», «низкий».

### Литература

- Антонов Н.П., Золотов О.Г.** 1987. Особенности размножения восточнокамчатского минтая // Популяционная структура, динамика численности и экология минтая.– Владивосток: ТИНРО.– С. 123–131.
- Балькин П.А.** 1993. Изменчивость сроков нереста и смертность развивающейся икры у западноберинговоморского минтая (*Theragra chalcogramma* (Pallas)) // Исследования биологии и динамики численности промысловых рыб камчатского шельфа. Вып. 2.– Петропавловск-Камчатский.– С. 166–176.
- Балькин П.А.** 1997. Некоторые особенности экологии размножения минтая *Theragra chalcogramma* // Вопросы ихтиологии. Т. 37. № 2.– С. 265–269.
- Балькин П.А., Максименко В.П.** 1990. Биология и состояние запасов минтая западной части Берингова моря // Биологические ресурсы шельфовых и окраинных морей.– М.: Наука.– С. 111–127.
- Балькин П.А., Золотов О.Г., Сергеева Н.П.** 1999. Некоторые проблемы промысла минтая у Западной Камчатки // Проблемы охраны и рационального использования биоресурсов Камчатки: Докл. обл. науч.-о-практ. конф.– Петропавловск-Камчатский.– С. 25–30.
- Балькин П.А. и др.** 2002. Межгодовая динамика запасов минтая в восточной части Охотского моря и их современное состояние // Вопр. рыболовства. Т. 3. № 4(12).– С. 667–674.

**Булатов О.А.** 1988. Межгодовая изменчивость запасов восточноберинговоморского минтая // Изменчивость состава ихтиофауны, урожайности поколений и методы прогнозирования запасов рыб в северной части Тихого океана.— Владивосток: ТИНРО.— С. 4–16.

**Буслов А.В., Тетин О.Б.** 2002. Условия нереста и эмбриогенеза минтая *Theragra chalcogramma* (Gadidae) в глубоководных каньонах тихоокеанского побережья Камчатки // Вопр. ихтиологии. Т. 42. № 5.— С. 617–625.

**Варкентин А.И., Золотов А.О., Буслов А.В.** 2000. Недоучет вылова минтая как один из факторов снижения численности // Проблемы охраны и рационального использования биоресурсов Камчатки: Докл. обл. науч.-практ. конф.— Петропавловск-Камчатский.— С. 13–16.

**Горбунова Н.Н.** 1951. Икра минтая и ее развитие // Известия ТИНРО. Т. 34.— С. 89–97.

**Дехник Т. В.** 1986. Применение ихтиопланктонных методов для оценки биомассы нерестового стада рыб // Ихтиопланктон и его значение для познания ихтиофауны Мирового океана // Труды Института океанологии АН СССР. Т. 116.— С. 94–102.

**Золотов О.Г., Качина Т.Ф., Сергеева Н.П.** 1987. Оценка запасов восточноокеанского минтая // Популяционная структура, динамика численности и экология минтая.— Владивосток: ТИНРО.— С. 65–73.

**Золотов О.Г., Сергеева Н.П.** 1991. О формировании численности поколений восточноокеанского минтая // Рациональное использование биологических ресурсов Тихого океана: Тез. докл. Всесоюзной конф.— Владивосток: ТИНРО-центр.— С. 97–99.

**Золотов О.Г. и др.** 2000. Оценка запасов минтая традиционными и альтернативными методами // Проблемы охраны и рационального использования биоресурсов Камчатки.— Петропавловск-Камчатский: Камчатский печатный двор.— С. 128–130.

**Качина Т.Ф., Сергеева Н.П.** 1978. Методика расчета нерестового запаса восточноокеанского минтая // Рыбное хозяйство. № 12.— С. 13–14.

**Лисовенко Л.А.** 2000. Размножение рыб с прерывистым оогенезом и порционным нерестом на примере минтая Западной Камчатки.— М.: Изд-во ВНИРО.— 111 с.

**Расс Т.С., Казанова И.И.** 1966. Методическое руководство по сбору икринок, личинок и мальков рыб.— М.: Пищевая промышленность.— 44 с.

**Фадеев Н.С.** 1987. Нерестилища и сроки размножения минтая северной части Охотского моря // Популяционная структура, динамика численности и экология минтая.— Владивосток: ТИНРО.— С. 5–22.

**Фролов О.Н., Абакумов А.И., Читаева Н.Г.** 1990. Выбор рационального режима промысла на основе продукционных моделей (на примере двух популяций минтая) // Вопр. ихтиологии. Т. 30. № 2.— С. 286–295.

**Хилборн Р., Уолтерс К.** 2001. Количественные методы оценки рыбных запасов.— СПб.: Политехника.— 228 с.

**Kanamaru S., Kitano Y., Yoshida Y.** 1979. On the distribution of eggs and larvae of Alaska pollock in waters around Kamchatka peninsula // Bull. Hok. Reg. Fish. Lab. N. 44.— P. 1–23.

**Smith E.P., Richardson S.L.** 1977. Standard techniques for pelagic fish egg and larvae surveys. FAO. Roma.— 100 p.

УДК 639.2.053.7:639.223.5

## **Оценка запаса на основе проведения тралово-акустических съемок с визуальной регистрацией акустической записи (на примере минтая, в условиях промыслового судна)**

*В.В. Кузнецов (ВНИРО)*

Принимая во внимание ограничения имеющихся методик оценки численности минтая *Theragra chalcogramma*, а также большие возможности обследования акваторий, которые представляет использование промысловых судов, нами была разработана методика прямого учета запаса, основанная на проведении тралово-акустических съемок с визуальной количественной регистрацией состояния акустической записи. На основе этих регистраций рассчитываются индексы обилия

рыбы и определяется потенциальный улов во всей толще воды с использованием эмпирически установленной связи между уловами и индексами обилия рыбы в обловленном слое. Эта методика может быть применена и к другим массовым видам рыб: придонно-пелагическим, а также пелагическим, но неприменима к донным объектам, таким, как скаты, камбалы, палтусы и др.

Работа над методикой была начата в 1993–1994 гг. при обследовании скоплений минтая в районе Юго-Восточной Камчатки и в Беринговом море. В 1996 г. она была отработана и использована при ежегодном проведении съемок скоплений минтая в шельфовых водах Западной Камчатки в период до 2001 г. Сведения о ней и результаты применения частично опубликованы [Кузнецов и др., 1997; Котенев и др., 1998; Кузнецов, Грузевич, 2000; Кузнецов, 2001, 2001а; Кузнецов, Кузнецова, 2002]. Они многократно докладывались на ученых советах ВНИРО в 1996–2001 гг. В данном сообщении дается подробное изложение методики и приведен перечень основных полученных результатов.

Исследования минтая у Западной Камчатки были организованы по инициативе и проводились при активной поддержке директора ВНИРО Б.Н. Котенева. Компьютерную обработку данных и построение карт распределения выполнял А.К. Грузевич. В полевых работах по сбору материала помимо автора принимали участие В.К. Бабаян, А.К. Грузевич, П.А. Балькин и А.С. Кровнин. Е.Н. Кузнецова ежегодно осуществляла обработку материалов по возрастному составу минтая, активно участвовала в обеспечении проведения экспедиционных работ. Без сотрудничества в море и на берегу с этими и многими другими специалистами данная работа не могла быть выполнена.

Минтай относится к придонно-пелагическим рыбам, образует скопления как в пелагиали, так и у дна. При совершении миграций в направлении берега и обратно его скопления имеют тенденцию придерживаться одного и того же горизонта. Минтай – важнейший объект российского и мирового рыболовства, однако в последние годы на значительной части ареала (в водах Японии, у Курильских островов, Восточной Камчатки) его запасы находятся в депрессивном состоянии. В силу этого возрастают нагрузки на те немногие популяции (в Беринговом море, на севере Охотского), которые обеспечивают более высокие уловы, хотя их численность также претерпела значительные неблагоприятные изменения. В связи с этим возрастают требования к точности оценок величины запаса.

По имеющимся оценкам [Шунтов и др., 1993] с суперпопуляцией минтая северной части Охотского моря по численности и биомассе соизмерима только популяционная система минтая Берингова моря. Не вдаваясь глубоко в нерешенные вопросы популяционной структуры минтая Охотского моря [Пушников, 1978; Зверькова, 1981; Флусова, 1987; Шунтов и др., 1993], отметим установленный факт высокой обособленности его скоплений из южноохотоморского и североохотоморских районов воспроизводства. В северной части моря в соответствии с распределением основных нерестилищ выделяют североохотоморскую и восточноохотоморскую субпопуляции. Они соизмеримы по численности и биомассе, но различаются динамикой изменений этих показателей.

Изучение нерестового запаса восточноохотоморского минтая было начато в 1950-х гг., однако регулярные съемки Камчатским отделением ТИНРО (ныне КамчатНИРО) ведутся с 1972 г., ТИНРО-центром – с 1983 г. [Зверькова, 1969; Качина, Сергеева, 1978; Фадеев, 1986а, 1986б; Золотов и др., 1987; Фадеев, Смирнов, 1987]. Численность минтая определяется на основе учета количества его икры в ихтиопланктоне в районах нереста (методика Т.Ф. Качиной и Н.П. Сергеевой). При этом исходят из того, что основной нерест длится 1,5 мес. (март–середина апреля), поэтому съемки, выполненные в третьей декаде апреля, рассматриваются как репрезентативные. По учетной численности икры, средней плодовитости, доле отнерестившихся на момент съемки самок и соотношению полов рассчитывается численность и биомасса стада.

Получаемые оценки биомассы являются заниженными, поскольку смертность икры, а также появившиеся личинки, не включаются в расчет. Согласно О.А. Булатову [1986], смертность икры минтая в Беринговом море только на 1-й стадии

развития [по Т.С. Рассу, 1949] составляет 95%. Приблизительно такая же смертность икры минтая показана в зал.Аляска [Brodeur et al., 1996]. Аналогичные данные по смертности выметанной икры получены в отношении другого представителя семейства тресковых — атлантической трески *Gadus morhua morhua*. Наибольшая величина смертности отмечается в первые несколько дней после вымета. В связи с этим икра рано отнерестившихся рыб практически не учитывается. После завершения съёмок также может нерестоваться значительное количество производителей, о чем свидетельствует наличие высоких концентраций икры, в том числе на 1-й стадии развития, в районах нерестилищ в конце апреля–мае [Зверькова, 1987] и даже в июне [Фадеев, 1985].

Для подсчета абсолютной численности производителей по выметанной икре должны быть получены репрезентативные оценки относительной численности преднерестовых, нерестующих и отнерестившихся рыб. Получение таких оценок затруднительно в условиях неравномерного распределения запаса на огромной акватории.

Поскольку оценки численности по ихтиопланктонным съёмкам заведомо занижены, их близкое совпадение [Золотов и др., 1987] с результатами виртуально-популяционного анализа (ВПА) свидетельствует только о том, что и этот метод дает заниженные оценки, что вполне объяснимо. Полученные на основе учета ихтиопланктона оценки закладываются в прогноз и на их основе определяют ОДУ. Учетный вылов является единственной реальной основой для ВПА, поскольку необходимые для расчетов надежные данные о естественной смертности отсутствуют. Поэтому получается замкнутый круг: сколько определили по ихтиопланктону, столько потом выловили, а сколько выловили, столько затем учли в ВПА. Совпадение определяется принятыми процедурами расчетов и не является критерием правильности оценок.

В последние годы подход к икорным съёмкам изменился. Делаются попытки учесть весь объем выметанной икры на основе неоднократных съёмок, что в какой-то степени уменьшает указанную погрешность, связанную со смертностью икры. Однако этот подход сделал несопоставимыми данные прошлых лет с современными, поскольку фактически методика оценки численности по икре принципиально изменена. Учитывая растянутость нереста минтая, межгодовую и пространственную изменчивость времени массового нереста, на акватории Охотского моря необходимо проводить ряд съёмок (до 4–5) в течение сезона. Пока это условие не выполняется.

Посредством дисперсионного анализа данных было показано [Кузнецов, 1996], что общее разнообразие оценок численности минтая по икорным съёмкам в Северо-Охотоморской рыболовной подзоне за 1983–1992 гг. на 72% определялось методическими факторами, а влияние действительных колебаний численности на имеющемся материале статистически недостоверно. Результаты расчетов численности, основанные на упомянутой методике, могут рассматриваться лишь как индексы относительной численности минтая.

В течение ряда лет отсутствует реальная статистика вылова. Вылов рыбы определяется по продукции, и выбросы в расчет не принимаются. Неучтенный вылов не ограничивается теми выбросами, которые можно взять под контроль, а потому оценки реального вылова с внесением поправок на выбросы весьма и весьма приблизительны. В этих условиях основанные на статистике методы практически не могут дать надежных результатов.

Такие факторы, как ненадежность статистики, неучтенная естественная смертность, не влияют на результаты прямых методов учета, но и эти последние имеют свои ограничения. Чисто траловая съёмка малоприменима к минтаю в районе Западной Камчатки в силу особенностей его распределения. Минтай может концентрироваться у дна, а также в толще воды в том или ином слое. Одновременно может наблюдаться несколько слоев разной плотности. Траловая съёмка как донная, так и пелагическая может выявить только какую-то часть запаса.

Инструментальных гидроакустических съёмок у Западной Камчатки на момент начала настоящего исследования не проводилось. Проведение инструменталь-

ных оценок требует применения дорогостоящего оборудования, ограничивает скорость движения судна, сильно зависит от погодных условий, наличия плавающего льда. Проведение инструментальных оценок скоплений, находящихся непосредственно у дна, технически трудно осуществимо. Все это в целом ограничивает возможности обследования обширных промысловых акваторий.

### **Методика**

Прямой учет сложно распределенного запаса может быть выполнен посредством проведения тралово-акустических съемок с визуальной регистрацией акустической записи (АЗ) во всей толще воды при условии достаточно тесной связи между состоянием записи и результатами тралений. О возможности установления такой связи свидетельствует богатый рыбацкий опыт. Проводящий траление опытный промысловик, внимательно отслеживающий картину АЗ на экране промыслового эхолота, обычно хорошо представляет степень заполнения трала и тот улов, который он получит по завершении траления.

Тралово-акустические съемки с применением настоящей методики были проведены на оборудованных для проведения научных исследований японских промысловых среднетоннажных судах «Кайо Мару-28» и «Тенью Мару-78», работавших по научным программам.

Работа проводилась у Западной Камчатки между 52 и 57° с.ш. от территориальных вод до 153°30' в.д. В целом исследованиями был охвачен период с января по май, однако сроки начала и окончания работ менялись по годам. Суда были вооружены донными и пелагическими тралами, промысловыми эхолотами. В основном использовались судовые эхолоты KODEN CHROMASCOPE CVS-8806 («Кайо Мару-28») и FURUNO VIDEO SOUNDER, MODEL FCV-140 («Тенью Мару-78»). Преимущественно применялись донные тралы, имеющие следующие характеристики: расстояние между распорными досками в рабочем состоянии — 110–130 м, горизонтальное раскрытие собственно трала — 30–45 м, вертикальное раскрытие — 4,5–7 м, размеры досок — 2,7 × 4,15 м, минимальный размер ячеи в кутце — 57 мм. При проведении расчетов в качестве горизонтального раскрытия донного трала рассматривали расстояние между досками в рабочем состоянии.

Разноглубинный трал использовался преимущественно для получения проб рыб из пелагических скоплений, недоступных для донного траления.

**Схема проведения тралово-акустических съемок.** Принципиальная схема работы по рассматриваемой методике показана на рис. 1. В одном и том же районе целесообразно проведение ряда съемок. При этом отслеживаются изменения, происходящие в распределении скоплений и их плотности, определяется момент кульминации численности рыбы в данном районе, картируются места наибольшей плотности, основные нерестилища.

В 1996–1998 гг. в течение сезона производилось по пять съемок длительностью около 10 дней каждая. В 1999 г. ввиду недостатка судового времени удалось провести лишь одну съемку. В 2000 г. произведено три съемки, последняя из которых из-за ограниченности ресурсного обеспечения и судового времени была фрагментарной. В 2001 г. было произведено три съемки. За время работы на шельфе было выполнено 336 тралений, произведено 8120 регистраций состояния акустической записи.

При проведении съемок за основу было принято зигзагообразное движение судна. При определении конкретного маршрута движения судна учитывали предварительную информацию о распределении скоплений, наблюдаемый характер распределения, гидрологические данные, сведения о концентрациях промысловых судов. Опыт показывает, что минтай, вообще распределенный очень широко, в некоторых местах образует мощные, чрезвычайно плотные концентрации, и общая стратегия учета должна заключаться не в равномерном охвате съемкой всей акватории, на которой в данный момент распределено стадо, а в выявлении и учете наиболее значимых скоплений. Именно эти скопления определяют основную биомассу. Такая стратегия учета минимизирует общую его погрешность. Обследование акваторий, на которой встреча значительных скоплений минтая

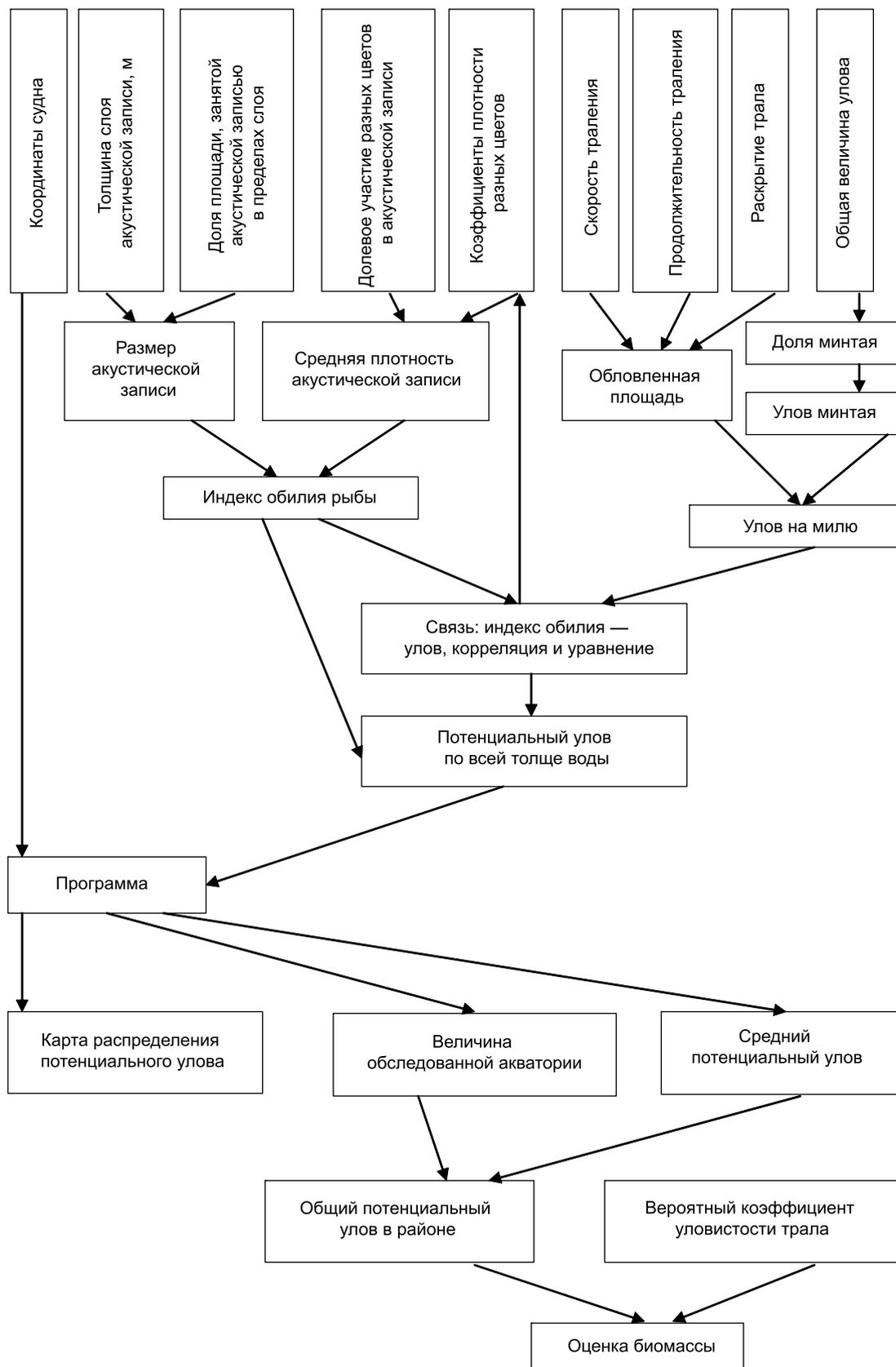


Рис 1. Принципиальная схема проведения тралово-акустической съемки

маловероятна, может быть менее тщательным, чем тех, где предполагается наличие таких скоплений (рис. 2).

Протяженность галсов в широтном направлении определяется наличием и протяженностью рыбных концентраций. На каждом галсе необходимо полностью

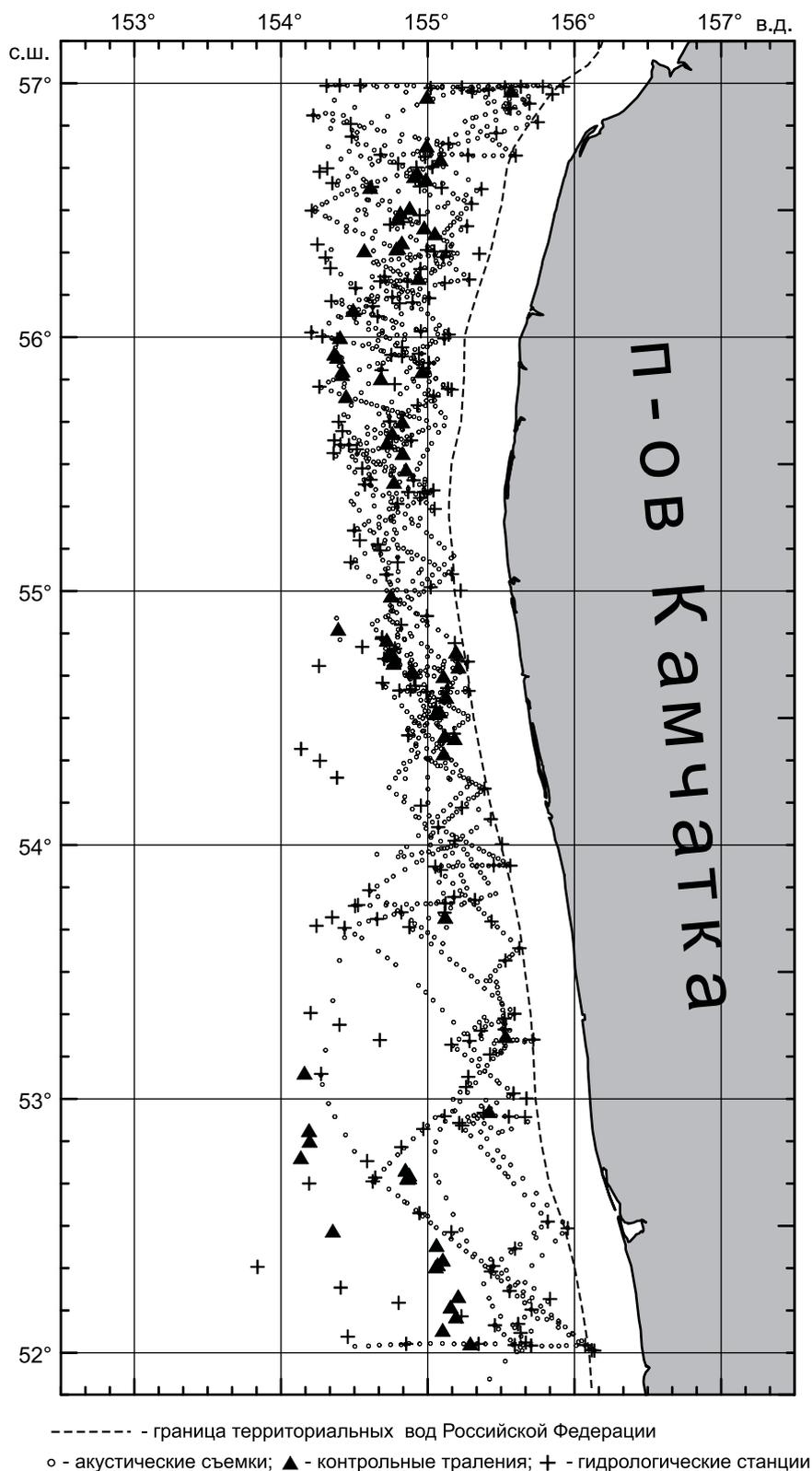


Рис. 2. Схема экспедиционных исследований НИС «Кайо Мару-28». Январь–апрель 1997 г.

пройти все значительные скопления. Движение от береговой стороны в направлении открытого моря по возможности начинали от области, где АЗ практически не было, а заканчивали движение и закладывали очередной галс тогда, когда в районе больших глубин АЗ практически или полностью исчезала (движение «от нуля до нуля»). При такой съемке есть уверенность, что где-то ближе к берегу или в области больших глубин не осталось значительное неучтенное скопление.

**Техника регистрации АЗ.** При регистрации АЗ фиксировали время и место проведения наблюдения, положение в пространстве и размерность скоплений, а также состав цветовых составляющих, характеризующий плотность записи этих скоплений. Например, вся запись могла располагаться в слое, ограниченном изобатами 200–210 м. Размерность записи определяется как толщиной слоя, в котором она располагается, так и долей той площади, которая приходится собственно на АЗ, от общей площади данного слоя в пределах экрана. Эта доля варьируется в пределах от 0 (нет записи вообще) до 1 (весь слой на экране в данный момент заполнен записью). Долевое участие разных цветовых компонентов записи варьируется в широких пределах. Однотонной может быть только очень незначительная АЗ.

Регистрация упомянутых характеристик АЗ позволяет получить индексы обилия рыбы, представляющие собой относительные, сопоставимые между собой характеристики.

**Работа с разными эхолотами, их настройка.** Работа по визуальной регистрации АЗ имеет свои особенности, определяемые характеристиками того эхолота, которым оборудовано судно. Характер АЗ скоплений рыб зависит также от настройки эхолота.

KODEN CHROMASCOPE CVS-8806 («Кайо Мару-28») имел 16 градаций настройки чувствительности. Цветовая шкала этого эхолота включала следующие семь цветов: синий, белый, зеленовато-голубой, зеленый, желтый, красный и темно-красный. При повороте рукоятки настройки на одно деление в направлении уменьшения чувствительности настройки объекты, означенные синим цветом, исчезали, белые становились синими, частично же исчезали, зеленовато-голубые становились преимущественно белыми и т.д. Перед началом съемок необходимо выбрать градацию настройки и не менять ее в процессе всей работы при регистрации АЗ. Однако когда регистрации не производится, при увеличенной чувствительности настройки можно наблюдать более разреженные скопления. Нередко ленточное разреженное скопление тянется к нерестовому участку, где концентрация рыбы многократно возрастает.

При выборе настройки ориентировались на диапазон изменчивости плотности скоплений. Вся цветовая гамма шкалы эхолота задействуется в широком диапазоне градаций настройки. При чуткой настройке учету могут быть подвергнуты разреженные скопления, однако при этом темно-красный цвет (соответствующий наибольшей плотности скоплений) получает большое место в общей картине записи и становится очень «емким»: ему соответствует чрезмерно широкий диапазон плотности скоплений. В результате точность регистрации плотности снижается.

При выборе настройки учитывали опыт промысловиков. Та настройка, которая их устраивает в промысловой работе, обычно пригодна для проведения съемок. Применительно к KODEN CHROMASCOPE CVS-8806 настройка чувствительности выше градации «4» показывает как значимые такие скопления, которые «не стоят траления». При настройке, соответствующей градациям «3» или «4», в большинстве скоплений темно-красный цвет занимает довольно скромное место и оказывается не слишком «емким».

Учет записи синего цвета на голубом фоне представляется затруднительным, и такую запись мы не принимали во внимание. По следующим двум причинам это практически не сказывалось на результатах учета: 1) такая запись соответствует разреженным концентрациям, мало влияющим на общую величину индекса обилия; 2) при наличии записи других цветов рыба, отображаемая АЗ синего цвета, а также вообще невидимая, все же оказывается учтенной, что определяется характером методики, как это будет видно из дальнейшего изложения.

Судно «Тенью Мару-78» было оборудовано эхолотами MEMO COLOR mark-II, KAIJO DENKI Co., LTD и FURUNO VIDEO SOUNDER, MODEL FCV-140, FURUNO ELECTRONIC Co., LTD. Производство тралово-акустической съемки с использованием этих эхолотов оказалось сложнее, чем с использованием KODEN CHROMASCOPE CVS-8806. Эхолот MEMO COLOR имеет шкалу из семи цветов, долевого участие которых в формировании записи регистрировать достаточно удобно, однако большим его недостатком явилось обнаруженное нами нарушение соответствия между цветом записи и плотностью распределения рыбы в придонном слое толщиной до 1–2 м. Трудности работы с FURUNO VIDEO SOUNDER определялись сложностью шкалы, включающей 15 цветовых градаций, и трудностью определения границы между небольшим донным скоплением (с вертикальным развитием до 1–2 м) и грунтом. В начале работы мы учитывали характер записи на обоих эхолотах, с тем чтобы со временем выбрать более пригодный. Сначала предпочтительным представлялся MEMO COLOR, однако в связи с его практической непригодностью для регистрации небольших по вертикальному развитию, но плотных придонных скоплений, все оценки были сделаны на основе использования эхолота FURUNO VIDEO SOUNDER. Именно этот эхолот в основном использовал управляющий промыслом.

Поскольку регистрировать все 15 градаций цветовой шкалы FURUNO VIDEO SOUNDER практически невозможно, значительная часть из них была объединена в удобные для восприятия группы (например, разные тона голубого легко отличать от тонов зеленого). В результате вся шкала была разбита на восемь цветов или цветовых групп, удобных для восприятия и регистрации.

**Процедура регистрации записи** сводилась к следующим операциям:

1. Регистрация времени (дата, часы, минуты), места (географические координаты) проведения операции, скорости и направления движения судна, поверхностной температуры, глубины.

2. Выделение на экране слоев, максимально однородных в отношении характеристик АЗ.

3. Определение доли площади, фактически занимаемой АЗ, от общей площади каждого выделенного слоя.

4. Балловая оценка долевого участия разных цветов в составе АЗ в каждом из выделенных слоев. При этом характер используемой шкалы не имеет значения, важно лишь, чтобы балловые оценки правильно отражали соотношение долей. Можно использовать пятибалльную, десятибалльную шкалу или какую-либо другую. Слишком грубая шкала, например трехбалльная, часто не может отразить наблюдаемые цветовые соотношения. В разных регистрациях может быть использована разная шкала. Результат от этого не зависит. Приводим простой образец записи неплотного скопления, расположенного у дна: 26.03.01; 17–02; 56°02.5–154°16.7; 13,8 у; 299°; –1.4 °С; 232 м. 15–220 м – 0; 220–232 м – 0,20; белый – 3, зеленовато-голубой – 5, зеленый – 1, желтый – 1.

Визуальный характер регистрации записи не означает, что оценки производятся непосредственно глазом. Необходимо использовать все доступные способы, чтобы сделать эти оценки объективными. Хорошо зная структуру экрана, большую часть показателей можно получать путем подсчетов и измерений, используя те приспособления, которыми оснащен экран, дополнительные мерные линейки, ручную лупу, калькулятор. При таком подходе к визуальной оценке воспроизводимость результата оказывается высокой. Это проявляется, например в том, что при работе на ленточном скоплении, характеристики которого длительное время не меняются, соседние регистрации характеризуются очень близкими индексами обилия. При возвратном движении судна и повторной съемке только что пройденных участков также получают прежние оценки.

Целесообразно вести непрерывную регистрацию записи в процессе движения судна. Характер записи, а также уловистость трала сильно различаются в дневное и ночное время. Регистрация состояния акустической записи проводилась одним оператором в течение светлого времени суток во всей толще воды, исключая поверхностный 10–15-метровый слой, где минтай практически отсутствовал. Каждая

регистрация представляет собой характеристику состояния записи на протяжении 2–5 миль, пройденных судном, однако она привязывается к какой-то конкретной географической точке, приблизительно соответствующей середине регистрируемой записи. В процессе съемки картина на экране должна регистрироваться как при наличии, так и при полном отсутствии записи. Нельзя также выборочно регистрировать только наиболее впечатляющую запись — при этом неизбежно значительное, может быть, многократное завышение количества рыбы. Если регистрация будет проводиться не одним оператором, необходимо проведение совместных работ разных операторов до получения воспроизводимости результатов.

**Регистрация данных при тралениях.** В результате учета всего объема АЗ, наблюдаемой в процессе съемки, собираются первичные данные для определения относительных индексов обилия рыбы, однако для перехода от индексов к потенциальному улову и биомассе необходимо установить связь между средним индексом обилия рыбы в обловленном слое и уловом трала (с учетом обловленной площади). Для этого при выполнении дневных тралений должна быть отслежена вся АЗ того слоя, который облавливается тралом (толщина слоя определяется вертикальным раскрытием трала). При многочасовых (промысловых) тралениях приходится делать множество регистраций. Это весьма напряженная и трудоемкая работа, однако ввиду неравномерного распределения скоплений нельзя ограничиваться отдельными выборочными регистрациями. Основной улов может быть получен за короткое время при прохождении плотного скопления, а выборочные регистрации могут не отразить этого момента.

Регистрировались следующие данные о тралении.

1. Время и координаты при постановке трала на грунт (начало траления).
2. Время и координаты при поднятии трала с грунта (конец траления).
3. Скорость движения с тралом; последняя сильно варьируется в зависимости от различных условий, поэтому необходимы многократные регистрации для получения реальной величины средней скорости траления. Регистрируемая судоводителем в журнале скорость траления весьма приближительна.

На основе этих регистраций определяется длительность и средняя скорость траления, что дает возможность определить обловленную площадь.

Для определения связи между индексами обилия и уловами необходимо произвести обловы скоплений при широком диапазоне характеристик их записи: как при полном ее отсутствии, так и при записи, заполняющей весь обловленный слой. Так же тралениями должен быть охвачен максимально широкий диапазон плотности скоплений. При таком сборе материала полученные индексы обилия и уловы варьируются в очень широких пределах и факториальная дисперсия полученных значений (определяемая связью «индекс–улов») оказывается существенно выше случайной. Соответственно, коэффициент корреляции между индексом и уловом оказывается высоким. При уменьшении диапазона изменчивости индексов обилия доля факториальной дисперсии и соответственно коэффициент корреляции снижаются, а доверительный интервал линии регрессии, получаемой для перехода от индекса к улову, расширяется. При облове скоплений приблизительно одной размерности и плотности, связь между индексом и уловом практически не может проявиться, и основная доля дисперсии полученных значений будет определяться случайными для данного исследования факторами (погрешности в оценке индекса, определении величины улова, изменчивость уловистости трала в зависимости от различных факторов и др.).

Траления, производимые для выяснения связи между индексом обилия и уловом, должны проводиться на скоплениях рыб приблизительно тех же размеров, которые преобладают в районе съемки. Если траление проводить там, где присутствует необычно большое количество мелкой рыбы (молодь минтая, мойва и т.п.), полученное значение улова окажется низким относительно величины индекса ввиду резкого уменьшения коэффициента уловистости трала при работе на таком скоплении.

**Регистрация улова.** После подъема трала осуществляется тщательная регистрация данных об улове. Данные о площади и объеме приемных емкостей имеют

ся в судовой документации, но эти емкости перед началом работ целесообразно подвергнуть контрольному обмеру. Необходимо также обеспечить достаточное их оснащение мерными линейками. Регистрация данных об улове осуществлялась объемно-весовым методом с использованием этих линеек. Уровень рыбы в каждой емкости определялся на основе не менее двух измерений. Видовой состав улова, доля и абсолютный улов минтая определялись на основе неселективного взвешивания части улова. Расчет улова проводился на квадратную милю.

**Обработка первичных данных** включала следующие основные операции.

1. Количественная оценка АЗ как произведения толщины слоя (м) на долю площади, занимаемой АЗ в данном слое (в приведенном выше примере это произведение составит 2,4).

2. Подбор и проверка на эмпирической основе коэффициентов плотности разных цветов АЗ (пояснения ниже).

3. Определение средней плотности АЗ в слое как суммы произведений коэффициентов плотности разных цветов на балловые оценки их долевого участия, деленной на общее число зарегистрированных баллов (как уже упоминалось, частное имеет одно и то же значение вне зависимости от принятой шкалы).

4. Расчет индекса обилия рыбы в каждом слое как произведения средней плотности на оценку по пункту 1.

5. Определение общего индекса обилия как суммы индексов во всех слоях.

6. Определение уравнения связи между средним индексом обилия рыбы в обловленном слое и уловом минтая (т/миля<sup>2</sup>) по данным об отслеженных тралениях.

7. Определение потенциального улова минтая для каждой регистрации съемки по уравнению.

8. Построение карт распределения, расчет обследованной акватории, среднего и общего потенциального улова с использованием компьютерных программ.

9. Оценка биомассы как частного от деления общего потенциального улова на коэффициент уловистости трала.

В табл. 1 приведен простой образец регистрации АЗ и расчета общего индекса обилия двухслойного скопления минтая, расположенного в толще воды.

Таблица 1

**Образец регистрации акустической записи и расчета общего индекса обилия двухслойного скопления минтая в толще воды**

Диапазон глубин, м	Доля АЗ в слое	Цвета, балловые оценки их долевого участия	Размер записи	Индекс обилия
15-105	0	нет	0	0
105-137	0,096	Темно-красный – 3, зеленый – 1	3,072	76,80
137-223	0	–	0	0
223-235	0,5	Светло-красный – 1, зеленый – 3	0,6	42,00
235-516	0	нет	0	0
15-516	Оценка не дается	Оценка не дается	Оценка не дается	118,80

Толщина верхнего слоя с наличием записи составила 32 м, доля записи в нем определена в 0,096. Умножением этих величин получаем размер записи (3,072). Запись двухцветная. Коэффициенты плотности для цветов (об их определении см. ниже): темно-красный – 32, зеленый – 4. Средняя плотность записи:  $(32 \times 3 + 4 \times 1)/4 = 25$ . Индекс обилия рыбы в верхнем слое:  $3,072 \times 25 = 76,8$ .

Толщина другого слоя – 12 м. Доля записи в слое составила 0,5. Размер записи:  $12 \times 0,5 = 6,0$ . Запись также двухцветная. Коэффициенты плотности составляющих запись цветов – 16 и 4. Средняя плотность записи:  $(4 \times 3 + 16 \times 1)/4 = 7$ . Индекс обилия в слое:  $6,0 \times 7 = 42,0$ .

Общий индекс обилия рыбы в толще воды составил 118,8 условных единиц.

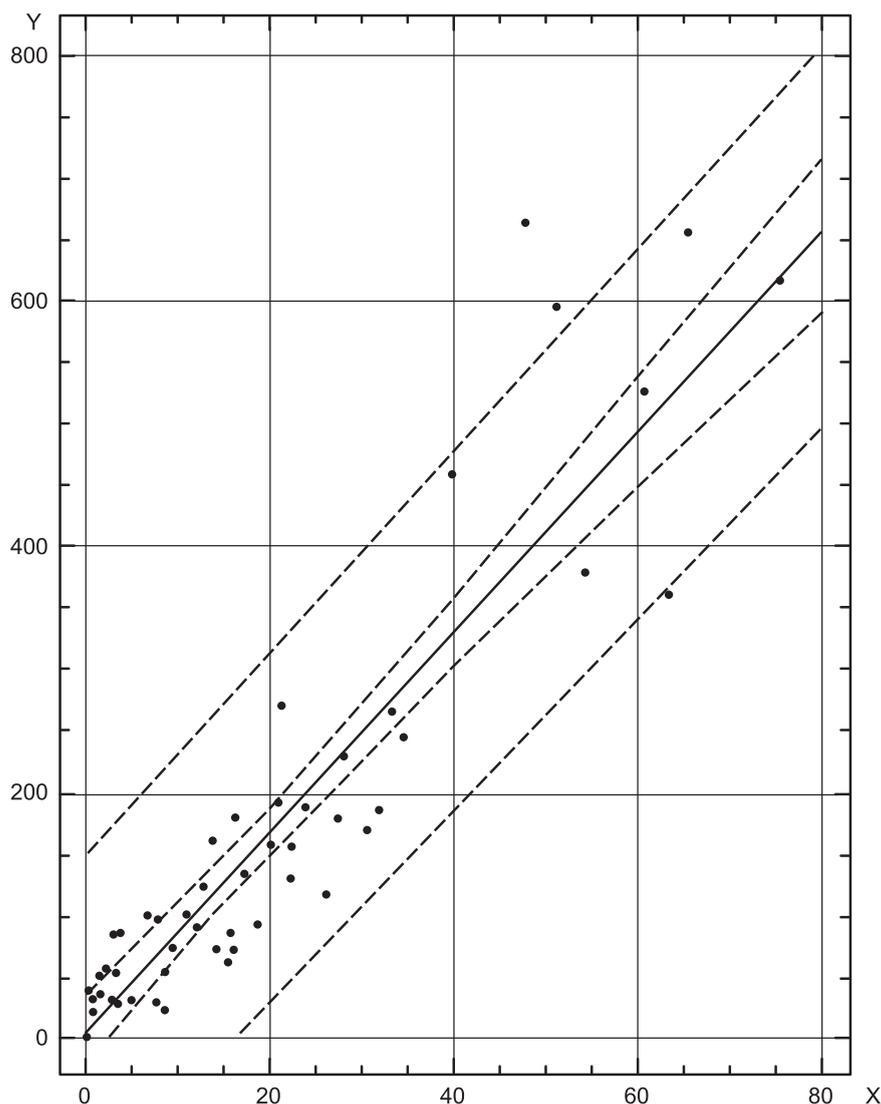
**Определение коэффициентов плотности градаций цветовой шкалы эхолота.** Применительно к KODEN CHROMASCOPE CVS-8806 на основе консультаций со специалистами японской стороны и пробных расчетов мы пришли к заключению, что при переходе от белого цвета к голубому и далее плотность скоплений нарастает в соответствии с геометрической прогрессией со знаменателем 2. Корреляционный анализ уловов и индексов обилия рыбы в слое, обловленном тралом, показал, что этот вариант обеспечивает наибольшую силу связи. В итоге были определены следующие коэффициенты для разных цветов: белый – 1, зеленовато-голубой – 2, зеленый – 4, желтый – 8, светло-красный – 16, темно-красный – 32. Следует отметить, что действительный диапазон плотности скоплений значительно превосходит указанный цифровой диапазон. Нередко темно-красный цвет означает скопления, плотность которых соответствует более высокому коэффициенту, чем 32. В этом легко убедиться, вращая рукоятку настройки чувствительности. Если при уменьшении чувствительности настройки значительная часть записи скопления остается темно-красной, значит, коэффициент плотности такого скопления более высок. Можно выделить и попытаться учесть и более плотные участки скоплений, введя дополнительные коэффициенты (64 и более), однако это усложнит и без того трудную работу по визуальной регистрации записи, и погрешность общей оценки может даже возрасти.

При работе с FURUNO VIDEO SOUNDER, MODEL FCV-140, исходя из ранее принятого и оправдавшего себя диапазона плотностей (1–32) и количества цветных градаций шкалы, был найден знаменатель такой геометрической прогрессии, первый член которой равен единице, последний равен 32, а число членов – числу градаций шкалы эхолота. Затем для каждой градации определен коэффициент плотности, а для объединенных цветных групп подсчитан средний коэффициент.

Выбор процедуры подбора коэффициентов не имеет принципиального значения. Их можно получать перебором многочисленных вариантов, однако использование логических схем ускоряет процесс их нахождения. Критерием правильности коэффициентов плотности является величина коэффициента прямолинейной корреляции между индексом обилия рыбы в обловленном слое и величиной улова. Несоответствие коэффициента действительной плотности имеет результатом уменьшение связи между индексом обилия и уловом. После получения достаточно высокого коэффициента корреляции между индексом обилия и уловом дальнейшие усилия по уточнению коэффициентов не дают ощутимого улучшения результата, поскольку уточнение касается незначительных долей.

**Определение связи: индекс обилия – улов.** Чем больше отслежено тралений и в большем диапазоне плотности скоплений они проведены, тем более надежна оценка связи между индексами обилия и уловами. Всего за исследованный период было отслежено 226 тралений. Определялась связь между индексами обилия и уловами всех рыб и отдельно минтая. Поскольку основную запись и основные уловы обеспечивал минтай, полученные для всех рыб и для минтая коэффициенты различались мало. Коэффициенты корреляции между индексами обилия рыбы в обловленном слое и уловами минтая варьировались по годам от +0,70 до +0,91, при  $p < 0,001$  в пяти случаях,  $p < 0,01$  – в одном. Наличие связи обеспечивало базу для определения потенциального улова по индексам обилия (рис. 3). Так, в 1997 г. связь между индексом и уловом минтая ( $r = +0,91$ ;  $p < 0,001$ ;  $n = 55$ ) описывалась формулой:  $y = 8,13x + 6,12$ , где  $x$  – индекс обилия,  $y$  – улов в т на милю<sup>2</sup>.

**Показатели, характеризующие количество рыбы и ее распределение.** Под потенциальным уловом понимается вылов минтая на обследованной акватории, который мог быть получен в результате однократного облова всей толщи воды тралом, характеризующимся уловистостью, свойственной использованному нами тралу при работе в придонном горизонте. Потенциальный улов в указанном смысле меньше биомассы и меньше того улова, который фактически может быть получен в водоеме за счет неоднократного облова плотных концентраций. Если фактический улов превышает определенный нами потенциальный, это означает, что доля изъятия превышает коэффициент уловистости использованного нами трала.



**Рис. 3.** Связь между индексами обилия (X, условные единицы) и уловами минтая (Y, т/миля<sup>2</sup>), 1997 г.

Наличие линейной связи позволяет использовать полученное уравнение для всех плотностей и проводить пересчет индексов обилия на потенциальный улов для любой регистрации в пределах района, где реализуется найденная зависимость. Компьютерная обработка данных регистраций позволяет определить общий потенциальный улов в районе, обследованную площадь, средний потенциальный улов и построить карты распределения потенциального улова. Путем деления потенциального улова на коэффициент уловистости трала можно получить оценку биомассы.

Хотя в уравнении связи может быть положительный свободный член, свидетельствующий о наличии рыбы при отсутствии АЗ (ситуация вполне реальная), все же при отсутствии АЗ потенциальный улов принимался равным нулю. Акватории с отсутствием АЗ редко обследуются тралениями. В некоторых местах при отсутствии записи имеются разреженные скопления минтая, в других — минтая практически нет. Имея в виду осторожный подход к оценке запасов, более корректно принимать, что на тех акваториях, где эхолот не показывает скоплений, минтая нет.

**Репрезентативность полученных данных.** Следует рассмотреть несколько источников погрешности применяемой методики, а также степень соответствия полученных данных той информации, которая может быть получена из альтернативных источников.

Погрешность, связанная с подбором коэффициентов плотности разных цветов, минимизируется посредством численного экспериментирования с сопоставлением получаемых индексов обилия с величиной улова.

При работе с эхолотом MEMO COLOR выявилось нарушение соответствия между плотностью скопления в тонком придонном слое и цветовой характеристикой его записи, но эта трудность была преодолена посредством использования FURUNO VIDEO SOUNDER, лишенного этого недостатка.

В нижней части экрана эхолота обычно дается увеличенное изображение узкого придонного слоя записи. В этой части экрана изображение записи ведется от уровня поверхности дна, т.е. рельеф дна здесь не показан. При этом нижнюю, наиболее плотную часть скопления прибор нередко интерпретирует как выпуклость дна. В результате размер скопления занижается, выпадает наиболее плотная его часть. Это может привести к значительному занижению индекса обилия. В таких случаях нужно ориентироваться на показания верхней (основной) части экрана, а также показания самописца, которые показывают АЗ и рельеф дна.

Высокие коэффициенты корреляции индекса обилия с уловом являются критериями правильности подобранных коэффициентов. На протяжении каждого траления сочетание цветов АЗ непрерывно изменяется в широких пределах, также как и индексы обилия. Характер распределения рыб зависит от их размерно-возрастного состава, биологического состояния, сезона, времени суток, состояния погоды и т.п., однако при правильно подобранных коэффициентах вне зависимости от характера распределения рыб (и соответственно цветовой гаммы АЗ) сохраняется тесная прямолинейная связь между индексом обилия и уловом. Нередко приходится наблюдать ленточные скопления, которые то уплотняются (при этом их вертикальное развитие уменьшается, а цвет АЗ меняется), то снова несколько рассредоточиваются, но индексы обилия на соседних регистрациях сохраняют устойчивость.

Погрешность, связанную с определением индекса обилия и его пересчетом на потенциальный улов, можно оценить на основе доверительного интервала для линии регрессии. На рис. 3 показаны два 95-процентных доверительных интервала. Узкий интервал определяет возможные состояния линии регрессии, широкий относится к индивидуальным значениям. Для оценки средней погрешности необходимо использовать узкий интервал. Согласно ему погрешность в области средних и высоких значений, наиболее важных в данном исследовании, составляет приблизительно 8–12%, т.е. невелика по сравнению с величиной наблюдаемых изменений.

В общем при уменьшении запаса эта погрешность возрастает. Уменьшается общий размах изменчивости индексов обилия и уловов, а доля факториальной дисперсии (связанной с зависимостью «индекс–улов») в общей картине изменчивости индексов и уловов уменьшается. Кроме того, при уменьшении запаса минтая возрастает доля других рыб в улове. Наиболее высокие коэффициенты корреляции между индексами и уловами были получены при относительно высоком уровне запаса (1996–1997 гг.).

Как уже упоминалось ранее, в процессе съемок не регистрируются разреженные скопления, обозначенные синим цветом или вообще невидимые на экране при заданной настройке эхолота. Однако этот невидимый минтай все же учитывается в съемках, так как он облавливается в процессе контрольных тралений и имеет свое доленое участие в формировании той зависимости между индексом и уловом, которая используется в расчетах потенциального улова.

Существует погрешность, связанная с наличием невидимого на экране минтая непосредственно у дна. При низком уровне запаса минтай в районах нереста продолжает образовывать плотные концентрации, но они нередко характеризуются очень малым вертикальным развитием (часто менее 1 м). Такие скопления трудно учесть, так как их изображение на экране сливается с изображением поверхности дна. Недочет таких скоплений при производстве контрольных тралений приводит к увеличению свободного члена получаемого уравнения регрессии. Недочет их в процессе съемок способствует занижению оценок. Такая погреш-

ность в съемках 1996 г. практически отсутствовала, в 1997 г. была сравнительно невелика, но существенно возросла в 1998 г. Данные скопления, трудно учитываемые с помощью акустики, хорошо регистрируются донной траловой съемкой.

При проведении тралений в пелагиали разноглубинным тралом нами также проводилась регистрация АЗ. Даже на малом числе таких тралений намечается хорошая связь между индексом обилия рыбы в обловленном слое и уловом. При этом отсутствует источник погрешности, связанный с наличием плотных донных скоплений малой размерности.

В 1998–1999 гг. существовал еще один серьезный источник погрешности, связанный с появлением слоев АЗ «неминтайного» типа в толще воды. Контрольные траления показали, что эта АЗ связана со скоплениями сахалинской камбалы (лиманды) *Limanda sachalinensis* [Кузнецов, Кузнецова, 2002], имеющей склонность к пелагическому образу жизни. По характеру записи и ее дислокации в толще воды нам обычно удавалось отличать запись «камбального» типа от таковой «минтайного». На дне камбала записи практически не дает, поэтому не создает помех в процессе съемок минтая.

Неизбежная погрешность, связанная с выборочным характером исследования, в наших съемках относительно невелика, поскольку количество наших регистраций на порядок выше количества тралений, производимых в процессе траловых съемок.

**Оценка реальности данных посредством альтернативного подхода.** Основное возражение против полученных нами оценок, выдвигавшееся в первые годы проведения съемок, заключалось в том, что не могла численность минтая за 1 год, с 1996 по 1997, сократиться в 2,9 раза. Что же мы видим по данным икорных съемок, проводимых ТИНРО-центр и КамчатНИРО. В табл. 2, 3 показано количество икры и отнерестившихся производителей в указанные два года.

Количество учтенной икры сократилось в 2,9 раза, что показывает полное совпадение с нашей оценкой. Количество отнерестившихся производителей сократилось в 3,2 раза (еще больше, чем у нас). Обвальное падение численности производителей минтая от 1996 к 1997 г. показывают также данные икорных съемок в Северо-Охотморской подзоне Охотского моря (см. табл. 3). От начала к середине 1990-х гг. численность отнерестившихся производителей сократилась в 1,5 раза, от 1996 к 1997 г. количество выметанной икры сократилось в 2,8 раза, а численность отнерестившихся производителей – в 4,8 раза. Таким образом, данные наших съемок согласуются с тенденцией снижения численности нерестовых особей, полученной по ихтиопланктонному методу.

Таблица 2

**Изменение численности выметанной икры и производителей восточноохотоморского минтая**

Год	Кол-во икры, 10 <sup>12</sup>	Плодовитость, 10 <sup>3</sup>	Доля самок, %	Отнерестовало производителей, 10 <sup>6</sup>
1996	447,4	165,9	50,0	5394
1997	154,2	164,0	55,5	1694

Таблица 3

**Изменение численности выметанной икры и производителей минтая в Северо-Охотморской подзоне**

Год	Кол-во икры, 10 <sup>12</sup>	Плодовитость, 10 <sup>3</sup>	Доля самок, %	Отнерестовало производителей, 10 <sup>6</sup>
1991	194,2	187,4	35,6	2910
1992	205,2	145,6	41,5	3396
1995	112,6	129,7	41,8	2077
1996	182,6	146,8	59,0	2108
1997	65,11	228,5	65,4	436

Несостоятельность мнения, выдвигавшегося в 1996 г. некоторыми специалистами, о значительном завышении запаса нашими съемками показало дальнейшее развитие событий. Темп последующего уменьшения уловов значительно отставал от обвального падения запаса. Такое явление могло наблюдаться только при условии принятия заниженной исходной (на момент 1996 г.) величины запаса. Имелся еще значительный неучтенный резерв, который и выбирался в последующие годы.

**Оценка биомассы.** Оценку биомассы можно получить на основе учета коэффициента уловистости трала. Обычно для донного трала без особых обоснований принимается коэффициент уловистости 0,4. Учитывая очень большую неопределенность в отношении данного вопроса, при проведении внутрисезонных и межгодовых сравнений мы в основном использовали величину потенциального улова. Наряду с этим сделали попытку очень приблизительной оценки коэффициента исходя из полученных данных за 1998 г.

Принимаем с недооценкой, что биомасса на начало путины равна сумме: улов за путину + биомасса в конце путины. Отношение максимального наблюдаемого потенциального улова во всем исследованном районе к биомассе даст коэффициент уловистости трала. Недооценка биомассы определяется тем, что остаточная биомасса выше потенциального улова. Величина этой недооценки тем меньше, чем более интенсивно осуществляется вылов. Максимальный наблюдаемый потенциальный улов в первом приближении характеризует общее состояние запаса, но эта величина также несколько занижена, поскольку в процессе нерестового сезона происходит подход новых скоплений. Поскольку нами не была проведена съемка запаса севернее 57° с.ш., поэтому как потенциальный улов, так и запас в какой-то мере недоучтены. Таким образом, оценки запаса и потенциального улова занижены. Однонаправленность погрешностей в какой-то мере способствует взаимной их нейтрализации в результатах расчета. В качестве улова принят сообщенный вылов у Западной Камчатки, увеличенный на 20%, исходя из того, что не весь улов регистрируется. Результаты этого приблизительного расчета дали коэффициент уловистости 0,45, что близко соответствует обычно принимаемой величине.

### **Основные результаты**

На основе разработанной методики ежегодно с 1996 по 2001 г. проводились серии съемок, показывающие скопления минтая на западно-камчатском шельфе в их динамике (образование, перемещения, формирование плотных концентраций, рассредоточение). Ежегодно давались оценки ресурса и предлагались меры по его сохранению и использованию. В расчетах не использовались искаженные статистические данные. Полученные в соответствии с определенными алгоритмами расчетов в первой половине года оценки впоследствии не корректировались.

В 1997 г. были представлены данные о происходящем обвальном падении численности и биомассы минтая у Западной Камчатки. Потенциальный улов сравнительно с таковым в 1996 г. снизился в 2,9 раза. В 1996–1997 гг. облавливались как преднерестовые, так и плотные нерестовые концентрации в процессе массового нереста. При этом убыль значительно превосходила зарегистрированный вылов. Сейчас это обвальное падение всеми признается, однако в те годы масштаб снижения не осознавался. Поэтому прогностическая оценка на следующий, 1998 г., была снижена недостаточно (составила 72% от уровня 1997 г. и 68% от уровня 1996 г.), в результате чего степень изъятия сильно возросла, что способствовало продолжению обвального падения численности и биомассы минтая.

Многokrратно с 1996 г. обращалось внимание на чрезмерную эксплуатацию запаса минтая в Камчатско-Курильской подзоне и на необходимость принятия неотложных мер по его сохранению. Рекомендованных мер принято не было и в настоящее время этот запас находится в наиболее угнетенном состоянии.

В течение ряда лет ожидалось увеличение уловов в результате вступления в промысел поколения 1995 г., которое оценивалось как сверхурожайное. Однако в процессе съемок особо больших скоплений молоди зарегистрировано не было, поэтому и не было реальных оснований рассчитывать на значительное увеличе-

ние численности, что неоднократно отмечалось. Эта позиция подтвердилась на практике. В период вступления в промысел поколения 1995 г. ожидаемого подъема численности не произошло.

В 1998 г. была получена информация о заселении пелагиали в районах обитания минтая сахалинской камбалой. Эта неожиданная вспышка численности камбалы у Западной Камчатки наблюдалась и в 1999 г. На основе оценки возрастного состава своевременно был дан прогноз ожидаемого снижения численности этой камбалы в пелагиали в последующие годы, который подтвердился на практике. Это интереснейшее явление как в теоретическом, так и практическом отношении другими исследователями практически не было замечено.

В начале 2001 г. были представлены данные о процессе восстановления запаса минтая в северной части Охотского моря, о высокой биомассе молоди. Однако другие исследователи продолжали настаивать на продолжении и даже углублении депрессии. Со временем некоторые начали замечать процесс роста численности и увеличили прогностическую оценку (ТИНРО-центр), другие же продолжали настаивать на углублении депрессии.

Одновременно были представлены данные, свидетельствующие о сортировке уловов на палубах судов, о масштабных выбросах. Были высказаны опасения, что в погоне за икреным и филейным минтаем, составлявшим небольшой процент от наличной биомассы, фактически восстановившийся запас минтая в северной части Охотского моря будет отсортирован на палубах судов и в основном выброшен в море прежде, чем приобретет коммерческую ценность. Были предложены меры по сохранению молоди.

Все эта информация подтвердилась. В значительной мере рыбы поколения 1997 г. были выловлены и выброшены в виде молоди, тем не менее в 2003 г. уцелевшая часть этого мощного поколения составила основу промысла.

## **Заключение**

Разработанный метод прямого учета запаса по результатам визуальной регистрации акустической записи и контрольных тралений позволяет получать объективную оценку состояния ресурса, о достоверности которой свидетельствует следующее: 1) оценка ресурса основана на обследовании всей акватории, включая как населенные минтаем, так и пустые участки, что дает реальную картину распределения запаса и несмещенные осредненные показатели; 2) оценка ресурса основана на серии съемок; 3) в расчетах не использовались искаженные статистические данные; 4) полученные в соответствии с определенными алгоритмами расчетов в первой половине года оценки впоследствии не корректировались; 5) полученные результаты подтвердились на практике.

Предложенная методика прямого учета обеспечила возможность проведения 6-летнего мониторинга состояния запасов минтая и ассоциированных видов, прямых наблюдений за формированием, перемещением и рассредоточением скоплений, промысловым воздействием. Окончание этого мониторинга было связано с отсутствием судового обеспечения работ.

## **Литература**

- Булатов О.А.* 1986. К методике оценки численности и биомассы нерестового запаса минтая в западной части Берингова моря // Тресковые дальневосточных морей.— Владивосток: ТИНРО-центр.— С. 35–42.
- Зверькова Л.М.* 1969. О нересте минтая в водах западного побережья Камчатки // Вопросы ихтиологии. Т. 9. Вып. 2.— С. 270–275.
- Зверькова Л.М.* 1981. Внутривидовая структура минтая в Охотском море // Экология, запасы и промысел минтая. Владивосток: ТИНРО-центр. С. 41–56.
- Зверькова Л.М.* 1987. Пространственно-временная структура района воспроизводства минтая *Theragra chalcogramma* (Gadidae) в северной части Охотского моря // Вопр. ихтиологии. Т. 27. Вып. 3.— С. 414–420.
- Золотов О.Г., Качина Т.Ф., Сергеева Н.П.* 1987. Оценка запаса восточноохотоморского минтая // Популяционная структура, динамика численности и экология минтая.— Владивосток: ТИНРО-центр.— С. 65–73.

- Качина Т.Ф., Сергеева Н.П.* 1978. Методика расчета нерестового запаса восточноохотоморского минтая // Рыбное хозяйство. № 12.— С. 17–21.
- Котенев Б.Н., Кузнецов В.В., Кузнецова Е.Н.* 1998. Запас восточноохотоморского минтая *Theragra chalcogramma* и его распределение в нерестовый период // Вопросы ихтиологии. Т. 38. № 6.— С. 776–786.
- Кузнецов В.В.* 1996. Об оценках абсолютной и относительной численности североохотоморского минтая // Рыбное хозяйство. № 5.— С. 52–55.
- Кузнецов В.В.* 2001. Запас минтая у Западной Камчатки: современное состояние и перспективы // Рыбное хозяйство. № 1.— С. 21–24.
- Кузнецов В.В.* 2001а. Изменения в состоянии запаса минтая у Западной Камчатки // Рыбное хозяйство. № 5.— С. 23–25.
- Кузнецов В.В., Котенев Б.Н., Кузнецова Е.Н.* 1997. Биологическое состояние восточноохотоморского минтая в нерестовый период и гидрологические условия в районе нерестилищ // Тез. докл. 1-го Конгресса ихтиологов России (Астрахань).— М.: Изд-во ВНИРО.— С. 89.
- Кузнецов В.В., Грузевич А.К.* 2000. Мониторинг запасов минтая // Рыбное хозяйство. № 2.— С. 22–24.
- Кузнецов В.В., Кузнецова Е.Н.* 2002. Об изменениях в сообществе рыб Охотского моря на шельфе Западной Камчатки // Труды ВНИРО. Т. 141.— М.: Изд-во ВНИРО.— С. 58–65.
- Пушников В.В.* 1978. Пространственная структура минтая Охотского моря // Известия ТИНРО. Т. 102.— С. 90–96.
- Расс Т.С.* 1949. Состав ихтиофауны Баренцева моря и систематические признаки икринок и личинок рыб этого водоема // Труды ВНИРО. Т. 17.— М.: ВНИРО.— С. 7–65.
- Фадеев Н.С.* 1985. Распределение икры, личинок и производителей минтая в северной части Охотского моря в мае–июне 1983 г. // Биология моря. № 5.— С. 75–84.
- Фадеев Н.С.* 1986а. Распределение икры, личинок минтая в северной части Охотского моря // Биология моря. № 6.— С. 15–22.
- Фадеев Н.С.* 1986б. Особенности динамики полового состава западнокамчатского минтая в период нереста // Тресковые дальневосточных морей.— Владивосток: ТИНРО–центр.— С. 57–68.
- Фадеев Н.С., Смирнов А.В.* 1987. Оценка численности икры и производителей минтая в северной части Охотского моря // Биология моря. № 4.— С. 19–25.
- Флусова Г.Д.* 1987. Популяционная структура минтая // Генетические исследования гидробионтов.— М.: ВНИРО.— С. 80–94.
- Шунтов В.П. и др.* 1993. Минтай в экосистемах дальневосточных морей. Владивосток: ТИНРО–центр. 426с.
- Brodeur R.D., Picquelle S.J., Blood D.M., Merati N.* 1996. Walleye pollock egg distribution and mortality in the western Gulf of Alaska // Fisheries Oceanography.— P. 92–111.

УДК 639.2.001.5:629.124.68

---

## **Сравнительный анализ результатов донных траловых съемок разными судами на островном склоне Северных Курил (методические аспекты интеркалибровочных работ)**

*В.Н. Тупоногов (ТИНРО-центр);  
А.М. Орлов (ВНИРО);  
И.Н. Мухаметов (СахНИРО)*

В течение 1980-гг. регулярные исследования ресурсов донных промысловых рыб и беспозвоночных акватории прикурильских вод Тихого океана, включая траловые съемки на шельфе и материковом склоне, направленные на оценку запасов, промысловых возможностей отдельных участков и выявление мест скопления гидробионтов, проводились Тихоокеанским научно-исследовательским институтом рыбного хозяйства и океанографии (ТИНРО) на крупнотоннажных судах типа БМРТ, РТМ, БАТМ, РТМС отечественными донными тралами [Тупо-

ногов, 1986, 1991, 2002; Дудник, Долганов, 1992]. Позднее из-за высокой стоимости таких работ в течение нескольких лет они не проводились. С 1992 г. съемки на шельфе и в верхней части северокурильского склона стали выполняться ВНИРО, СахНИРО, КамчатНИРО и ТИНРО-Центром на японских среднетоннажных траулерах другими, более уловистыми донными тралами [Дудник и др., 1995, 1997; Орлов и др., 2000].

В сентябре–октябре 2000 г. в рассматриваемом районе независимо друг от друга проведены донные траловые съемки на НИС СТМ «Профессор Леванидов» и японских траулерах «Томи мару-53» и «Томи мару-82» (первая из них проводилась в рамках 2-й охотоморской комплексной экспедиции, организованной и проведенной под руководством В.П. Шунтова). Хотя эти работы не удалось провести синхронно, выполнение их в близкие сроки, на общих глубинах и участках, по сходным методикам, а также достаточно высокая квалификация специалистов-ихтиологов – все это позволило провести анализ состава и величины уловов, полученных при съемках разными судами и разными тралами, в качестве интеркалибровочных работ.

Данная работа позволит определить необходимые условия для применения корректных методик при проведении донных траловых съемок и интеркалибровочных работ с использованием судов разного класса и тралов разного типа, а в многолетнем плане – для межгодовых сравнений состава сообществ и их динамики, состояния запасов и распределения ихтиофауны.

## Материалы и методика

**Технические характеристики судов.** Наиболее значимые для сравнения параметры российского и японских траулеров приведены в табл. 1. Одни из них близки, другие – различны, что обязательно следует учитывать при сравнениях результатов съемок так же, как и параметры применяемого промыслового оборудования.

Таблица 1  
Технические характеристики траулеров, использовавшихся для проведения съемок

Характеристики	Японские траулеры	«Профессор Леванидов»
Длина, м	51	62,2
Ширина, м	9,9	13,8
Мощность главного двигателя, л.с.	1350	2 × 1200
Максимальная скорость, узл.	13	10
Численность экипажа, чел.	22–28	55

Японские траулеры «Томи мару-53» и «Томи мару-82» были оснащены следующим промысловым оборудованием. Донные тралы для лова окуня, шипощека, терпуга имели верхнюю подбору – 49,2 м, грунтроп – 60 м. Расстояние между траловыми досками 110 м, горизонтальное раскрытие 26 м, вертикальное – 6–8 м, кабели длиной 30 м, голые концы – 70 м, лапки – 14 м, загрузка грунтропа на воздухе – 5798 кг, в воде – 1601 кг. Использовались траловые доски размерами 4100 × 2700 мм, траловые мешки с ячейей размером 110 мм (между узлами 130 мм). Тралы были оснащены жестким грунтропом, состоящим из двух секций длиной по 17,6 м и одной секции длиной 14 м. Между металлическими бобинцами диаметром 65 мм располагались резиновые полусферы такого же диаметра. Применялись два вида кухтылей: с краю было по 5 кухтылей диаметром 480 мм, затем располагались кухтыли диаметром 360 мм.

«Профессор Леванидов» был оснащен донным тралом ДТ 27,1/24,4 м (окуневый вариант) с длиной верхней подборы по сетной части 27,1 м, длиной нижней подборы по сетной части – 27,4 м, длиной грунтропа по сетной части – 27 м, траловые мешки с ячейей размером 110 мм (между узлами 130 мм). В кутце использовалась вставка с мелкочечной делью (12 мм). При скорости 3,5 узла горизонтальное раскрытие трала, согласно технической документации, составляет 16 м, вер-

тикальное — 7,5 м. При применявшемся толстом ваере и используемых траловых досках для РС горизонтальное раскрытие по прибору контроля за ходом трала «WESMAR» при специальном контрольном тралении составило 14 м, а вертикальное раскрытие по прибору контроля за ходом трала «Игла» (применявшемуся в большинстве тралений) составляло 4–6 м. Трал был вооружен по двухкабельной схеме при длине кабелей 60 м (лапки — 4 м, голые концы: 3,05 и 3,2 м, одинарный шкентель — 3 м, поводцы — 30 см). Использовались сферические траловые доски для судов типа РС площадью 4 и 4,5 м<sup>2</sup>, жесткий грунтроп, состоящий из трех секций длиной по 11,2 м. Грунтроп был вооружен 12 резиновыми бобинцами диаметром 350 мм, на третьей секции располагались 24 катушки грунтропные диаметром 200 мм, 12 резинок грунтропных. Масса одной секции в воде — 76 кг, общая загрузка грунтропа в воде (трех секций) — 230 кг.

**Особенности и отличия съемок.** Каждая из рассматриваемых съемок имела свою специфику (рис. 1, 2; табл. 2).

Съемка на отечественном НИС проводилась на меньшей площади (южнее 51° с.ш.), охватывала больший диапазон глубин (до 1000 м), траления проводились с разной скоростью и располагались на разрезах. Съемка на японских траулерах охватывала большую площадь (почти до 52° с.ш.), включала больше участков со сложным рельефом дна, на которых траления у НИС «Профессор Леванидов» были нерезультативны или не проводились, не захватывала глубины более 700 м, скорость тралений была постоянна (3 узла).

**Методики проведения съемок и ихтиологических работ.** Продолжительность учетных тралений в обеих съемках составляла полчаса хода трала по дну, за исключением необходимости срочного подъема из-за порывов или окончания ровной площадки для траления. Состав каждого улова учетных тралений разбирался полностью по видам. Все редко встречающиеся и трудноопределяемые виды фиксировались для последующего уточнения. Проводилась количественная оценка численности и массы каждого вида.

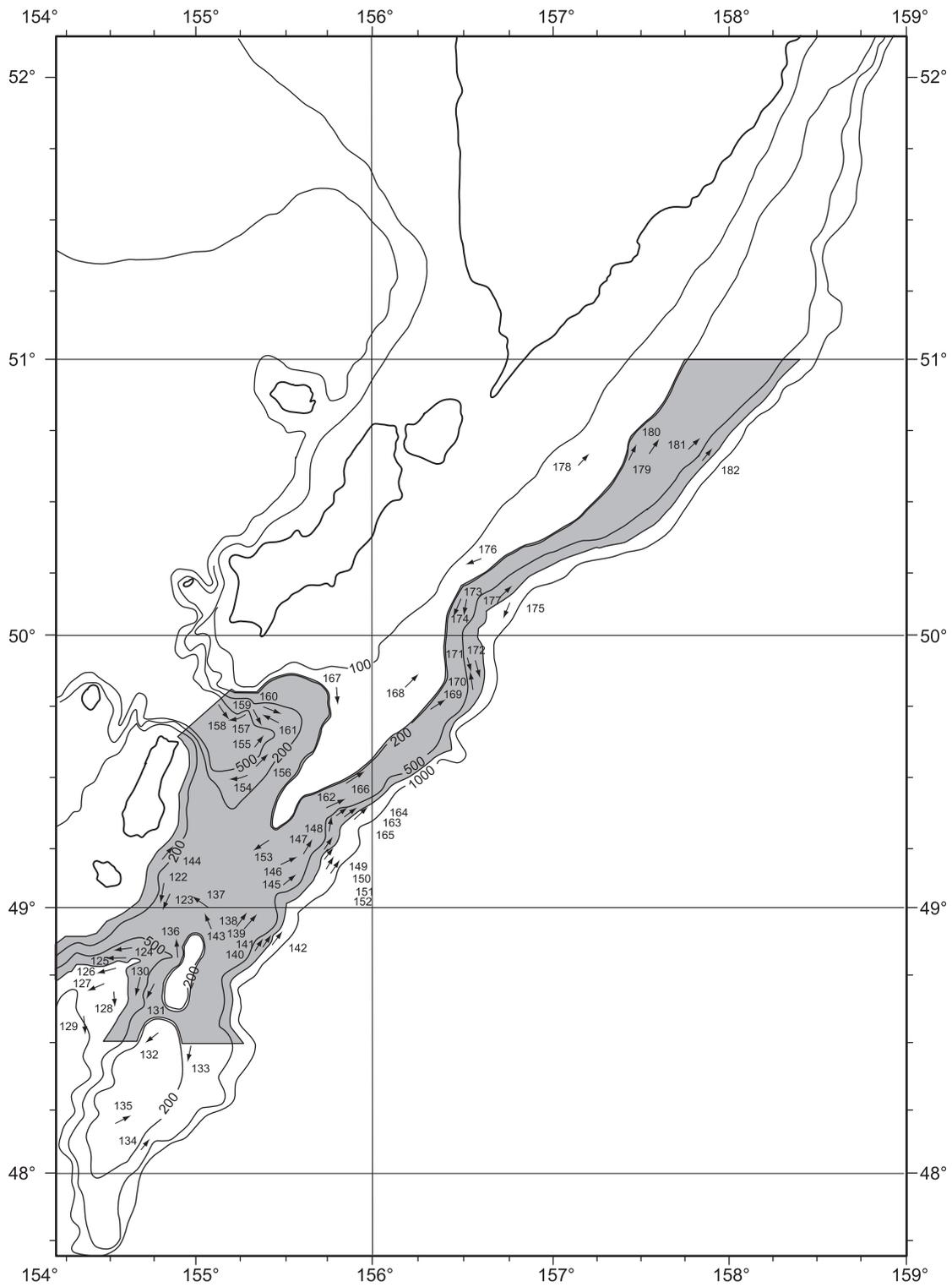
В рейсе НИС «Профессор Леванидов» все ихтиологические работы проводили сотрудники ТИНРО-Центра: В.Н. Тупоногов, БИФ ТИНРО-центра: М.Г. Вишняков, В.Д. Диденко, СахНИРО: И.Н. Мухаметов, А.В. Березов, Спецморинспекции: М.А. Товкач. На «Томи мару-53» и «Томи мару-82» все ихтиологические работы выполняли специалисты ВНИРО А.М. Орлов и КамчатНИРО О.Г. Золотов.

**Методики обработки и сравнения результатов съемок.** Учитывая, что рассматриваемые съемки охватывают один сезон года, но частично выполнены на разных участках и глубинах, на первом этапе был выделен общий участок работ 48°30'–51°00' с.ш. в пределах общего диапазона глубин 200–700 м.

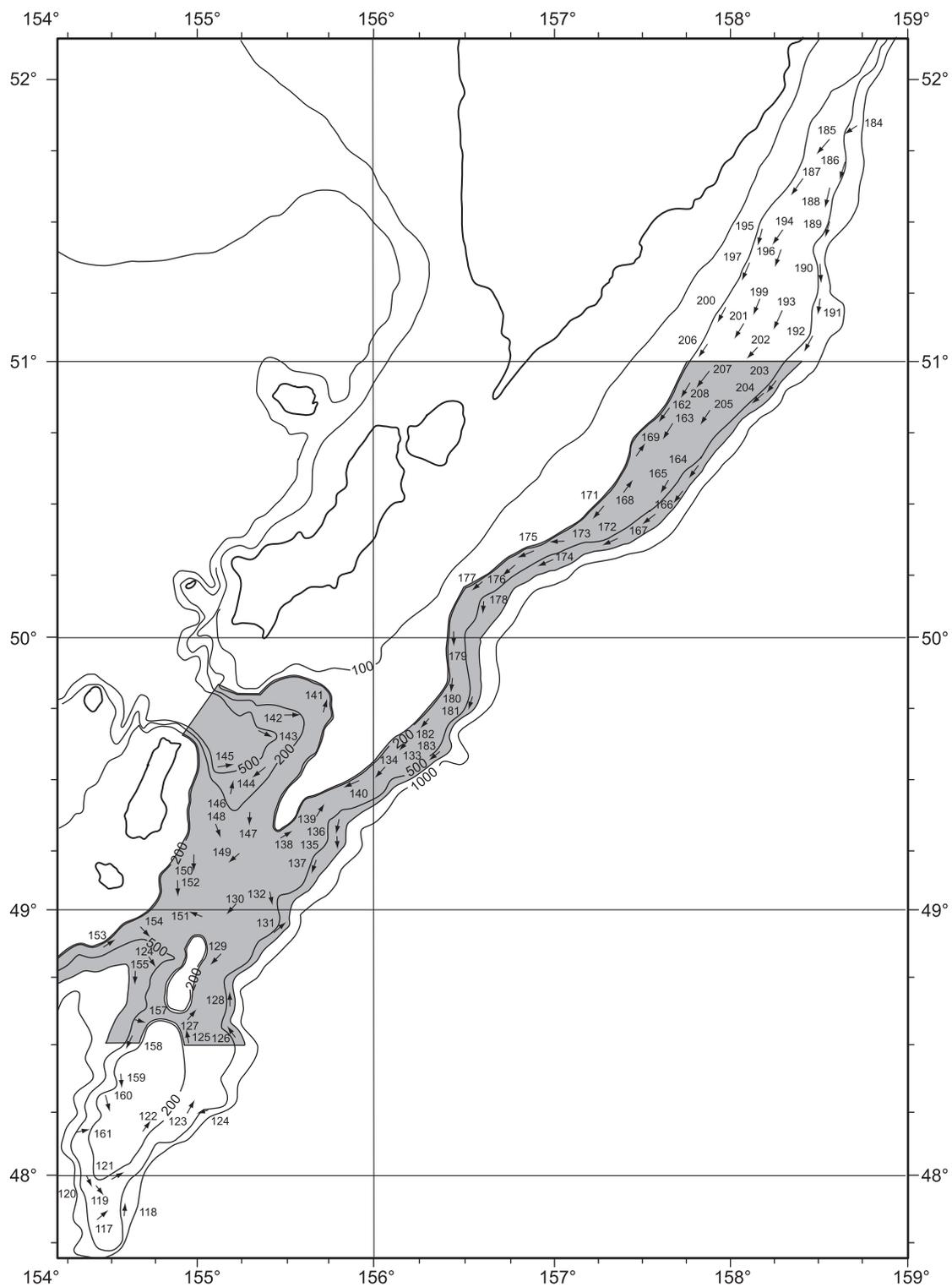
На втором этапе в тралениях обеих съемок на близких глубинах и в близко расположенных участках были проведены попарные сравнения видового состава уловов, количества доминирующих, обычных и редких видов, соотношения видов в уловах, частоты их встречаемости, уловов и плотности распределения основных промысловых видов, групп видов и семейств рыб. В рассматриваемых параметрах из выделенных около 30 таких групп, включающих от 2 до 3–5 тралений, не отмечено каких-то закономерностей. Более того, данные этих съемок показали, что из-за мозаичности распределения большинства видов, сходства в составе и величине уловов иногда не отмечается даже для близких по глубинам, срокам и расположению тралений, выполненных одним тралом.

Поэтому на третьем этапе на основе анализа результатов проведенных съемок, а также с учетом предыдущих исследований и промысловой информации было выделено два участка с наиболее близким соотношением видов: между 48°30' и 50° с.ш. и между 50 и 51° с.ш. По этим участкам и проведены сравнения видового состава и оценки биомасс.

Научные названия рыб, их видовая идентификация, классификация биотопических зон, отнесение видов к той или иной батиметрической группировке приводятся в соответствии с последними публикациями [Федоров, Парин, 1998; Федоров, 2000; Шейко, Федоров, 2000] с некоторыми дополнениями и исправлениями. При оценке биомасс не учитывались случайные и редко встречающиеся виды.



**Рис. 1.** Распределение тралений донной траловой съемки НИС «Профессор Леванидов» (ТИНРО-центр) у северных Курильских островов в октябре 2000 г. (выделены общие участки)



**Рис. 2.** Распределение тралений донной траловой съемки «Томи мару-53», «Томи мару-82» (ВНИРО, СахНИРО, КамчатНИРО) у северных Курильских островов в сентябре–октябре 2000 г. (выделены общие участки)

В списки и таблицы включены данные по минтаю *Theragra chalcogramma*, являющемуся массовым видом и имеющему большое значение для структуры и функционирования донных сообществ склона.

Распределение тралений по глубинам было также неодинаково (табл. 3).

Таблица 2

**Особенности и отличия донных траловых съемок северокурильского островного склона осенью 2000 г.**

Параметры	Суда	
	«Профессор Леванидов»	Японские траулеры
Границы съемки	47°45'–51°00' с.ш.	47°45'–51°50' с.ш.
Схема расположения траловых станций	8 разрезов по 3–5 станций на разрезе	Равномерное
Диапазон охваченных глубин	130–1000 м	130–700 м
Сроки проведения	7.10–22.10.2000	21.09–03.10.2000
Скорость тралений	3,0–4,2 узла	Постоянная 3,0 узла
Количество станций	61	91

Таблица 3

**Распределение станций донных траловых съемок по глубинам (всего/на общих участках)**

Суда	Диапазон глубин, м									
	130–200	200–300	300–400	400–500	500–600	600–700	700–800	800–900	900–1000	130–1000
«Профессор Леванидов»	7/-	9/4	10/10	8/8	10/10	5/5	6/-	3/-	3/-	61/37
Японские траулеры	3/-	26/18	16/9	17/12	22/16	7/4	-/-	-/-	-/-	91/59

Оценки биомасс и плотности распределения проводили отдельно для двух участков из-за разного распределения на них большинства видов и для получения больших массивов параметров для сравнения. Коэффициенты уловистости принимали равными 1 для выявления различий, обусловленных только конструктивными особенностями тралов.

Первичная обработка данных траловых съемок включала определение батиметрического диапазона и частоты встречаемости каждого вида по районам. Первичные материалы обработаны по стандартным методикам. Оценка биомасс на выделенных участках проведена с использованием компьютерной программы «MapDesigner 2.1» [Поляков, 1996].

С учетом проведения части тралений исследуемых съемок в достаточно отдаленных точках одного участка, возможных отличий методик, применяемых тралов (уловистость японских тралов значительно выше отечественных) и других факторов, полученные оценки биомасс можно рассматривать только в качестве относительных величин, которые следует использовать с определенной осторожностью, как и судить на их основании о соотношении основных видов и семейств в уловах.

Более точные оценки могут быть получены при более подробных и правильно спланированных согласованных съемках. Поэтому только с целью получения общей предварительной картины по данным съемкам нами приведены числовые индексы различий в структуре ихтиологических сообществ [Одум, 1975]:

1) показатель доминирования

$$c = \sum \left( \frac{n_i}{N} \right)^2,$$

где  $n_i$  — оценка «значительности» каждого вида в единицах плотности,  $N$  — суммарная значимость всех видов;

2) показатель видового разнообразия  $d$

$$d = \frac{S}{\sqrt{N}},$$

где  $S$  — число видов;

3) Шенноновский показатель общего видового разнообразия

$$H = \sum \left( \frac{n_i}{N} \cdot \log_2 \frac{n_i}{N} \right);$$

4) показатель выровненности по Пиелу

$$e = \frac{H}{\log_2 S},$$

где  $H$  — показатель Шеннона;

5) энтропийная оценка уровня абсолютной организации ихтиоценоза

$$Q = H_{max} - H,$$

где  $H_{max} = \log_2 S$ .

## Результаты

**Сравнение видового состава на выделенных участках.** Из известных для ихтиофауны северокурильских вод 400–450 видов рыб [Шейко, Федоров, 2000; Федоров, 2000 и др.] в пределах рассматриваемых участков двух съемок отмечено около 85 видов донных и придонных рыб из 14 семейств (табл. 4).

Качественный облик донной ихтиофауны в выделенных участках северокурильского островного склона формируется за счет представителей 6–7 семейств, преобладающих над остальными по числу видов: морские слизни Liparidae, рогат-

Таблица 4

**Количество видов в семействах рыб в выделенных участках 2 донных траловых съемок у северных Курильских островов в сентябре–октябре 2000 г.**

№ пп	Семейство	Название судна			
		«Профессор Леванидов»		«Томи мару-53», «Томи мару-82»	
		Число видов	Доля, %	Число видов	Доля, %
1	Liparidae	17	23,0	18	23,1
2	Cottidae	11	14,9	13	16,7
3	Zoarcidae	13	17,6	8	10,3
4	Rajidae	7	9,5	7	8,9
5	Pleuronectidae	6	8,0	8	10,2
6	Agonidae	5	6,8	4	5,1
7	Sebastidae	3	4,0	7	8,9
8	Macrouridae	3	4,0	3	3,8
9	Gadidae	2	2,7	2	2,6
10	Psychrolutidae	3	4,0	2	2,6
11	Moridae	2	2,7	2	2,6
12	Hexagrammidae	1	1,4	1	1,3
13	Stichaeidae	0	0	1	1,3
14	Cyclopteridae	1	1,4	2	2,6
	Всего видов	74	100	78	100

ковые Cottidae, бельдюговые Zoarcidae, ромбовые скаты Rajidae, камбаловые Pleuronectidae, морские лисички Agonidae, морские окуни Sebastidae — на их долю в сумме приходится 83,2–83,8% от общего числа видов. Наибольшее количество видов — 38–40%, дают два первые семейства. Двумя–тремя видами представлены семейства долгохвостовых Macrouridae, моровых Moridae, тресковых Gadidae и психролютовых Psychrolutidae. Терпуговые Hexagrammidae, круглופерые Cyclopteridae и стихеевые Stichaeidae представлены всего 1–2 видами.

В выделенных участках отмечены представители четырех ихтиоценов (табл. 5). Из них по числу видов доминировали представители мезобентального ихтиоцена (МБ) — 49–52 вида, меньшей была доля элиторальных (ЭЛ) — 17, батибентальных (ББ) — 7–8 и неритических (Н) — 1 вид.

Таблица 5

Количество видов из разных ихтиоценов на выделенных участках северокурильского островного склона (48°30'–51° с.ш.) по съемкам «Профессор Леванидов» (I), «Томи-мару 53», «Томи-мару 82» (II)

Ихтиоцен		Н	ЭЛ	МБ	ББ	Количество видов
Количество видов	I	1	17	49	7	74
Доля, %	I	1,4	23,0	66,1	9,5	100
Количество видов	II	1	17	52	8	78
Доля, %	II	1,3	21,8	66,6	10,3	100

Начиная с глубин более 200 м общие уловы и плотность распределения донных и придонных рыб в большинстве участков снижается за счет сокращения шельфовых видов (тресковых, терпуговых, камбаловых, рогатковых). В различных местах выделенных участков на глубинах от 200 до 350–400 м в уловах преобладают элиторальные минтай, терпуговые, камбалы, рогатковые, мезобентальные скаты, окуни, липаровые. Судя по смешанному составу уловов, это переходная зона, где встречаются и более мелководные и более глубоководные виды. Между 200–600 м доля скатовых, морских окуней и липаровых наибольшая, поскольку большинство их является представителями мезобентального ихтиоцена. Между 400–750 м шельфовые виды постепенно заменяются глубоководными (мезо- и батибентальными): макрурусами, моровыми, морскими слизнями и др. Глубже 600 м величина уловов и плотность распределения возрастают за счет увеличения уловов макрурусовых (долгохвостых), доля которых становится существенной между 400–700 м, с глубиной достигая 90–99%.

**Соотношение в уловах, частота встречаемости, количество доминирующих, массовых, обычных и редких видов.** Из массовых видов, составляющих основу вылова и формирования «ядер» полидоминантных сообществ донных рыб с высоким видовым разнообразием ихтиофауны в сравниваемых участках по соотношению в уловах выделяются: минтай, северный одноперый терпуг *Pleurogrammus monopterygius*, азиатский стрелозубый палтус *Atheresthes evermanni*, северная двухлинейная *Lepidopsetta polyxistra* и узкозубая палтусовидная камбалы *Hippoglossoides elassodon*, тихоокеанский морской окунь *Sebastes alutus*, длинноперый шипоцек *Sebastolobus macrochir*, малоглазый макрурус *Albatrossia pectoralis*, широколобый шлемоносец *Gymnocanthus detrisus*, большеглазый триглопс *Triglops scepticus*, пятнистый *Bathyraja maculata* и бесшипый *B. violacea* скаты и короткоперый элассодиск *Elassodiscus tremebundus*.

Обычных видов здесь выделено около 30, редких и случайных — около 40. По частоте встречаемости преобладают минтай, мягкий бычок *Malacocottus zonurus*, белолинейный ликод *Lycodes albolineatus*, тонкохвостая лисичка *Sarritor frenatus*.

**Сравнение оценок биомасс и плотности распределения основных промысловых видов, групп видов и семейств рыб.** Общие ихтиомассы на двух общих участках съемок при коэффициенте уловистости равном 1 составляют между 48°30'–50°00' с.ш. — около 46,5 и 218,8 тыс. т, между 50–51° с.ш. — 6,7 и 29,6 тыс. т (табл. 6).

Таблица 6

**Сравнительная оценка биомасс рыб по результатам донных траловых съемок  
НИС «Профессор Леванидов» и японских траулеров на общих участках  
в сентябре–октябре 2000 г. на глубинах 200–700 м (т/%)**

Вид	Участок					
	50–51° с.ш.			48°30'–50° с.ш.		
	Японские траулеры	«Профессор Леванидов»	Разница	Японские траулеры	«Профессор Леванидов»	Разница
Треска	16/0,05	20/0,3	0,8	450/0,2	300/0,7	1,5
Бельдюговые	440/1,5	630/9,6	0,7	2950/1,3	3400/7,3	0,9
Макрурусы	5000/16,9	1500/22,9	3,3	8900/4,1	4000/8,6	2,2
Рогатковые	500/1,7	120/1,8	4,1	7000/3,4	3900/8,4	1,7
Скаты	2500/8,4	1050/16	2,4	18500/8,5	5700/12,3	3,2
Липаровые	1450/4,9	550/8,4	2,6	2050/0,9	1400/3	1,5
Камбалы	900/3	300/4,6	3,0	2600/1,2	4100/8,8	0,6
Психролотовые	90/0,3	40/0,6	2,3	6500/3	850/1,8	7,6
Моровые	10/0,03	4/0,06	2,5	10/<0,01	30/0,06	0,3
Минтай	15100/51	2100/32	7,1	141570/64,7	21400/46,1	7,0
Палтусы	700/2,4	100/1,5	7,0	9000/4,1	500/1,1	18,0
Лисичковые	450/1,5	30/0,5	15,0	1900/0,9	50/0,1	38,0
Круглоперовые	20/0,07	1/0,02	20,0	140/0,06	50/0,1	2,8
Окуни	500/1,7	4/0,06	125	4100/1,9	250/0,5	16,4
Шипощеки	300/1	6/0,1	50	2600/1,9	200/0,4	13,0
Терпуги	850/2,7	300/4,6	2,8	2400/1,1	140/0,3	17,0
Волосатковые	1,5/<0,01	0	1,5	5/<0,01	0	5
Все рыбы	29627,5	6555	4,5	218824	46470	4,7

Таким образом, общие оценки ихтиомасс съемок, учтенных отечественным НИС, оказались в 4,4–4,7 раз меньше, чем японскими траулерами. По большинству семейств, групп видов и основным промысловым объектам в разных участках уловы НИС «Профессор Леванидов» были меньше в 0,6–4,1 (чаще в 2–3) раза, а по части видов (для бельдюговых и трески) – оказались близки. Наибольшие различия оценок установлены для терпуга, минтая, палтусов, шипощеков и особенно окуней. Это вызвано использованием более совершенных тралов, аппаратуры контроля и техники тралений на сложных грунтах японскими судами. Часть последних видов скорее всего была не учтена отечественным НИС из-за сложного рельефа дна. Этим же можно объяснить отсутствие в его уловах четырех видов морских окуней, двух видов камбаловых.

Таблица 7

**Индексы доминирования (*c*) и общего видового разнообразия Шеннона (*H*),  
показатели выровненности по Пиелу (*e*) и видового разнообразия (*d*),  
энтропийная оценка уровня абсолютной организации ихтиоценозов (*Q*)  
для общих участков и глубин донных траловых съемок  
(*n* – количество тралений в каждом диапазоне глубин)**

Диапазон глубин, м	«Профессор Леванидов»						Японские траулеры					
	<i>c</i>	<i>H</i>	<i>e</i>	<i>D</i>	<i>Q</i>	<i>n</i>	<i>c</i>	<i>H</i>	<i>e</i>	<i>D</i>	<i>Q</i>	<i>n</i>
201–300	0,467	1,875	0,390	2,640	2,933	4	0,334	2,737	0,478	1,631	2,991	18
301–400	0,356	2,653	0,502	3,118	2,633	10	0,782	0,952	0,178	1,180	4,406	9
401–500	0,216	3,124	0,591	3,875	2,161	8	0,560	1,473	0,254	1,469	4,334	13
501–600	0,211	3,022	0,576	3,482	2,225	10	0,209	2,914	0,511	2,415	2,786	16
601–700	0,472	1,420	0,323	1,810	2,972	5	0,253	2,336	0,486	1,425	2,472	4

## Выводы

Таким образом, по результатам анализа двух донных траловых съемок, проведенных на отечественном НИС и японских траулерах можно сделать следующие выводы.

Видовой состав донных и придонных рыб на северокурильском островном склоне и выделенных участках и глубинах близок и может быть использован для интеркалибровочных работ.

Из-за мозаичности распределения большинства видов интеркалибровочные работы донными тралами нельзя проводить на основании сравнений результатов только отдельных тралений, а следует проводить на выделенных стандартных участках с близким соотношением видов.

Для корректного сравнения результатов съемок они должны быть правильно спланированными и достаточно подробными, чтобы на каждом из стандартных участков иметь необходимый минимум количества тралений.

## Литература

- Дудник Ю.И., Долганов В.Н.* 1992. Распределение и запасы рыб на материковом склоне Охотского моря и Курильских островов летом 1989 г. // *Вопр. ихтиологии* Т. 32. Вып. 4.— С. 83–98.
- Дудник Ю.И. и др.* 1995. Сырьевые ресурсы рыб материкового склона северных Курильских островов // *Рыбное хозяйство*. № 1.— С. 24–28.
- Дудник Ю.И., Дьяков Ю.П., Тарасюк С.Н.* 1997. К оценке запасов промысловых рыб на материковом склоне северных Курильских островов и Юго-Восточной Камчатки // *Тез. докл. Перв. конгр. ихтиологов России*.— М.: Изд-во ВНИРО.— С. 67.
- Одум Ю.* 1975. Основы экологии.— М.: Мир.— 740 с.
- Орлов А.М.* 1998. Демерсальная ихтиофауна тихоокеанских вод северных Курильских островов и Юго-Восточной Камчатки // *Биология моря*. Т. 24. № 3.— С. 146–160.
- Орлов А.М., Токранов А.М., Тарасюк С.Н.* 2000. Состав и динамика верхнебатиальных ихтиоценов тихоокеанских вод северных Курильских островов и Юго-Восточной Камчатки // *Вопр. рыболовства*. Т. 1. № 4.— С. 21–45.
- Поляков А.В.* 1996. Программа построения карт распределения запаса и планирования съемки.— М.: Изд-во ВНИРО.— 46 с.
- Тупоногов В.Н.* 1986. Распределение, возраст и динамика запасов малоглазого долгохвоста *Coryphaenoides pectoralis* у Курильских островов (1974–1985 гг.) // *Динамика численности промысловых животных дальневосточных морей*.— Владивосток: ТИНРО-центр.— С. 100–109.
- Тупоногов В.Н.* 1991. Экология малоглазого долгохвоста: Автореф. дис. ... канд. биол. наук.— Владивосток: ДВО АН СССР.— 24 с.
- Тупоногов В.Н.* 2002. К методике проведения донных траловых съемок на материковом склоне дальневосточных морей // *Исторический опыт научно-промысловых исследований в России*: Сб. М.: Изд-во ВНИРО. С. 197–201.
- Федоров В.В.* 2000. Видовой состав, распределение и глубины обитания видов рыбообразных и рыб северных Курильских островов // *Промыслово-биологические исследования рыб в тихоокеанских водах Курильских островов и прилежащих районах Охотского и Берингова морей в 1992–1998 гг.*— М.: Изд-во ВНИРО.— С. 7–41.
- Федоров В.В., Парин Н.В.* 1998. Пелагические и бентопелагические рыбы тихоокеанских вод России (в пределах 200-мильной экономической зоны).— М.: Изд-во ВНИРО.— 154 с.
- Шейко Б.А., Федоров В.В.* 2000. Класс Cephalaspidomorphi — Биноги. Класс Chondrichthyes — Хрящевые рыбы. Класс Holosephali — Цельноголовые. Класс Osteichthyes — Костные Рыбы // *Каталог позвоночных Камчатки и сопредельных морских акваторий*.— Петропавловск-Камчатский: Печатный двор.— С.7–69.

## Проблемы оценки запаса желтоперой камбалы у западного побережья Камчатки в условиях недостатка информационного обеспечения

Т.И. Булгакова (ВНИРО);  
Ю.П. Дьяков (КамчатНИРО)

### Введение

Шельф и верхняя часть материкового склона восточной части Охотского моря, прилегающие к западному побережью Камчатского полуострова, являются местом обитания группы видов камбал, имеющих важное промысловое значение. Траловый промысел камбал на западнокамчатском шельфе был начат в конце 20-х гг. XX в. До 1950-х гг. его масштабы были незначительными — ежегодный вылов не превышал 2 тыс. т. В начале 1950-х гг. в связи с пополнением промыслового флота новыми судами типа СРТ интенсивность промысла резко возросла и достигла максимума в 1958 г. По данным В.П. Шунтова [1985], годовой улов камбал на западнокамчатском шельфе в 1956–1961 гг. составлял 75–130 тыс. т. Наибольшие уловы камбал у Западной Камчатки были достигнуты во второй половине 1950-х гг. и составляли в среднем 80,5 тыс. т [Фадеев, 1987]. После этого уловы камбал значительно снизились. Одной из причин падения добычи камбал являлась чрезмерно высокая эксплуатация запасов, продолжавшаяся до введения 200-мильных экономических зон. После введения экономических зон и прекращения иностранного промысла вылов был существенно ограничен и составлял в 1978–1984 гг. без учета добычи палтусов 19–44 тыс. т.

В середине 1980-х г. состояние запасов камбал позволило рекомендовать увеличение их изъятия. С 1985 г. ежегодная добыча этих видов была доведена до 52–59 тыс. т, что продолжалось до 1988 г. С начала 1990-х гг. с изменением экономической стратегии рыболовства, ориентированного, в первую очередь, на вылов массовых легкодоступных и дорогостоящих рыб (минтай, сельдь, лососи, палтусы, окуни), запасы камбал у Западной Камчатки недоиспользовались. В силу различных экономических и организационных причин, связанных в основном с низкой стоимостью продукции камбал и сокращением маломерного флота, интенсивность их промысла стала значительно снижаться. Почти на всем протяжении 1990-х гг. вылов западнокамчатских камбал не превышал 25–38 тыс. т в год на фоне высокого уровня их запасов. Однако с 1999 г. объем их добычи существенно возрос, составив в 1999–2001 гг. без учета вылова палтусов 55–62 тыс. т. Величина изъятия в 62 тыс. т в 2000 г. является наибольшей со времени введения экономических зон.

Промысел камбал на западнокамчатском шельфе базируется на ресурсах наиболее многочисленной здесь желтоперой камбалы *Limanda aspera* Pallas, которая составляет около половины промыслового запаса камбал. Она является прибрежным видом. В теплый период года обитает в основном на глубинах менее 100 м, а зимовальные скопления образует на глубинах 150–300 м. Молодь в течение всего года предпочитает меньшие глубины, по сравнению с половозрелыми рыбами, а в зимнее время встречается при пониженной температуре воды, вплоть до отрицательной. Нерест происходит в июле-августе на небольших, до 100 м, глубинах.

В уловах встречаются рыбы в возрасте до 18 лет, длиной до 49 см. Половое созревание у самцов начинается по достижении ими длины 14 см, у самок — 20 см. Массовое созревание самцов происходит в возрасте 4–5 лет при длине рыб около 20 см, самок — в возрасте 6–7 лет и 30 см соответственно. Промысловый запас пополняют особи в возрасте 4–6 лет, длиной в среднем 24 см. Несмотря на срав-

нительно небольшие размеры, желтоперая камбала обладает чрезвычайно высокой плодовитостью – в среднем более 1 млн икринок.

### Материалы и методы

В работе использованы материалы КамчатНИРО по популяции желтоперой камбалы *Limanda aspera* (Pallas, 1811), обитающей у берегов Западной Камчатки. Основной массив данных относится к периоду с 1980 г. по 2002 г.

У данного объекта промысла есть ряд особенностей, создающих дополнительные проблемы при оценке его запаса:

- главная состоит в том, что ведется смешанный промысел сразу нескольких видов камбал и анализ промысловых уловов не проводится, улов не дифференцируется даже по видам. Ежегодно в летний период проводятся траловые съемки камбал, по материалам которых оцениваются доля каждого вида камбал в запасе как по биомассе, так и по численности, а также огиба половозрелости и средний вес одной особи по возрастам. По материалам съемок определяется и возрастной состав каждого вида камбал, но это, скорее, возрастной состав запаса, а не улова. Для применения моделей оценки запаса этот возрастной состав (выраженный в процентах) приходится использовать в качестве возрастного состава уловов;

- в 1991, 1993 и 1994 гг. съемки не проводились вообще, потому для этих лет известен только суммарный вылов всех видов камбал;

- основной промысел камбал в водах Западной Камчатки ведется с мая по октябрь в период работы маломерного флота, в то же время промысловая статистика, а именно уловы на судосутки и количество судосуток за год, имеется только для среднетоннажных судов и только начиная с 1995 г.

Таким образом, прежде всего встает проблема заполнения пробелов в данных. Для данных такого типа, как средняя масса особи в улове по возрастным группам  $w(a)$  и огиба половозрелости  $Mat(a)$ , для тех лет, для которых отсутствует информация, используются среднемноголетние данные. Поскольку темп созревания камбалы меняется по годам, отсутствующие данные по огибе половозрелости за 1991–1994 гг. восполнялись средними значениями за период 1980–1990 гг, а для периода с 2000 по 2002 г. – средними за период с 1995 по 1999 г.

Предполагали, что доля желтоперой камбалы в улове совпадает с его долей в запасе. Для 1991, 1993 и 1994 гг. долю этого вида в общем запасе камбал данного района в процентах по массе и численности приравнивали к среднемноголетнему значению.

Сложнее обстоит дело в восполнении отсутствующих данных по возрастному составу уловов для 1991, 1993 и 1994 гг. Поскольку для этих лет известен только суммарный улов камбал, выраженный в тоннах и в штуках, уловы желтоперой камбалы оценивали как произведение доли этого вида (по численности или по биомассе) на величину суммарного вылова всех камбал (соответственно по численности или по биомассе).

Возрастной состав уловов в процентном выражении для трех пропущенных лет рассчитан с помощью методологии кригинга. Кригинг представляет собой статистическую процедуру, позволяющую провести интерполяцию или сглаживание функции, определенной в ряде точек на двумерном пространстве. Эта методология была первоначально разработана в области теоретической геологии [Родионов и др., 1987; Armstrong et al., 1992] и традиционно применялась для реальных пространственных координат, в частности, в рыбном хозяйстве – при обработке данных учетных съемок [Petitgas, 1993; Rivoirard and Bez, 1997].

Для функции временных координат этот метод был применен впервые Т. Булгаковой с соавторами [Bulgakova et al., 2001], которые строили функцию, описывающую состав желудков хищников, на плоскости (календарный год, возраст хищника) или (возраст вида хищника, возраст вида жертвы) для заполнения пробелов в данных, чтобы оценить входные параметры многовидовой модели промыслового сообщества Баренцева моря.

Принцип методологии кригинга заключается в задании различных статистических весов разным точкам в окрестности точки, значение функции в которой

необходимо оценить. В нашем случае пространство, где определена искомая функция (процент вылова разных возрастных групп по годам промысла), это плоскость с координатами (год промысла, возраст). Для обоснованного применения этого метода сначала исследуются статистические свойства пространственного распределения функции, для чего строятся вариограммы.

Вариограмма представляет собой функцию  $\Gamma$  расстояния между точками  $h$  (в данном случае измеряется в годах), которая равна половине дисперсии ( $D$ ) изменения функции  $C(x)$  при изменении расстояния между точками, т.е.

$$\Gamma(h) = 1/2 D[(C(x+h) - C(x))]. \quad (1)$$

Здесь функция  $C(x)$  представляет собой долю (или процент) возрастной группы  $a$  в улове в год  $y$ , т.е.  $x$  – векторная величина  $x = (a, y)$ .

Вариограмма, построенная в данном случае в направлении  $45^\circ$  на плоскости  $(a, y)$ , позволяет получить характеристики изменения возрастного состава улова вдоль поколений. Выбирается модель вариограммы, а затем радиус поиска – это радиус области вокруг точки с неизвестным значением функции  $C(x)$ , которое и будет оцениваться с учетом значений функции во всех точках этой области.

Кригинг реализован с помощью стандартного пакета SURFER 6. Для построения вариограммы использован программный пакет VARIOWIN 2.2<sup>1</sup>.

Для оценки запасов желтоперой камбалы использованы два метода, XSA – расширенный анализ выживаемости и ISVPA – мгновенный сепарабельный когортный анализ. При расчетах по обеим моделям ограничивались периодом с 1980 по 2002 г. и возрастными группами от 4 до 14 лет, последнюю группу 14+ считали плюс-группой, т.е. включающей особей старше 13 лет.

Метод XSA [Shepherd 1992, 1999; Darby and Flatman, 1994], широко применяемый в ИКЕС, основан на использовании всех доступных данных для оценивания численности выживших особей каждого поколения к концу расчетного периода. Для применения этого метода, помимо данных по возрастному составу уловов, необходима дополнительная информация, причем эта информация должна представлять собой временные ряды уловов на единицу промыслового усилия (или других индексов запаса) и их возрастной состав, другими словами, индексы запаса должны быть дифференцированы по возрастам. Такие данные для промысла желтоперой камбалы существуют, но это сравнительно короткие ряды (начиная с 1995 г.), причем данные по улову на единицу промыслового усилия ( $cpue$ ) есть только для среднетоннажных судов, в то время как основная доля промысловых уловов берется маломерным флотом.

Модель ISVPA, разработанная во ВНИРО [Kizner and Vasilyev, 1993; 1997; Васильев, 2001], принадлежит к классу сепарабельных когортных моделей и используется в настоящее время в различных рабочих группах ИКЕС. Модель позволяет одновременно привлекать к оценке несколько индексов запаса, не только структурированных по возрастам (как, например,  $cpue$ ), но и интегральных (например, суммарная оценка биомассы нерестового запаса, оцениваемая для желтоперой камбалы во время ежегодных траловых съемок). Важно, что отсутствие материалов траловых съемок за несколько лет ретроспективного периода не мешает использовать в модели этот интегральный индекс для остальных лет. Целевая функция (2) состоит из нескольких слагаемых (количество их равно количеству индексов плюс 1), здесь приведены три слагаемых:

$$SSE = \omega_1 \sum_{a,y} (\ln C(a, y) - \ln C^{est}(a, y))^2 + \omega_2 \sum_y (\ln ssb - \ln ssb^{est})^2 + \omega_3 \sum_{a,y} (\ln I(a, y) - \ln I^{est}(a, y))^2. \quad (2)$$

Первое слагаемое представляет собой сумму квадратов отклонений логарифмов численности матрицы фактических уловов от их значений, рассчитанных по модели.

<sup>1</sup> Разработчик программы – Yvan Pannatier, Швейцария [www.springer-nv.com/supplements/variowin.html](http://www.springer-nv.com/supplements/variowin.html).

Второе слагаемое уравнения (2) – это сумма отклонений логарифмов биомассы нерестового запаса, полученных из съёмок, от рассчитанных по модели. Третье слагаемое – сумма остатков индекса запаса, дифференцированного по возрастам. Возможно включение в анализ нескольких индексов разного типа, но для желтоперой камбалы мы располагали одним интегральным индексом (нерестовая биомасса по данным съёмок с 1980 г., но для трех лет данные отсутствовали) и одним индексом с учетом возрастной структуры (ряд *срив*, начиная с 1995 г.).

Множители  $w_i$  – это весовые коэффициенты, которые задает пользователь программы в диалоговом режиме. Программа позволяет найти минимум суммарной целевой функции (2) и отдельно минимум каждого из слагаемых.

Модель ISVPA может быть применена и в том случае, когда вообще отсутствует дополнительная информация для настройки. В этом случае целевая функция (2) содержит только первое слагаемое.

Таким образом, для настройки моделей оценки запаса использована следующая информация:

- данные по стандартизированному промышленному усилию (судосутки работы среднетоннажного судна), рассчитанные методом Галланда, и возрастная структура улова на единицу такого усилия (для обеих моделей);
- оценки нерестовой биомассы, полученные по данным траловых съёмок (для ISVPA).

Еще одно преимущество модели ISVPA – возможность получить с ее помощью оценку мгновенного коэффициента естественной смертности, при этом минимум целевой функции ищется не только по терминальному коэффициенту промысловой смертности и функции селективности, но и по коэффициенту естественной смертности.

Коэффициент естественной смертности  $M$  принят неизменным по возрастам и по годам промысла, поскольку возрастной состав камбалы недостаточно надежен и промысловой статистики недостаточно для определения зависимости  $M$  от возраста. Коэффициент  $M$  оценивался как вышеуказанным методом, так и методом В.А. Рихтера и В.Н. Ефанова [1977], которые предложили следующую эмпирическую формулу оценки коэффициента  $M$  через возраст  $t_n$ , при котором 70% особей в популяции становятся половозрелыми:

$$M = \frac{1,521}{t_n^{0,72}} - 0,155.$$

Для проведения прогностических расчетов предварительно выбрана схема регулирования предосторожного подхода, согласно которой оцениваются значения граничных и целевых биологических ориентиров управления популяцией как по коэффициенту промысловой смертности, так и по нерестовой биомассе. Граничные ориентиры по биомассе  $B_{lim}$  и по промысловой смертности  $F_{lim}$  – это значения биомассы нерестового запаса и параметра  $F$  соответственно, при переходе через которые возникает опасность (риск) нарушения воспроизводства запаса (имеется в виду, что с большой вероятностью  $SSB$  должна быть не ниже  $B_{lim}$ , а параметр  $F$  не должен превышать  $F_{lim}$ ). Целевые ориентиры по биомассе ( $B_{tr}$ ) и по промысловой смертности ( $F_{tr}$ ) – это значения нерестовой биомассы и  $F$ , обеспечивающие максимальное воспроизводство популяции.

С помощью программного пакета PAsSoft [1999] оценены характеристики запаса, которые могли бы быть приняты в качестве биологических ориентиров. Эта программа, основываясь на результатах ретроспективных расчетов запаса, строит зависимости запас-пополнение, улов на рекрута и запас на рекрута от промысловой смертности, затем дает оценки ряда параметров, которые можно выбрать в качестве ориентиров управления, а также проводит стохастические расчеты Монте-Карло, с помощью которых оценивает точность полученных ориентиров управления.

Прогнозирование запаса и определение величины общего допустимого улова проводилось по специально разработанной нами программе в среде EXCEL, включающей в себя принятую схему регулирования.

## Результаты и их обсуждение

**Возрастной состав уловов.** Чтобы восполнить отсутствующие для трех лет данные по возрастному составу желтоперой камбалы, использован метод кригинга. Вариограмма, построенная для выбора параметров этой процедуры, приведена на рис. 1. Судя по виду вариограммы, ее можно описать линейной моделью, а радиус поиска принять равным 9 годам. Чтобы не вносить искажений в значения функции в тех точках, для которых значения заданы, параметр «наггит-эффект» выбран равным нулю. Полученная поверхность возрастного состава уловов камбалы, выраженного в процентах, показана на рис. 2.

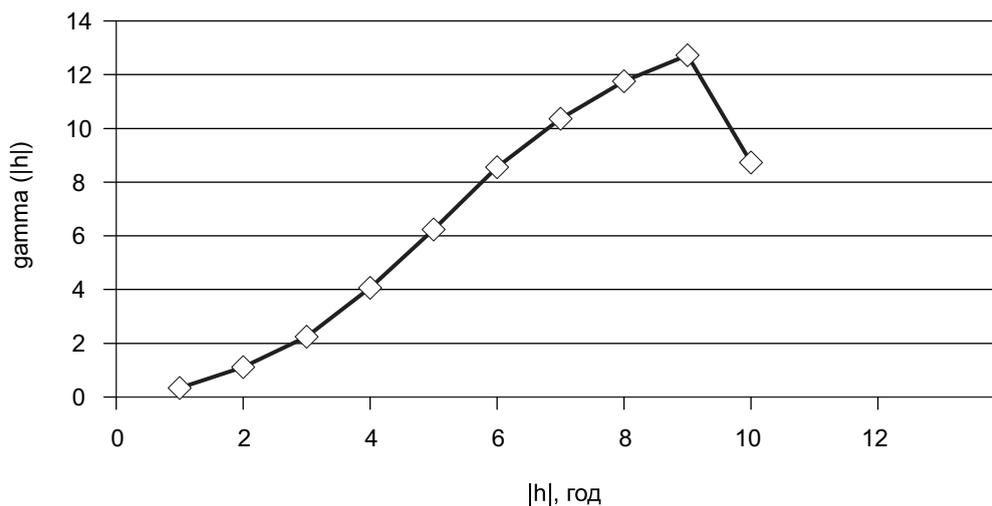


Рис. 1. Вариограмма, построенная для возрастного состава уловов камбалы в направлении  $45^\circ$ . Максимальный радиус поиска принят равным 9 годам

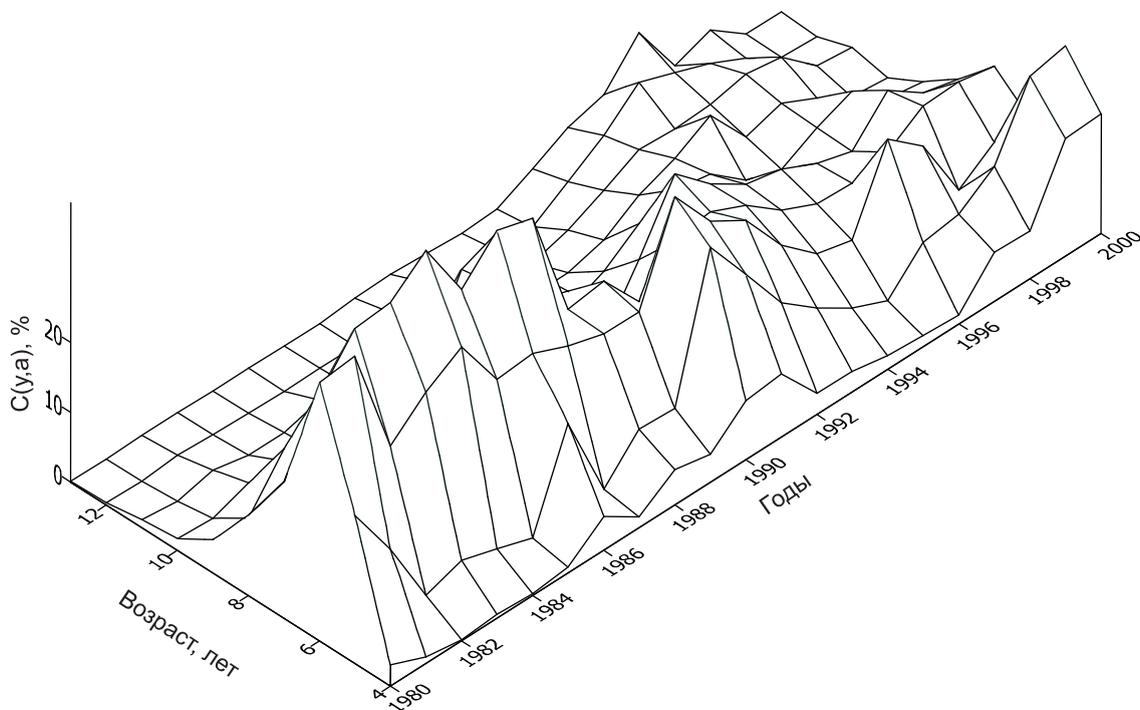
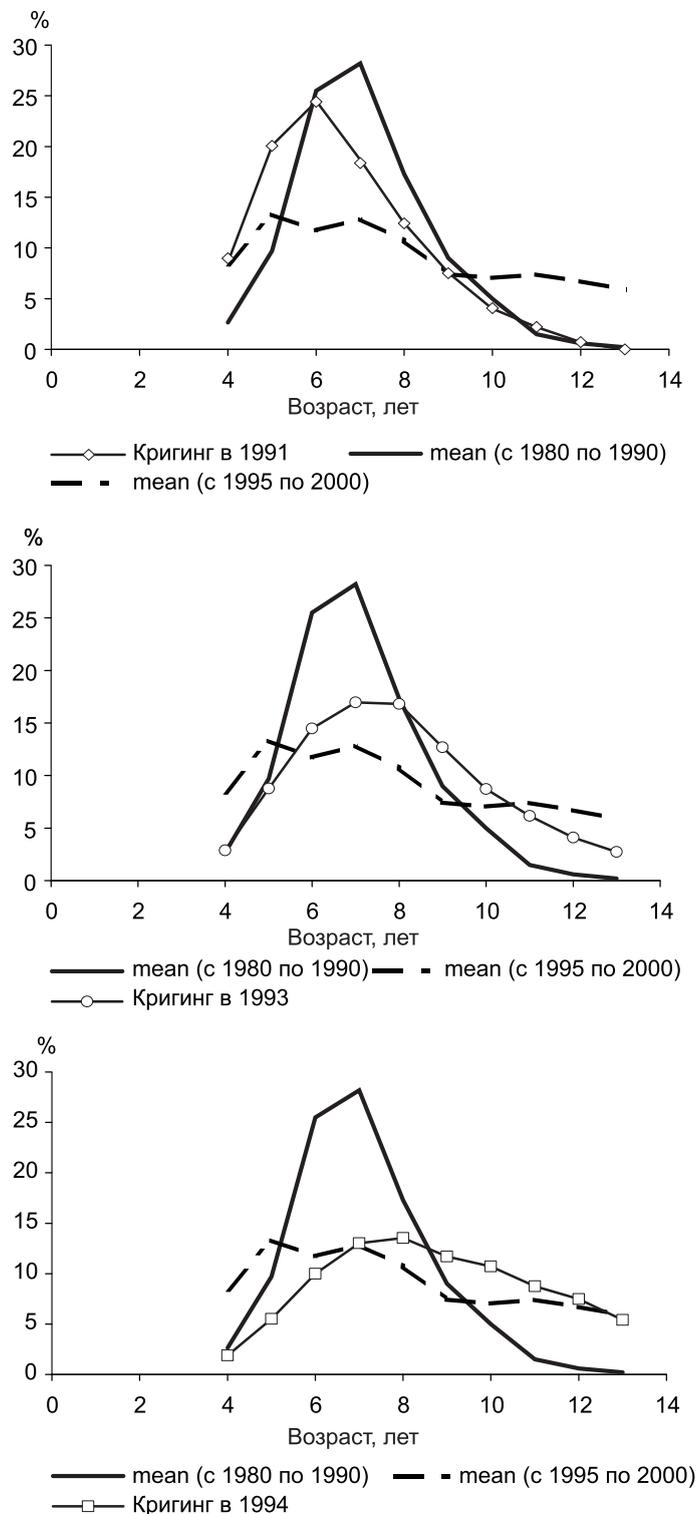


Рис. 2. Поверхность возрастного состава уловов  $C(a,y)$  (%) желтоперой камбалы, полученная с помощью кригинга

На рис. 3 приведены результаты расчетов: возрастной состав уловов для трех лет, для которых данные отсутствовали, сравнивается со среднемноголетним возрастным составом, рассчитанным для двух периодов – 1980–1990 гг. и 1995–2000 гг. Распределение, полученное для каждого из трех пропущенных лет, значительно отличается от обоих средних распределений, даже модальные возраст-



**Рис. 3.** Сравнение среднемноголетнего возрастного состава уловов за два периода (с 1980 по 1990 г. и с 1995 по 2000 г.) с оценками, полученными с помощью кригинга для трех пропущенных лет

ные группы не совпадают. Поскольку полученный кригингом возрастной состав для трех пропущенных лет учитывает дополнительную информацию о внутренней структуре данных, полагаем, что он больше соответствует реальному, потому именно эти данные использованы в качестве входной информации для моделей оценки запаса.

Для получения возрастного состава улова в штучном выражении используются данные по среднему весу особи в уловах. Судя по рис. 4, в последние годы наблюдается сильная тенденция уменьшения этой характеристики. Это может означать, что либо увеличилась селективность промысла по отношению к младшим возрастам, либо в последние годы появились очень мощные поколения. Данные съемок последних лет подтверждают второе предположение.



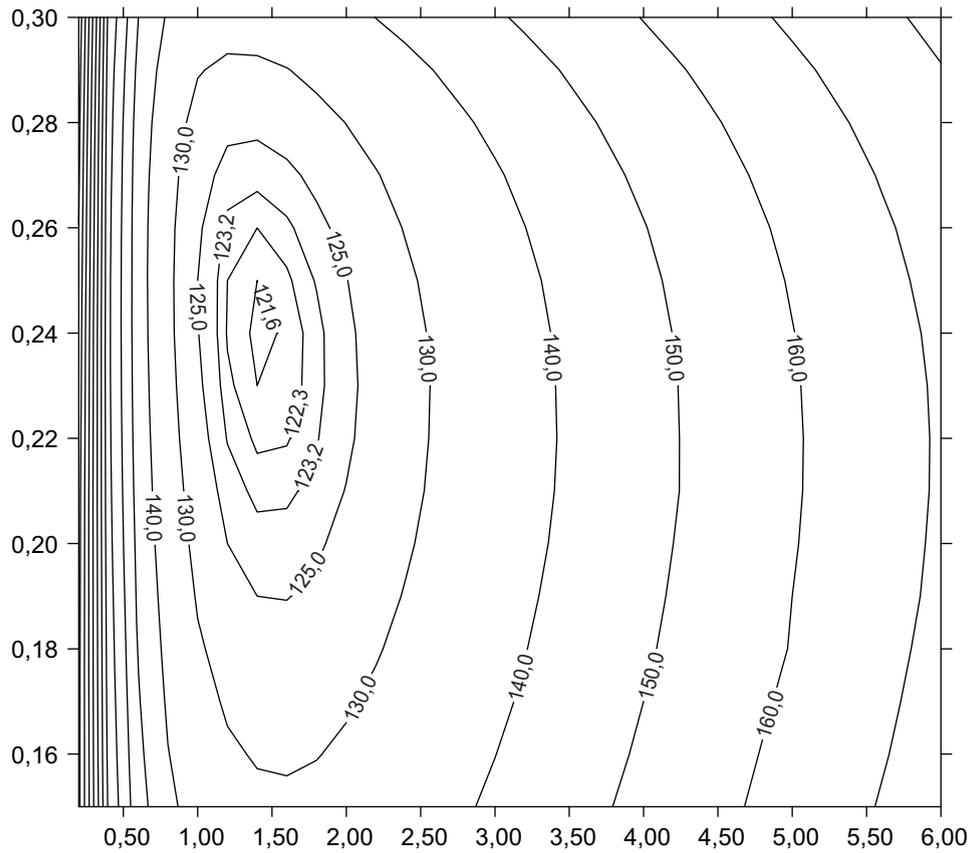
Рис. 4. Изменение среднего веса особи желтоперой камбалы в улове по годам. Кругами показаны значения, полученные интерполяцией

**Коэффициент естественной смертности  $M$ .** Метод В.А. Рихтера и В.Н. Ефанова дал оценку  $M = 0,20$ . Расчеты по модели ISVPA позволяют построить поверхность функции остатков в зависимости от коэффициента промысловой смертности и величины  $M$ . На рис. 5 показана эта поверхность в виде линий равного уровня на плоскости  $\{M, f_{term}\}$ . Здесь  $f_{term}$  — терминальное значение (полученное для старшего возраста последнего расчетного года) коэффициента  $f$ , который представляет собой фактор года коэффициента промысловой смертности сепарабельной модели Д. Васильева [2001]. Этот коэффициент связан с мгновенным коэффициентом промысловой смертности соотношением

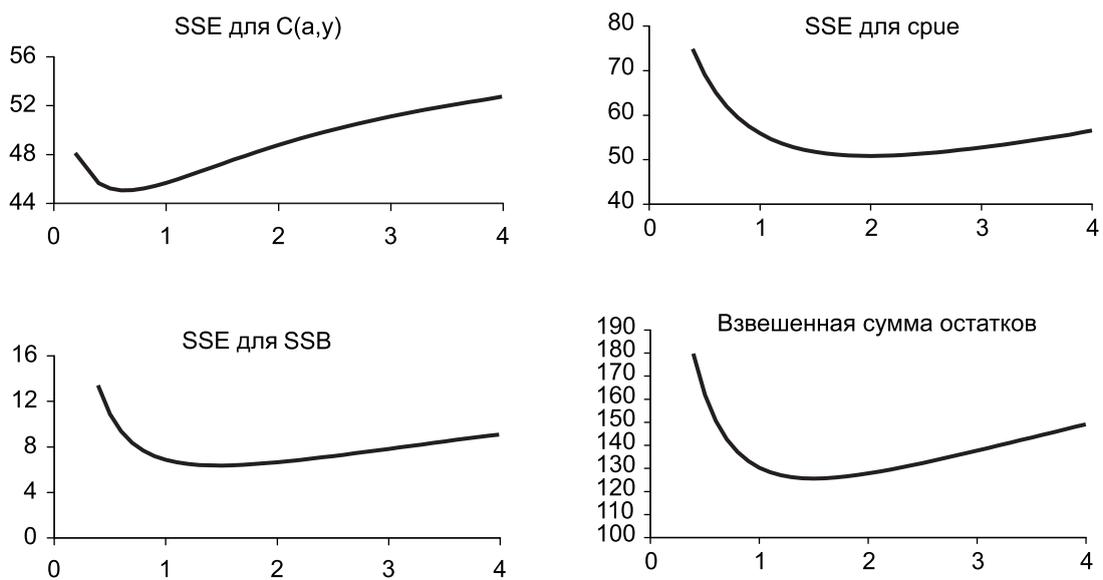
$$F(a, y) = -\ln(1 - f(y)S(a)).$$

Минимум функции остатков приходится на  $M = 0,24$ . Н.С. Фадеев [1987] получил для данного запаса желтоперой камбалы ту же оценку  $M$  методом Палохеймо [Paloheimo, 1958], ее и принимаем для расчетов запаса.

**Ретроспективные расчеты.** По каждой модели проведены серии прогонов с различными опциями. При работе с моделью XSA варьировали величину младшего возраста, после которого коэффициент улавливаемости не должен зависеть от численности поколения, и возраст, начиная с которого этот коэффициент полагается постоянным, меняли также начальный год настройки. В качестве базового варианта для прогнозирования выбран тот, которому соответствовали минимальные остатки по годам и возрастным группам. Для ISVPA рассматривали различные версии модели, меняли вид целевой функции и метод оценки параметров [Васильев, 2001]. Базовым вариантом стал тот, в котором существовал минимум каждой из трех составляющих целевой функции (2), представленных на рис. 6. Окончательной оценкой терминального значения коэффициента промысловой



**Рис. 5.** Поверхность функции остатков  $SSE(M, f_{term})$ , представленная в виде линий равных уровней. По оси ординат – искомый коэффициент  $M$ , по оси абсцисс – терминальное значение фактора года промысловой смертности, связанное с коэффициентом  $F_{term}$  зависимостью  $F_{term} = -\ln(1 - f_{term} S(a_{term}))$

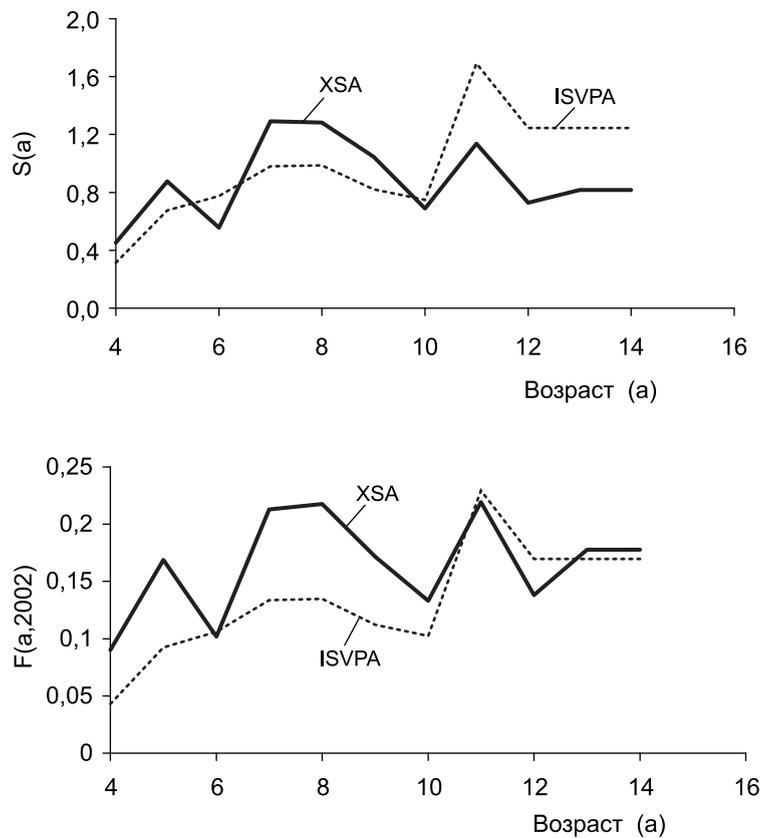


**Рис. 6.** Сумма квадратов отклонений ( $SSE$ ) в зависимости от терминального  $f$  (по оси абсцисс) для матрицы уловов  $C(a,y)$ , интегрального индекса  $SSB$ , индекса запаса с возрастной структурой ( $срие$ ) и суммарное значение функции остатков (модель ISVPA)

смертности принимается величина, соответствующая минимуму суммарной целевой функции (2), приведенной на правом нижнем рис. 6.

В связи с неустойчивостью селективных свойств промысла и/или высокой зашумленностью данных по возрастному составу уловов до 1990 г. было решено ограничиться периодом с 1990 по 2002 г., расчеты при этом проводились по так называемой версии ISVPA «с управляющими усилиями» [Васильев, 2001], позволяющей в нашем случае получить минимум не только суммарной функции (2), но и первого ее слагаемого, соответствующего данным по возрастному составу уловов.

Для двух моделей первым годом настройки по *сриве* был выбран 1996 г. На рис. 7–9 сравниваются результаты ретроспективных расчетов для выбранных вариантов двух моделей. Функция селективности, представленная на рис. 7 вверху, равна усредненному за последние 5 лет отношению  $F(a,y)/Fbar(y)$ , где  $Fbar(y)$  – среднее арифметическое оценок коэффициентов  $F(a,y)$  для возрастных групп от 4 до 11 в году.



**Рис. 7.** Оценки селективности (сверху) и коэффициента промысловой смертности в терминальный год (внизу), полученные по двум моделям

Оценки запасов, полученные по разным моделям (см. рис. 8), значительно отличаются в ретроспективе, сближаясь в последние годы. Тем не менее модель ISVPA показывает в самые последние годы большую тенденцию к росту запасов, это отражается и на прогнозных значениях запаса, которые рассмотрены ниже. Эта модель дает и более высокие оценки пополнения (см. рис. 9), особенно в два последние года.

**Прогностические расчеты и выбор стратегий управления.** В качестве основы для прогностических расчетов приняты: численность запаса в терминальный 2002 г. и усредненные за последние пять лет огива половозрелости, средняя масса особи и функция селективности по возрастным группам, а также медианное значение численности пополнения в возрасте четыре года за ретроспективный период.

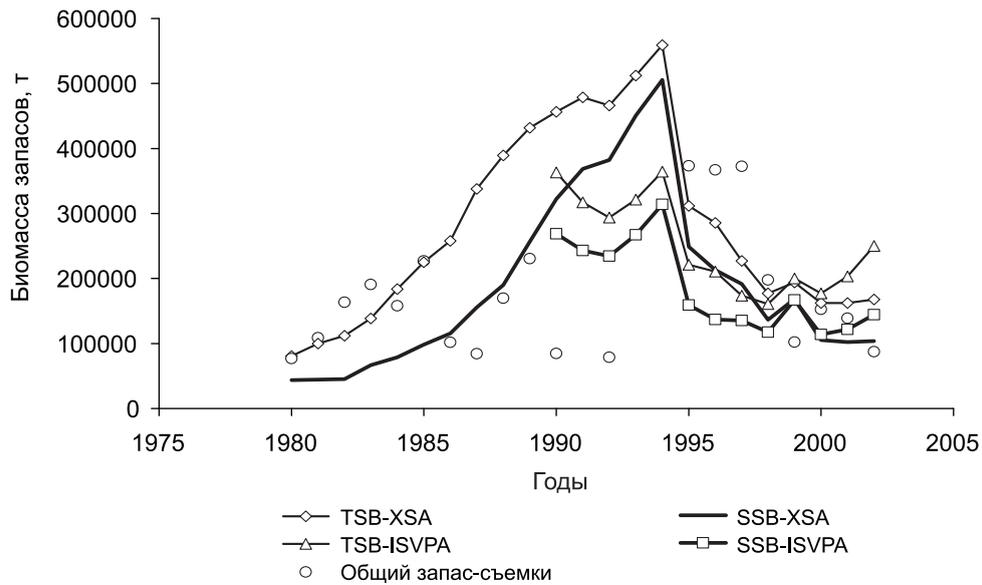


Рис. 8. Оценки общего (TSB, 4+) и нерестового (SSB) запасов, полученные по двум моделям. Пустыми кружками показаны оценки общего запаса по данным траловых съёмок

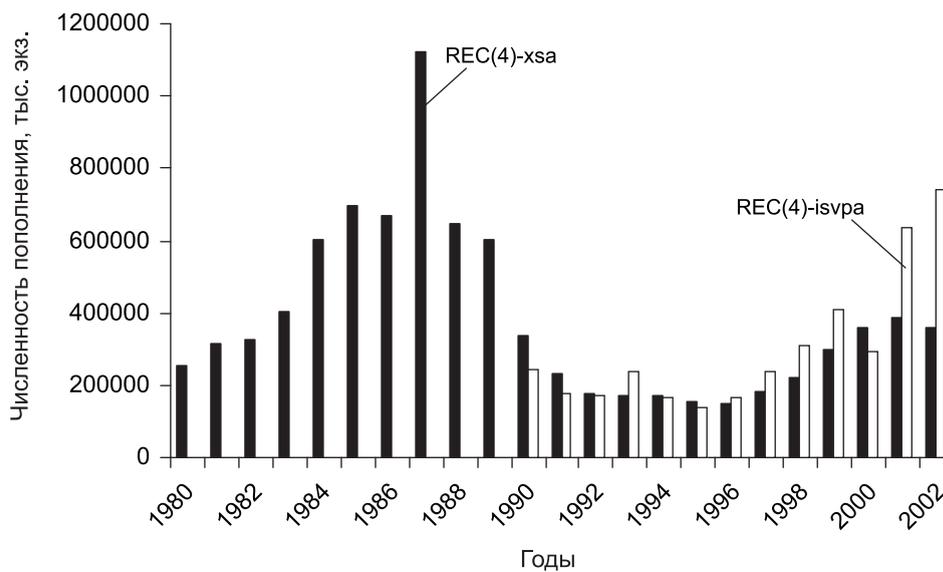


Рис. 9. Численность пополнения в возрасте 4 года, в тыс. экз., оцененная по двум моделям

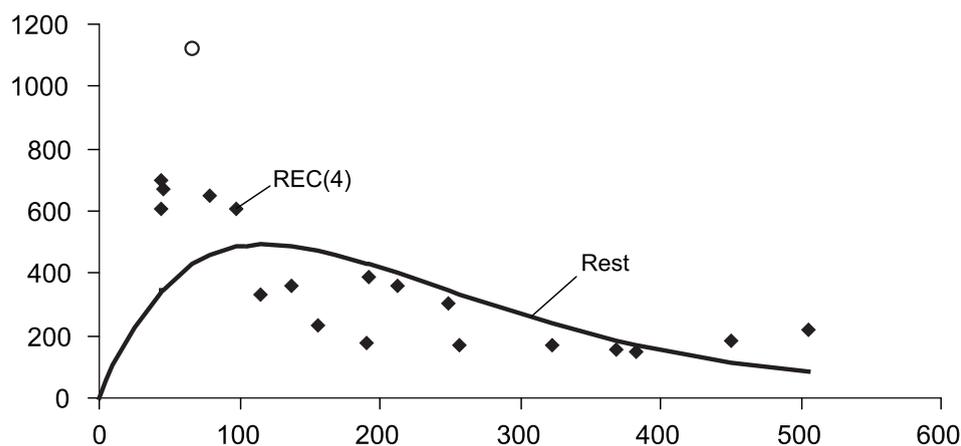
Перед проведением прогностических расчетов предварительно были определены биологические ориентиры управления популяцией с помощью программного пакета PASoft для каждой модели отдельно. Поскольку для модели ISVPA ретроспективные ряды существенно короче, то поле точек на плоскости (нерестовый запас – пополнение) оказалось недостаточным для оценки некоторых ориентиров управления как по биомассе, так и по коэффициенту промысловой смертности. Потому при выборе ориентиров управления решено основываться главным образом на результатах XSA.

Получены следующие оценки ориентиров:  $B_{loss} = 43,7$  тыс. т,  $F_{max} = 0,45$ ;  $F_{01} = 0,21$ ;  $F_{35\% SPR} = 0,20$ ;  $F_{high} = 1,14$ .

В качестве граничного ориентир по промысловой смертности  $F_{lim}$  принимаем величину  $F_{max} = 0,45$ , которая соответствует максимуму равновесной зависимости

улова на единицу пополнения. Как показали статистические расчеты по методу Монте Карло, этот ориентир определен со значительной ошибкой, но его нижний предел в виде 5-перцентиля можно принять в качестве целевого ориентира по промысловой смертности, тогда  $F_{tr} = 0,33$ .

Принимаем в качестве граничного ориентира по нерестовой биомассе  $B_{lim} = 50$  тыс. т, округляя в сторону увеличения минимальную оценку за расчетный период нерестовой биомассы  $B_{loss}$ . Это то значение нерестовой биомассы, при котором следует закрывать промысел. Целевой ориентир по биомассе представляет собой величину нерестового запаса, к которому следует стремиться привести популяцию в процессе регулирования промысла. На рис. 10 на плоскости (нерестовой запас; пополнение в возрасте 4 года) приведено поле точек, полученное в результате расчетов по модели XSA. Там же приведена теоретическая зависимость, соответствующая уравнению Рикера. Выбрана именно эта модель, поскольку поле точек расположено так, что с ростом биомассы нерестового запаса наблюдается тенденция к уменьшению пополнения. В качестве целевого ориентира по биомассе можно взять, например, величину  $SSB$ , соответствующую максимуму пополнения. Она равна 119 тыс. т. В то же время имея зависимость нерестового запаса на единицу пополнения от промысловой смертности в равновесных условиях ( $SSB/R(F)$ ) и теоретическую функцию запас-пополнение Рикера, мы построили зависимость нерестовой биомассы от  $F$ . Согласно этой зависимости, при  $F = F_{tr} = 0,33$  величина нерестовой биомассы равна 105 тыс. т. Эту величину решено принять в качестве целевого ориентира, т.е.  $B_{tr} = 105$  тыс. т.



**Рис. 10.** Поле точек запас-пополнение, полученное на основе результатов XSA, и зависимость Рикера, построенная по этим точкам  $Rest = 11,235 \cdot SSB \cdot \exp(-0,084 \cdot SSB)$ , при этом исключена точка, соответствующая поколению 1983 г. (показана пустым кружком)

Прогнозные расчеты тоже проводились отдельно для каждой модели, примененной при ретроспективных расчетах. Параметры: средние навески, доля половозрелости, коэффициент естественной смертности — взяты одними и теми же для всех прогнозных лет и для обеих моделей. Различия заключаются в распределении численности запаса в 2002 г. по возрастным группам, в функции селективности от возраста и величине пополнения для прогнозных лет. При расчетах полагали, что вылов в 2003 и 2004 г. равен ранее принятым величинам ОДУ желтоперой камбалы (29,2 и 25,6 тыс. т соответственно). Начиная с 2005 г. ОДУ определяется согласно описанной выше схеме регулирования предосторожного подхода.

**Прогноз на основе прогона ISVPA — первый вариант.** Пополнение в 2002 г. считаем равным расчетной величине (739 млн экз.). Для последующих лет принимаем его равным медианному значению, полученному при стохастических рас-

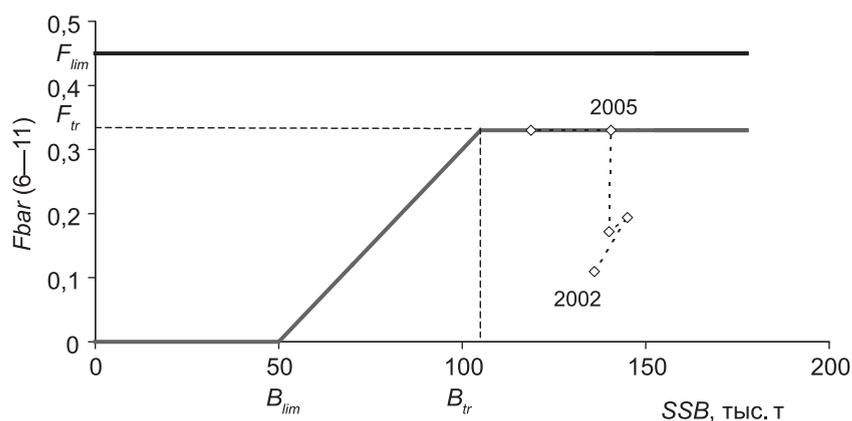
четах Монте-Карло (программа PAsoft), а именно 227 млн экз. Здесь  $F_{bar}$  — среднее арифметическое значений  $F(a)$  возрастов от 6 до 11 лет для соответствующего года.

Годы	2003	2004	2005	2006
ВЫЛОВ	29,2	25,6	59	48
$F_{bar}$	0,16	0,137	0,33	0,33
$TSB$	267	257	255	210
$SSB$	169	172	178	153

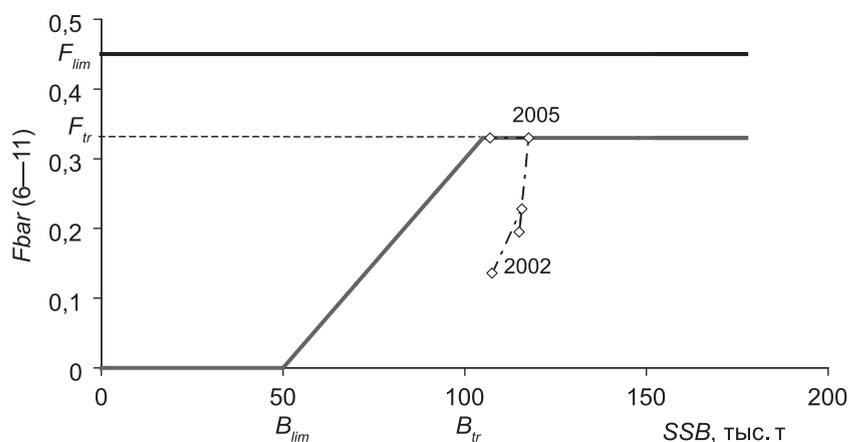
**Прогноз на основе прогона ISVPA — второй вариант.** Пополнение в 2002 г. кажется слишком высоким, потому в этом варианте уже с 2002 г. принимаем пополнение равным медианному значению 227 млн экз.

Годы	2003	2004	2005	2006
ВЫЛОВ	29,2	25,6	44	37
$F_{bar}$	0,19	0,17	0,33	0,33
$TSB$	216	205	197	166
$SSB$	145	140	140	119

Схема регулирования для этого варианта показана на рис. 11, а. Биомасса нерестового запаса для последних лет (точки, соединенные пунктиром) выше  $B_{tr} = 105$  тыс. т, потому при вылове в 2003 и 2004 гг., равном уже установленному ОДУ, в последующие два года можно эксплуатировать запас с  $F = F_{tr} = 0,33$ , при этом нерестовый запас остается выше целевого уровня.



а



б

**Рис. 11.** Схема регулирования: а — вариант 2 и б — вариант 3

**Прогноз на основе прогона XSA.** Пополнение в 2002 г. принимаем равным полученному в расчетах (361 млн экз.), а для последующих лет – равным медианному значению, полученному с помощью программы PAsSoft, но на основе модели XSA, а именно 327 млн экз. В этом случае (рис. 11, б) оценки запасов для 2005–2006 гг., а следовательно и ОДУ для 2005 г. несколько ниже, чем в предыдущем варианте, биомасса нерестового запаса в 2006 г. немного снижается, приближаясь к целевому уровню  $Bt_r = 105$  тыс. т. Для 2005–2006 гг. можно поддерживать параметр  $F$  на уровне  $F_{br}$ .

Годы	2003	2004	2005	2006
Вылов	29,2	25,6	42	37
$F_{bar}$	0,228	0,195	0,33	0,33
$TSB$	182	180	182	166
$SSB$	116	115	118	107

Основываясь на вышеприведенных расчетах, можно рекомендовать установить величину ОДУ желтоперой камбалы на 2005 г. в пределах 42–59 тыс. т.

### Заключение

При оценке запасов популяций рыб одной из первостепенных задач является подготовка входных данных для математической модели. При неполной входной информации для заполнения пробелов в данных часто приходится прибегать к усреднению и интерполяции. В работе предлагается использовать метод кригинга для оценки возрастного состава для тех лет, для которых такие данные не были собраны, а не использовать среднеголетние оценки возрастного состава уловов. Это поможет избежать дополнительных ошибок.

Следует отметить, что указанные во введении к данной работе недостатки во входной информации (например, видовой и возрастной состав улова определяется не из промысловых уловов, а принят равным возрастному составу популяции, полученному по данным съемок, и др.) несколько снижают надежность оценок, получаемых с помощью математических моделей.

В работе для оценки запаса желтоперой камбалы использованы две разные когортные модели, которые продемонстрировали заметные различия динамики запаса в ретроспективе и небольшое различие в терминальный 2002 г. Возможно, причина этих различий кроется в недостаточно надежных исходных данных и различиях в гипотезах, положенных в основу моделей. На рис. 8 кружками показаны данные съемок – они существенно отличаются от оценок запаса, полученных по обеим моделям. Другой причиной может быть возможное изменение селективности промысла в течение всего расчетного периода. Работа с двумя моделями позволила использовать преимущества каждой из них. По результатам XSA получены оценки биологических ориентиров управления, а с помощью ISVPA найдена оценка такого важного параметра, как коэффициент естественной смертности  $M = 0,24$ .

Для каждой модели проведены прогнозные расчеты на 2003–2006 гг. и показано, что запас находится в безопасной зоне и величина ОДУ желтоперой камбалы для 2005 г. может быть выбрана в интервале 42–59 тыс. т, например, на уровне 50 тыс. т при условии, что вылов в 2003 и 2004 гг. будет равен уже принятым величинам ОДУ.

В последние годы ОДУ камбал данного района промыслом не выбирается. Недолов обусловлен не состоянием запасов, а организационными и экономическими причинами. Поэтому интенсивность промысла камбал ниже, чем следовало бы ей быть для выбора величины ОДУ.

### Литература

- Васильев Д.А.* 2001. Когортные модели и анализ промысловых биоресурсов при дефиците информационного обеспечения. – М.: Изд-во ВНИРО. – 210 с.
- Рихтер В.А., Ефанов В.Н.* 1977. Об одном из подходов к оценке естественной смертности рыбных популяций // Труды АтлантНИРО. Вып. 75. – С. 77–85.

- Родионов Д.А., Козан Р.И., Голубев В.А.* 1987. Справочник по математическим методам в геологии.— М.: Недра.— 355 с.
- Фадеев Н.С.* 1987. Северотихоокеанские камбалы.— М.: Агропромиздат. 176 с.
- Шунтов В.П.* 1985. Биологические ресурсы Охотского моря.— М.: Агропромиздат.— 224 с.
- Armstrong M. et al.* 1992. Geostatistics for fish survey data. Centre de Geostatistique. Fontainebleau, France.— 189 p.
- Bulgakova T., Vasilyev D., Daan N.* 2001. Weighting and smoothing of stomach content data as input for MSVPA with particular reference to the Barents Sea// ICES Journal of Marine Science. V. 58. N. 6.— P. 1208–1218.
- Darby C.D., Flatman S.* 1994. Virtual Population Analysis. User Guide// ICES. 1994.— 82 p.(manuscript).
- Kizner Z.I., Vasilyev D.A.* 1993. Instantaneous Separable VPA (ISVPA) with determination of natural mortality coefficient// ICES Statutory Meeting (1993) Statistic Committee. CM 1993/D:2.— 45p.
- Kizner Z.I., Vasilyev D.A.* 1997. Instantaneous Separable VPA (ISVPA)// ICES J.Mar.Sci. V. 54. N. 3.— P. 399–411.
- Paloheimo J.E.* 1958. A method of estimating natural and fishing mortalities // J.Fish.Res.Bd.Canada. V. 15. N. 4.— P. 8–15.
- PA Software Users' Guide* 1999. CEFAS, Lowestoft, UK.— 53 p. (manuscript)
- Petitgas P.* 1993. Geostatistics for fish stock assessments: a review and an acoustic application // ICES J.Mar.Sci. 50.— P. 285–298.
- Rivoirard J., Bez N.* 1997. A 2D geostatistical analysis on northern blue whiting acoustic data west of the British isles. ICES CM 1997/Y:13.— 26 p.
- Shepherd J.G.* 1992. Extended survivors analysis: an improved method for the analysis of catch-at-age data and catch-per-unit-effort data // ICES Multispecies Assessment Working Group. June 1992, Copenhagen, Denmark.— 22 p.
- Shepherd J.G.* 1999. Extended survivors analysis: an improved method for the analysis of catch-at-age data and abundance indices // ICES J. of Marine Science. 56.— P. 584–591.

**ЛИНЕЙНЫЙ  
РОСТ, ВОЗРАСТ И ПАРАМЕТРЫ  
СМЕРТНОСТИ**

## К методике определения возраста тихоокеанской трески (*Gadus macrocephalus*)

О.А. Ровнина (ВНИРО)

Определение возраста тихоокеанской трески (*Gadus macrocephalus*) довольно сложно. Ранее отмечалось [Моисеев, 1953; Чугунова, 1959], что для этого целесообразно использовать как чешую и отолиты, так и срезы лучей плавников. Попытки определять возраст тихоокеанской трески и по другим регистрирующим структурам: крышечной кости (operculum), большой покровной кости плечевого пояса (cleithrum), вороньей кости (coracoid), лопатке (scapula), верхнечелюстной кости (maxillarae), позвонкам (vertebrae) [Kennedy, 1970; Ketchen, 1970; Beamish, 1981; Chilton, Beamish, 1982; Lai и др., 1987]. Однако эти попытки не дали положительных результатов. Одни авторы [Kennedy, 1970] рекомендуют определять возраст по чешуе, другие [Westrheim, Shaw, 1982] полагают, что чешуя годна для определения возраста только особей не старше двух лет. Было подтверждено [Beamish, 1981], что для определения возраста рыб большого размера целесообразно использовать срезы лучей второго спинного и грудного плавников. Таким образом, ни один из методов, предполагающих использование одной регистрирующей структуры, не является пригодным для рыб всех возрастов и размеров.

Кроме того, при определении возраста по различным структурам оценки не всегда совпадают. Так, после параллельного просмотра чешуи, отолитов и спилов спинного плавника восточноберингоморской трески [Kimura, Lyons, 1990] было показано, что чем старше возрастная группа, тем более занижены оценки возраста по чешуе, по сравнению с оценками по другим структурам.

Целью данной работы является сравнение оценок возраста западноберингоморской трески, полученных по трем регистрирующим структурам (чешуе, отолитам и лучам грудного плавника) и выбор структуры, наиболее пригодной для массового определения возраста особей разных размерно-возрастных групп.

### Материал и методика

Материалом для настоящей работы послужили сборы трески из траловых уловов в Наваринском и Олюторском районах Берингова моря в ноябре 1998 г. У 100 рыб, взятых на биологический анализ, брали три регистрирующие структуры: чешую, отолиты и грудной плавник. Чешую брали между вторым спинным плавником и боковой линией. Перед определением возраста в лабораторных условиях ее выдерживали в растворе аммиака, затем осторожно скоблили скальпелем под бинокуляром.

Отолиты разламывали, прокаливали над пламенем спиртовки и поверхность слома смачивали глицерином.

Грудной плавник вырезали ножницами вместе с сочленовой частью, высушивали на воздухе в пергаментном конверте. Для просмотра использовались первые 5–6 лучей. Плавник заливали эпоксидной смолой, которая застывала в течение суток. Затем небольшим лобзиком с полотном № 4/0–8/0 (в зависимости от толщины плавника) на специальной подставке делали 5–6 спилов толщиной примерно 0,5 мм строго перпендикулярно оси луча. Спилов каждого плавника помещали на отдельное предметное стекло в порядке удаления от основания плавника и покрывали тонким слоем прозрачного лака. В некоторых методических руководствах [Чугунова, 1959] рекомендуется прогреть срезы 5–10 мин. в термостате при температуре 60–70 °С, однако эта процедура ненамного увеличивает четкость зон, поэтому, по нашему мнению, при обработке массового материала не обязательна.

Для определения возраста по отолитам и чешуе использовался бинокуляр OLYMPUS SZH/10, по спилам плавников – микроскоп OLYMPUS CHS/CHT.

Достоверность разности средних значений длины возрастных групп, выделенных при использовании разных регистрирующих структур, оценивали по величине *t*-критерия Стьюдента [Плохинский, 1970].

### Результаты и обсуждение

Выборка, бывшая в нашем распоряжении, включала в себя рыб длиной (по Смитсу) 39–102 см.

Сравнение оценок возраста по каждой регистрирующей структуре, полученных двумя операторами (табл. 1), показало, что наибольший процент совпадения результатов определения принадлежит отолитам (70%) и спилам лучей грудного плавника (68%), наименьший – чешуе (46%).

Сравнение полученных оценок возраста по различным структурам показало, что они совпадают для рыб длиной до 50 см, которые не бывают старше пяти лет. Возраст этих рыб можно определять как по отолитам, так и по чешуе и спилам лучей грудного плавника. Возраст рыб 5–6 лет длиной 50–70 см, которые составляют основу промыслового стада, лучше определять по отолитам и спилам лучей, поскольку на чешуе этих рыб плохо заметны последние годовые кольца. Так, при определении возраста по чешуе особей размерной группы 50–90 см возраст был

Таблица 1

**Сравнение оценок определения возраста двумя операторами по различным регистрирующим структурам**

Регистрируемая структура	Возраст	Число совпадений	Число несовпадений	Процент совпадений	Всего экз.	
Отолиты	3	1	0	100	1	
	4	4	2	67	6	
	5	18	7	72	25	
	6	12	6	67	18	
	7	15	7	68	22	
	8	10	4	71	14	
	9	5	2	71	7	
	10	2	1	67	3	
	11	1	0	100	1	
	12	1	1	50	2	
	Всего		69	30	70	99
	Лучи	3	0	1	0	1
4		5	1	83	6	
5		16	4	80	20	
6		16	8	67	24	
7		15	7	68	22	
8		7	5	58	12	
9		6	3	67	9	
10		1	1	50	2	
11		0	1	0	1	
12		1	1	50	2	
Всего			67	32	68	99
Чешуя		3	1	0	100	1
	4	3	2	60	5	
	5	13	7	65	20	
	6	18	23	44	41	
	7	7	12	37	19	
	8	3	6	33	9	
	9	0	2	0	2	
	10	1	1	50	2	
Всего		46	53	46	99	

оценен как 5–6 лет, что маловероятно, так как не согласуется с определением по другим структурам. В то же время оценки по отолитам и спилам грудных плавников совпали полностью.

В табл. 2 представлены данные о количестве совпадений оценок возраста по разным регистрирующим структурам.

Средняя разность оценок по чешуе и по отолитам для рыб, возраст которых по отолитам оценен как 4 года, равна 0,7 года. Для особей, возраст которых по отолитам оценен как 5 лет, эта разность составляет 0,4 года. Для рыб с оценкой по отолитам 6 лет разность равна нулю, а для 7, 8 и 9 лет оценки по чешуе в среднем занижены по сравнению с оценками по отолитам на 0,6, 1,2 и 1,7 года соответственно. Так как при просмотре отолигов у особей младших возрастных групп

Таблица 2

**Число совпадений определения возраста (в годах) тихоокеанской трески по различным регистрирующим структурам**

Показатели	Возраст, лет										Всего
	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Чешуя, лет	Отолиты, лет										
3	1	–	–	–	–	–	–	–	–	–	1
4	–	3	1	1	–	–	–	–	–	–	5
5	–	2	13	2	–	3	–	–	–	–	20
6	–	1	11	13	14	1	1	–	–	–	41
7	–	–	–	2	7	7	3	–	–	–	19
8	–	–	–	–	1	2	3	–	1	2	9
9	–	–	–	–	–	1	–	1	–	–	2
10	–	–	–	–	–	–	–	2	–	–	2
Всего	1	6	25	18	22	14	7	3	1	2	
Лучи, лет											
3	1	–	–	–	–	–	–	–	–	–	1
4	–	5	1	–	–	–	–	–	–	–	6
5	–	1	18	1	–	–	–	–	–	–	20
6	–	–	6	15	2	1	–	–	–	–	24
7	–	–	–	2	15	3	2	–	–	–	22
8	–	–	–	–	4	8	–	–	–	–	12
9	–	–	–	–	1	2	5	1	–	–	9
10	–	–	–	–	–	–	–	2	–	–	2
11	–	–	–	–	–	–	–	–	–	1	1
12	–	–	–	–	–	–	–	–	1	1	2
Всего	1	6	25	18	22	14	7	3	1	2	
	Лучи, лет										
Чешуя, лет											
3	1	–	–	–	–	–	–	–	–	–	1
4	–	2	3	–	–	–	–	–	–	–	5
5	–	2	9	7	2	–	–	–	–	–	20
6	–	2	8	17	9	4	1	–	–	–	41
7	–	–	–	–	8	6	5	–	–	–	19
8	–	–	–	–	3	1	2	–	1	2	9
9	–	–	–	–	–	1	1	–	–	–	2
10	–	–	–	–	–	–	–	2	–	–	2
Всего	1	6	20	24	22	12	9	2	1	2	

не всегда удается уверенно идентифицировать первое годовое кольцо, то, вероятно, оценки возраста по чешуе более надежны. В то время как у рыб старше 6 лет на чешуе трудно различить последние годовые кольца, поэтому более надежны оценки возраста по отолитам.

В целом при сравнении оценок возраста по этим структурам оказалось, что оценки по спилам лучей совпадают с возрастом по отолитам на 72%, а оценки по чешуе – всего на 42%. Для массовых в уловах размерных групп наибольшее количество совпадений оценок оказалось для рыб длиной 50–69 см (табл. 3). С увеличением длины процент совпадений падает: в меньшей степени между отолитами и лучами, в большей – между лучами и чешуей.

Таблица 3

**Процент совпадений оценок возраста по различным регистрирующим структурам от общего числа особей данной размерной группы**

Показатели	Длина, см			
	50–59	60–69	70–79	80–89
Отолиты – лучи	80,9	80,9	75,0	50,0
Отолиты – чешуя	50,0	61,9	38,1	27,8
Лучи – чешуя	40,0	76,2	35,0	15,8

Нужно отметить, что нам не встречалась чешуя, на которой было бы заметно более 10 годовых колец. Значения средней длины для возрастных групп, выделенных на основании оценок возраста по отолитам и плавнику, близки, тогда как эти значения, рассчитанные на основании оценок возраста по чешуе, завышены (табл. 4).

Таблица 4

**Средняя длина трески в возрастных группах, выделенных на основании оценок возраста по разным регистрирующим структурам, см**

Возраст, лет	Чешуя				Отолиты				Лучи			
	$l^1$	$n^2$	$\delta^3$	$m^4$	1	$n$	$\delta$	$m$	1	$n$	$\delta$	$m$
3	39,0	1	–	–	39,0	1	–	–	3,9	1	–	–
4	51,4	5	8,3	3,7	49,5	6	5,5	2,2	49,3	6	5,6	2,3
5	62,5	20	12,1	2,7	56,9	25	5,2	1,0	56,3	20	4,4	0,9
6	68,2	41	9,9	1,5	66,5	18	3,9	0,9	66,2	24	4,8	0,9
7	82,2	19	8,8	2,0	76,6	22	4,6	0,9	78,5	22	4,6	0,9
8	91,8	9	7,8	2,6	85,8	14	3,6	0,9	83,4	12	3,3	0,9
9	90,5	2	2,1	1,5	91,3	7	3,9	1,5	90,3	9	2,8	0,9
10	92,5	2	4,9	3,5	94,3	3	4,0	2,3	95,5	2	4,9	3,4
11	–	–	–	–	101,0	1	–	–	101,0	1	–	–
12	–	–	–	–	101,5	2	0,7	0,5	101,5	2	0,7	0,5

<sup>1</sup>l – средняя длина возрастной группы.

<sup>2</sup>n – количество особей.

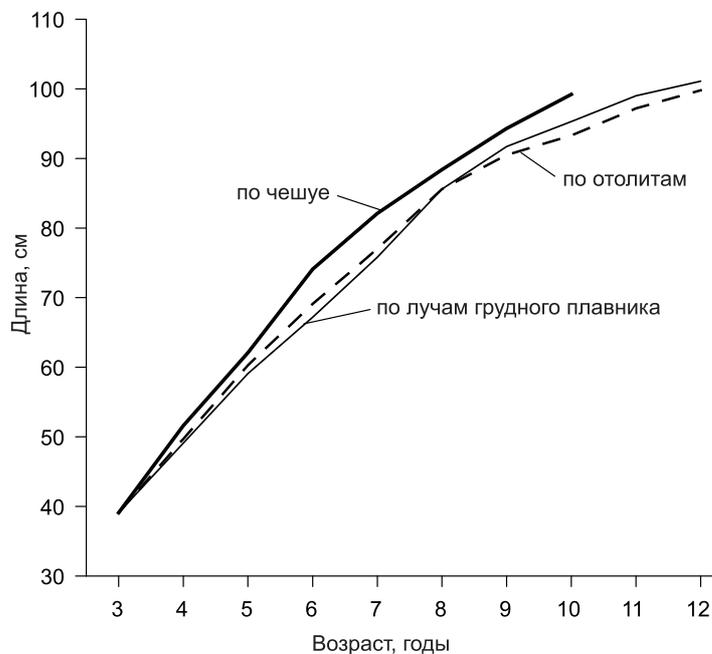
<sup>3</sup>δ – среднее квадратичное отклонение.

<sup>4</sup>m – ошибка средней арифметической длины.

Вероятно, занижение оценок возраста по чешуе происходит из-за сильной сближенности годовых колец по краю чешуи. В то же время по чешуе можно достаточно надежно оценивать возраст особей младших возрастных групп трески (1–3 года). Определение возраста по спилам грудных плавников наряду с определениями по отолитам может быть рекомендовано для особей старших возрастных групп (10–14 лет), которые представлены в уловах в незначительных количествах. Оценки возраста по спилам лучей практически совпадают с оценками по отолитам, но изготовление спилов плавников при обработке массового материала

ла занимает много времени, а результат определения возраста сильно зависит от качества препарата.

Разности средних значений длины одних и тех же возрастных групп, выделенных на основании оценок возраста по отолитам и грудным плавникам, оказались во всех случаях статистически недостоверны. Так же недостоверны разности между средними длинами младших возрастных групп, выделенных по отолитам и чешуе. Достоверные различия средних длин у этих сравниваемых групп появляются у семилетних ( $p < 0,01$ ) и восьмилетних ( $p < 0,05$ ) рыб.



Зависимость длины тихоокеанской трески от возраста, определенного по разным регистрирующим структурам

На рисунке показана зависимость длины трески от возраста, определенного по разным регистрирующим структурам. Кривые, построенные с использованием средней длины для каждого возрастного класса, практически совпали в случае использования для определения возраста отолитов и лучей плавников. При использовании чешуи в качестве регистрирующей структуры для определения возраста оказывается, что полученные данные явно занижены.

В литературе неоднократно приводились данные о различиях в скорости роста разных стад тихоокеанской трески [Яржомбек и др., 1997]. К сожалению, авторы публикаций либо используют для определения возраста разные регистрирующие структуры, либо не описывают используемую методику определения возраста. Таким образом, методические неточности могут существенно влиять на степень различия полученных оценок роста.

## Заключение

Анализ оценок возраста, полученных по трем регистрирующим структурам, показал, что наиболее пригодны для массового определения возраста тихоокеанской трески отолиды. Однако полностью отказываться от использования других структур не следует, так как в выборках, которые берутся для определения возрастного состава уловов, присутствуют также особи крайних размерных классов.

В связи с тем, что у крупных рыб (длиной более 95 см) отолиды при разламывании крошатся или аномально кристаллизованы, для более точного определения возраста трески самых крупных и самых мелких возрастных классов следует использовать спилы плавников. Для мелких рыб с длиной тела менее 35–40 см оптимально определение возраста по чешуе и отолитам.

## Литература

- Моисеев П.А. 1953. Треска и камбалы дальневосточных морей // Известия ТИНРО. Т. 53.— С. 3–287.
- Плохинский Н.А. 1970. Биометрия.— М.: Изд-во МГУ.— 366 с.
- Чугунова Н.И. 1959. Руководство по изучению возраста и роста рыб.— М.: Изд-во Академ. наук СССР.— 162 с.
- Яржомбек А.А. и др. 1997. Рост трески *Gadus macrocephalus* северо-западной части Берингова моря // Вопр. ихтиологии. Т. 37. Вып. 1.— С. 719–720.

*Яржомбек А.А.* 1998. Справочные материалы по росту рыб / Тресковые рыбы.— М.: Изд-во ВНИРО.— 43 с.

*Beamish R.J.* 1981. Use of section of fin-rays to age walleye pollock, Pacific cod, albacore, and the importance of this method // *Trans. Am. Fish. Soc.* V. 110. 2.— P. 287–299.

*Chilton D.E., Beamish R.J.* 1982. Age determination methods for fishes studied by the groundfish program at the Pacific Biological Station // *Can. Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci.* 60.— 102 p.

*Kennedy W.A.* 1970. Reading scales to age Pacific cod (*Gadus macrocephalus*) from Hecate Strait // *J. Fish. Res. Board Can.* — 27.— P. 915–922.

*Ketchen K.S.* 1970. An examination of criteria for determining the age of Pacific cod (*Gadus macrocephalus*) from otoliths // *Fish. Res. Board Can. Tech. Rep.* — 171.— 42 p.

*Kimura D.K., Lyons J.J.* 1990. Choosing a structure for the production aging of Pacific cod (*Gadus macrocephalus*) // *Bull. Int. N. Pacific Fish. Commis.* — 50.— P. 9–23.

*Lai H.I., Gunderson D.R., Low L.L.* 1987. Age determination of Pacific cod, *Gadus macrocephalus*, using five aging methods. // *Fish. Bull. U.S.* — 85.— P. 713–723.

*Westrheim S.J., Show W.* 1982. Progress report on validating age determination methods for Pacific cod (*Gadus macrocephalus*) // *Can. S. Rep. Fish. Aquat. Sci.* 1670.— 41 p.

УДК 597.553.2 (571.6)

---

## **Об изменении биологических показателей кеты (*Oncorhynchus keta*) на северо-восточном побережье Камчатки**

*Л.О. Заварина (КамчатНИРО)*

Северо-восточный район Камчатки — одно из основных мест воспроизводства кеты. Она является по значимости вторым после горбуши объектом промысла, а в годы низких подходов горбуши занимает в улове первое место.

До настоящего времени систематические наблюдения за лососями, и в том числе за кетой, в этом регионе Камчатки проводились в бассейне р. Хайлюля, находящейся практически на юге Карагинского залива, где располагается наблюдательный пункт КамчатНИРО. По остальным рекам, впадающим в этот, а также в Олюторский залив, есть данные по аэроучету лососей и отрывочные сведения Камчатрыбвода по биостатистике. К настоящему времени в КамчатНИРО накопились значительные архивные материалы, позволяющие провести анализ биологических показателей кеты и их динамики за период с 1976 по 2002 г.

Объем исследованного материала представлен в табл. 1. Весь материал собран и обработан по общепринятой методике [Правдин, 1966]. Возраст рыб определен до 1990 г. Е.Т. Николаевой. Статистическая обработка материала проведена при помощи программы Microsoft Excel.

Анализ данных по статистике уловов кеты северо-восточного побережья Камчатки показал, что ее максимальные уловы приходились на 1940-е гг. Далее наблюдается четкая тенденция их снижения и на конец 60-х — середину 70-х гг. прошлого века приходится исторический минимум уловов. На фоне введения запретов и ограничений в большинстве районов прибрежного промысла снижение уловов кеты сопровождалось сокращением численности производителей на нерестилищах (рис. 1). С конца 1970-х гг. наблюдается стабилизация и некоторый рост уловов кеты, и в 1980-е гг. они составляли в среднем около 6 тыс. т. В последнее десятилетие XX века с понижением численности нерестовых подходов кеты к северо-восточному побережью Камчатки и повышенной интенсивностью промысла снизился и пропуск рыб на нерестилища. В последние годы уловы составляют около 4–8 тыс. т, промысловая эксплуатация находится на довольно высоком уровне (70–91%), а численность производителей на нерестилищах снизилась до 49% от уровня 1957–1960 гг. и составляет 0,182–0,415 млн экз., что, на наш взгляд, является недостаточным для такого большого района Камчатки.

## Объем собранного материала на северо-восточном побережье Камчатки

Водоем	Год	Количество, экз.
р. Маламваям	1983, 2002	197; 198
р. Хайлюля	1976–2002	5697
р. Русакова	2000, 2002	102; 27
р. Ивашка	2000, 2002	226; 71
р. Дранка	2000–2002	489
р. Карага	1971, 1982, 1985 1987–1994, 1996 1998–2002	99;35;18 866;46 571
р. Оссора	1985–1986	130
р. Тымлат	1985	58
р. Кичига	1980–1990 1992–1994 2000, 2002	2011 401 40;118
р. Вывенка	1975, 1983	100; 61
р. Авьяваям	1975, 1977, 1981 1993, 2000	61; 289; 298 25; 73
р. Северная Импука	2001	139
р. Пахача	2001	147
р. Апука	1980 1985–1987 1989–1990 1999, 2001	237 179 372 140; 247
бухта Анастасия	2000	322
бухта Лавровая	2000	51

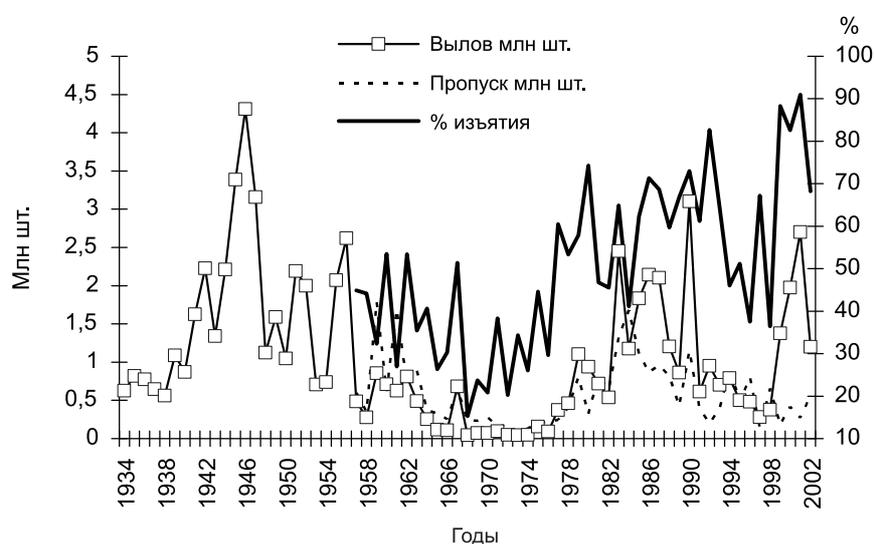


Рис. 1. Вылов, пропуск производителей (млн шт.) на нерестилища и доля эксплуатации кеты северо-восточного побережья Камчатки

В данной статье рассматриваются особенности изменения в структуре популяций кеты района исследований.

### Возрастная структура стад кеты

Возрастная структура производителей кеты северо-востока Камчатки включает в основном рыб четырех возрастных групп, но в отдельные годы их количест-

во достигает 5–6. Основными в нерестовых подходах являются особи в возрасте 3+ и 4+, однако в отдельные годы велика доля кеты возраста 2+ и 5+. Так, в 1982 г. в р. Хайлюля, Карага и Кичига доля особей возраста 2+ составила от 22,2 до 42,9%, а доля рыб возраста 5+ в отдельные годы изменялась от 14 до 59%.

Наиболее полные материалы по возрастному составу кеты из этого региона имеются по стаду кеты бассейна р. Хайлюля (1976–2002 гг.) (табл. 2). Как правило, возрастная структура рыб этого водоема состоит из четырех возрастных групп (2+–5+). Однако в 1990 г. отмечено наличие особей в возрасте 1+ (0,3%). В ряде лет (1986, 1992, 1996, 1997 и 2002 гг.) присутствовали рыбы семилетнего возраста (6+) от 0,2 до 2,1% (см. табл. 2).

С 1976 по 1979 г. в подходах преобладали рыбы в возрасте 3+, их доля варьировала от 54 до 87,4%. В дальнейшем с 1980 г. по четным годам вплоть до 1984 г. доминировали пятилетние особи (4+), а в нечетные – четырехлетние (3+). В 1985 г. в возрастной структуре кеты произошла смена доминирующей возрастной группы и вместо ожидаемой преобладающей по численности возрастной группы 3+ в подходах была выше доля рыб возраста 4+ (см. табл. 2). Возрастной состав кеты 1986 г. характеризовался преобладанием четырехлетних особей (58,8%), высокой долей шестилетних рыб (24,4%) и наличием в подходах семилетней (6+) кеты. В последующие два года преобладали особи возраста 4+, а в 1989 г. соотношение рыб 3+ и 4+ было практически равным (см. табл. 2). С 1990 по 1992 г. и в 1994 г. значительно доминировала кета возраста 4+, а в 1993, 1995 и 1996 гг. преобладали особи возраста 3+. В 1997 г. наблюдалось увеличение относительной доли кеты старших возрастных групп 4+–6+ (42,6; 39,3 и 1,7% соответственно). С 1998 г. в четные годы преобладали пятилетние (4+) рыбы, а в нечетные годы – четырехлетние или шестилетние (см. табл. 2). Как видно из приведенных примеров, у кеты р. Хайлюля какой-либо закономерности в изменении возрастного состава по годам не прослеживается. Периодически происходит смена в чередовании возрастных групп, что возможно связано с колебаниями численности.

Возрастной состав кеты из бассейна р. Карага представлен в табл. 3. Возрастная структура кеты р. Карага схожа с возрастной структурой рыб из бассейна р. Хайлюля. Незначительные отличия имеются в отдельные годы, но мы их связываем с недостаточным количеством материала, собранным в р. Карага.

Другим водоемом, по которому также имеется небольшой ряд наблюдений, является р. Кичига. Возрастной состав кеты из этой реки представлен в табл. 4. Он в целом аналогичен возрастной структуре стада кеты р. Хайлюля. В то же время в отдельные годы прослеживаются различия в возрастной структуре сравниваемых стад кеты. Так, в 1980 г. в р. Хайлюля была выше доля особей возраста 4+ (81,6%), а в р. Кичига доли рыб возраста 3+ и 4+ были практически одинаковы (47,6 и 46,6%). В 1985 г. и 1990 г. в р. Кичига и р. Карага доминировала кета в возрасте 3+, а в р. Хайлюля – 4+ (см. табл. 2–4).

По другим рекам северо-восточного побережья Камчатки имеется отрывочный материал, но можно предположить, что изменение возрастной структуры кеты происходит в них, подобно трем вышеназванным рекам.

За промежуток времени с 1976 по 2002 г. (27 лет) возрастная структура кеты р. Хайлюля претерпела существенные изменения. Доля рыб возраста 3+ снизилась с 60% (1976–1980) до 17,3% (2001–2002) соответственно увеличилась доля производителей старших возрастных групп 4+ с 35% (1976–1980) до 49,5% (2001–2002) и 5+ с 0,5% до 30,3%. Стали появляться семилетние особи (табл. 5).

Аналогичные изменения возрастной структуры кеты, рассчитанные по десятилетиям, произошли и во всех других реках этого района Камчатки, свидетельством тому являются данные, приведенные в табл. 6, которые практически отражают изменения возрастного состава в р. Хайлюля (см. табл. 5).

Биологические параметры производителей, которые могут в значительной степени определять уровень воспроизводства кеты северо-востока Камчатки – половая структура, размерно-весовые характеристики, плодовитость, связаны с возрастной структурой родительских стад. И вполне понятно, что изменения последней повлекли за собой и изменения вышеназванных параметров.

Таблица 2  
Межгодовая изменчивость возрастного состава кеты р. Хайлюля, %

Год	1+	2+	3+	4+	5+	6+	Средний возраст	Кол-во, экз.
1976	-	4,2	87,4	8,4	-	-	3,04	143
1977	-	-	54,0	46,0	-	-	-	-
1978	-	13,3	79,6	7,1	-	-	-	-
1979	-	-	67,9	32,1	-	-	-	393
1980	-	5,0	10,9	81,6	2,5	-	3,82	201
1981	-	1,0	63,8	21,1	14,1	-	-	-
1982	-	35,1	31,9	33,0	-	-	2,98	185
1983	-	-	90,0	9,5	0,5	-	3,11	199
1984	-	2,3	24,1	73,0	0,6	-	3,72	174
1985	-	7,0	39,0	53,0	1,0	-	3,48	100
1986	-	0,5	58,8	16,1	24,4	0,2	3,65	597
1987	-	-	47,0	52,0	1,0	-	3,54	396
1988	-	-	32,3	65,0	2,7	-	3,70	400
1989	-	0,8	50,6	46,6	2,0	-	3,50	247
1990	0,3	3,2	9,1	86,6	0,8	-	3,84	372
1991	-	-	27,5	46,5	26,0	-	3,98	200
1992	-	-	5,8	89,3	4,3	0,6	4,00	347
1993	-	0,7	94,9	4,4	-	-	3,04	138
1994	-	-	14,0	86,0	-	-	3,86	107
1995	-	1,6	61,9	11,1	25,4	-	3,60	63
1996	-	5,6	48,6	28,2	15,5	2,1	3,60	142
1997	-	-	16,4	42,6	39,3	1,7	4,26	61
1998	-	9,7	39,0	45,3	6,0	-	3,47	236
1999	-	-	70,5	27,8	1,7	-	3,31	291
2000	-	-	-	96,4	3,6	-	4,04	335
2001	-	-	31,5	9,2	59,3	-	4,28	345
2002	-	4,8	3,1	89,7	1,4	1,0	3,91	290

Таблица 3  
Межгодовая изменчивость возрастного состава кеты р. Карага, %

Год	2+	3+	4+	5+	Средний возраст	Количество, экз.
1971	-	95,0	5,0	-	3,05	99
1982	42,9	40,0	17,1	-	2,74	35
1985	4,0	53,1	34,7	8,2	3,47	49
1986	-	62,6	29,3	8,1	3,45	99
1987	-	52,0	48,0	-	3,48	25
1988	21,2	15,0	55,1	8,7	3,51	127
1989	2,9	92,3	4,8	-	3,02	104
1991	2,9	66,2	29,4	1,5	3,29	68
1992	0,9	49,1	49,1	0,9	3,50	108
1993	-	84,3	15,7	-	3,16	102
1994	-	5,4	93,5	1,1	3,96	93

Таблица 4  
Межгодовая изменчивость возрастного состава кеты р. Кичига, %

Год	2+	3+	4+	5+	6+	Средний возраст	Кол-во, экз.
1980	3,9	47,6	46,6	1,9	-	3,47	103
1981	27,1	72,2	0,7	-	-	2,74	133
1982	22,2	40,7	37,1	-	-	3,15	81
1983	11,6	81,4	7,0	-	-	2,95	301
1984	1,3	46,3	51,7	0,7	-	3,52	300
1985	4,7	76,7	18,6	-	-	3,14	215
1987	0,9	46,8	51,4	0,9	-	3,52	111
1989	1,5	91,9	6,6	-	-	3,05	196
1990	3,7	52,8	43,1	0,4	-	3,40	271
1992	1,1	5,3	66,0	27,6	-	4,20	94
1993	1,5	88,3	10,2	-	-	3,09	137
1994	-	9,4	83,5	7,1	-	3,98	170
2000	-	2,6	79,5	15,4	2,5	4,18	40

Таблица 5

**Средняя доля кеты по возрастным группам р. Хайлюля по десятилетиям, %**

Годы	1+	2+	3+	4+	5+	6+
1976–1980	–	4,5	60,0	35,0	0,5	–
1981–1990	0,06	5,0	44,6	45,6	4,7	0,04
1991–2000	–	1,7	37,9	47,8	12,2	0,4
2001–2002	–	2,4	17,3	49,5	30,3	0,5

Таблица 6

**Средняя доля кеты в возрастных группах по всем водоемам, %**

Годы	1+	2+	3+	4+	5+	6+
1971–1980	–	3,7	54,2	41,2	0,9	–
1981–1990	+	6,2	53,0	38,3	2,5	+*
1991–2000	–	1,1	30,0	60,8	7,8	0,3
2001–2002	–	1,0	15,6	67,4	15,3	0,7

\*Доля рыб менее 0,01%.

### Половая структура стад кеты

Соотношение полов в нерестовых стадах кеты обычно близко к 1:1 [Семко, 1954; Николаева, 1988]. Тем не менее у кеты в отдельные годы наблюдаются отклонения в соотношении полов от указанной нормы. В табл. 7 представлено соотношение полов кеты р. Хайлюля.

Таблица 7

**Соотношение полов (самцы : самки) у кеты из р. Хайлюля**

Показатели	Годы																							
	1976	1979	1980	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
Самцы	1	1	1	1,4	1,4	1	4	1,7	1,5	1	1,3	1,2	1	2,3	1	1,2	1,2	1,3	1,6	1,7	1	2,1	1,1	2
Самки	1	1,4	1,6	1	1	1	1	1	1	1,1	1	1	1,1	1	2	1	1	1	1	1	1,6	1	1	1

Как следует из приведенной таблицы, соотношение полов довольно динамично. Однако в большинстве случаев: (в 16 из 24), преобладали самцы. В отдельные годы их численность в два раза и более превышала количество самок, что является негативным фактором.

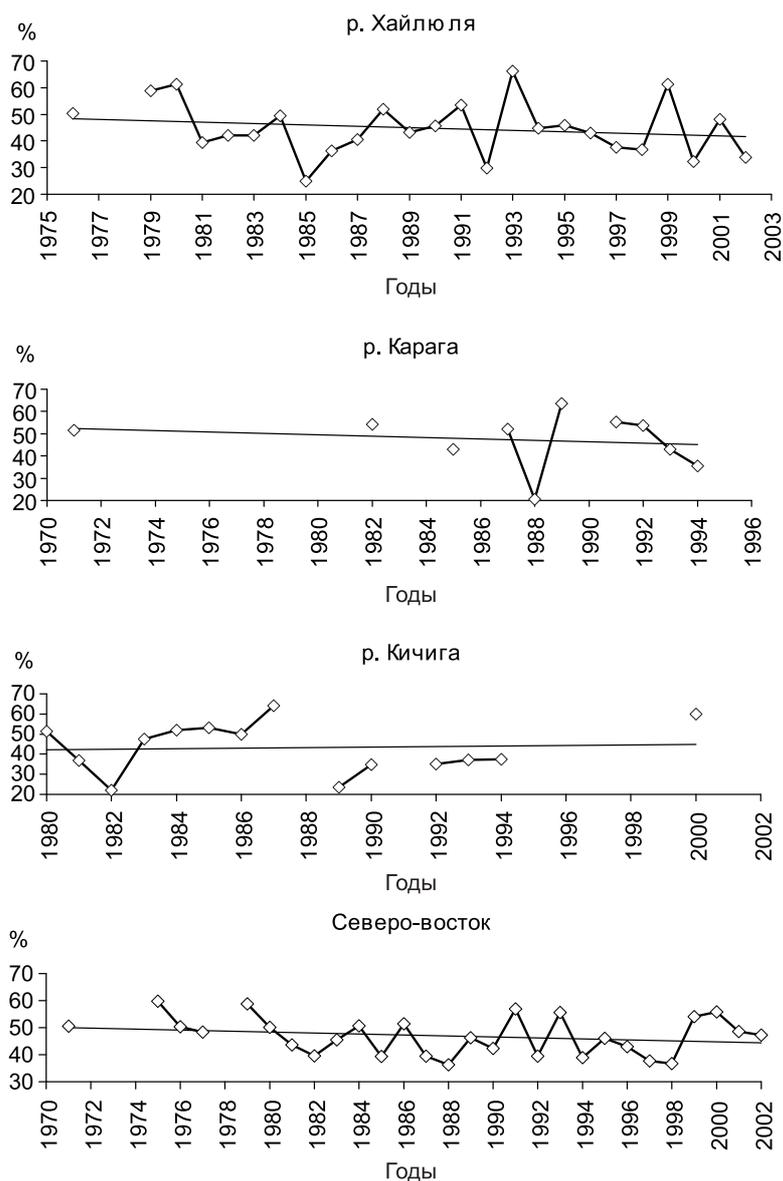
Таким образом, в период с 1976 по 2002 г. наблюдалось изменение половой структуры стад кеты как р. Хайлюля, Карага, Кичига, так и всего северо-восточного побережья Камчатки в целом (табл. 8, рис. 2). В 70-е гг. прошлого века в уловах незначительно преобладали самки. В 1980-е гг. доля их сократилась до 41–49%. В дальнейшем относительное количество самок в подходах кеты несколько увеличилось и в 2001 и 2002 г. составляет 48% по всему северо-восточному побережью.

Следствием изменения доли самок при разной численности подходов является и изменение величины их пропуска на нерест. В 1970-е гг. численность пропущенных

Таблица 8

**Доля самок в нерестовых подходах (по десятилетиям), %**

Периоды	р. Хайлюля	р. Карага	р. Кичига	Северо-восток
1971–1980	56,8	50,5	51,5	53,0
1981–1990	41,8	49,0	42,6	43,4
1991–2000	45,1	51,6	42,5	46,4
2001–2002	41,0	–	–	48,0



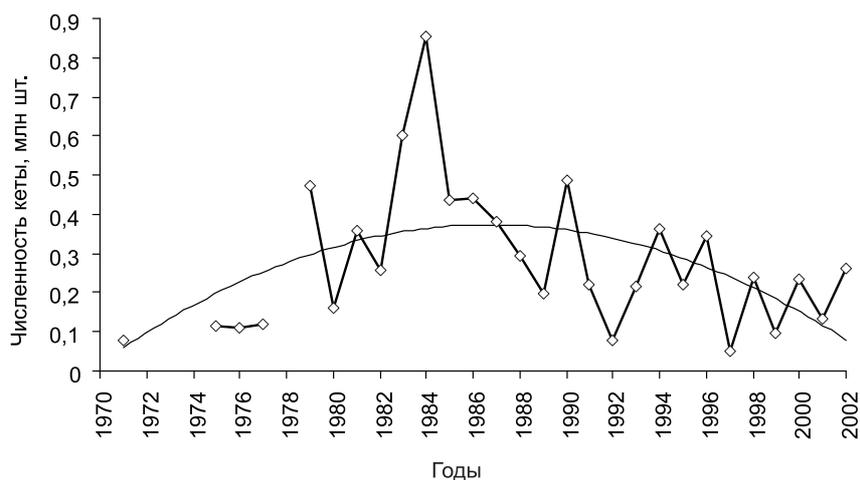
**Рис. 2.** Доля самок (%) в р. Хайлюля, Карага, Кичига и по всему северо-восточному побережью Камчатки

на нерест самок в данном районе Камчатки составляла 0,177 млн особей при пропуске на нерестилища 0,275 млн производителей. В последующее десятилетие на фоне снижения доли самок (см. табл. 8) их количество на нерестилищах составило 0,430 млн экз. при общем пропуске 0,978 млн производителей кеты. В дальнейшем количество самок на нерестилищах снижается до 0,206 (1991–2000 гг.), а в 2001 и 2002 г. до 0,198 млн экземпляров, что связано со снижением численности производителей пропущенных на нерест (0,457 и 0,414 млн экз. соответственно) (рис. 3).

В нерестовых подходах преобладают самки возраста 3+ и 4+, составляющие около 90%, иногда и более. На долю остальных возрастных групп приходится, как правило, не более 10% (табл. 9–12).

В 70–80-е гг. XX в. самки возрастной группы 3+ преобладали в нерестовых подходах. В р. Хайлюля у особей возраста 3+ отмечено снижение числа самок с 39,7% в 1981–1990 гг. до 19,0% в 2001–2002 гг. соответственно в эти же годы произошел рост численности самок в возрастной группе 5+ с 4,0 до 27,0%.

Снижение доли четырехлетних самок происходило и в других стадах, но значительно позже. В р. Карага и Кичига в последнее десятилетие доля самок возраста 3+ составила 40,2 и 33,7%, а возраста 4+ повысилась до 58,8% (см. табл. 10–12).



**Рис. 3.** Численность кеты (млн шт.) на нерестилищах северо-восточного побережья Камчатки

Таблица 9

**Соотношение самок разных возрастов р. Хайлюля в процентах от общего количества**

Периоды	1+	2+	3+	4+	5+	6+
1976–1980	–	3,2	55,7	40,3	0,8	–
1981–1990	0,1	4,5	39,7	51,7	4,0	–
1991–2000	–	1,5	40,2	48,8	9,4	0,1
2001–2002	–	1,5	19,0	52,0	27,0	0,5

Таблица 10

**Соотношение самок разных возрастов р. Карага в процентах от общего количества**

Периоды	2+	3+	4+	5+
1971–1980	–	92,2	7,8	–
1981–1990	8,8	55,7	31,5	4,0
1991–2000	0,6	40,2	58,5	0,7

Таблица 11

**Соотношение самок разных возрастов р. Кичига в процентах от общего количества**

Периоды	2+	3+	4+	5+
1971–1980	–	50,9	49,1	–
1981–1990	5,1	63,0	31,8	0,1
1991–2000	0,7	33,7	58,8	6,8

Таблица 12

**Соотношение самок разных возрастов на северо-восточном побережье Камчатки в процентах от общего количества**

Периоды	1+	2+	3+	4+	5+	6+
1971–1980	–	3,3	49,3	46,9	0,5	–
1981–1990	+	4,4	52,1	41,2	2,3	–
1991–2000	–	1,0	29,0	63,5	6,5	+
2001–2002	–	0,3	15,3	68,9	14,7	0,8

\*Менее 0,01%.

Таким образом, за прошедшие десятилетия существенно изменилась возрастная и половая структура родительских стад кеты северо-восточного побережья Камчатки: повысилась доля рыб старших возрастов, изменилось соотношение полов. Ведущую роль в воспроизводстве стали играть самки старших возрастных

групп, характеризующиеся большими размерами, повышенной плодовитостью по сравнению с особями младших возрастных групп.

### Размеры и масса производителей

Размерно-весовые показатели кеты в значительной степени определяются возрастом и полом рыб. Как правило, чем старше рыбы, тем больше у них длина и вес, самцы при этом крупнее самок. Вместе с тем размерно-весовые показатели имеют определенные колебания по большим и малым периодам, которые не обусловлены, за редким исключением, ни возрастным, ни половым составом нерестующих рыб.

Общее представление о распределении длины и массы кеты, заходившей на нерест в р. Хайлюля, Карага и Кичига в период с 1976 по 2002 г. дает рис. 4. Длина производителей из р. Хайлюля варьировалась от 41 до 80 см, масса – 0,7–7,5 кг. Средняя длина составляла 63 см, масса – 3,44 кг.

Длина кеты р. Карага изменялась от 50 до 80 см, масса – от 1,5 до 7,9 кг. Среднегодовалая длина составила 62,8 см, масса – 3,35 кг.

Длина рыб из бассейна р. Кичига с 1980 по 2000 г. изменялась в пределах 47–86 см, масса – 1,1–8,3 кг. Средние показатели составили 65,9 см и 3,74 кг. Во всех трех ре-

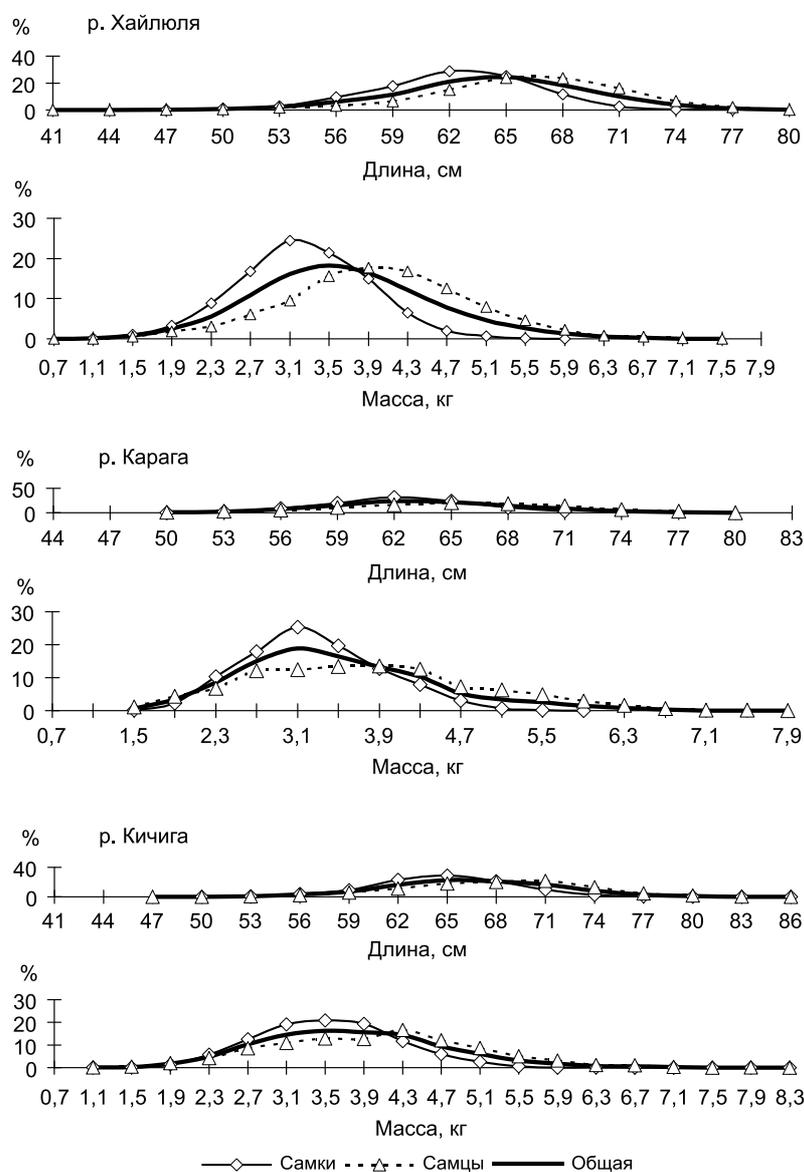


Рис. 4. Распределение кеты по длине и массе в р. Хайлюля, р. Карага и р. Кичига

ках самцы в среднем крупнее самок и вариабельность размеров самцов несколько выше. Среднеголетние показатели размеров кеты выше в р. Кичига, расположенной севернее двух вышеупомянутых рек. Отрывочные данные по р. Апука (8 лет) показали, что средняя длина кеты составляет 67,2 см, а масса — 3,96 кг. На рис. 5 даны кривые распределения размеров и массы кеты из р. Хайлюля, Карага и Кичига по возрастным группам. Сравнение их показывает, что в этих реках диапазон размеров и массы производителей в каждой возрастной группе довольно широк и кривые распределения отдельных возрастных групп значительно перекрываются.

Изменение средней длины и массы кеты р. Хайлюля, Карага и Кичига в нерестовых подходах с 1971 по 2002 г. представлены на рис. 6, а средние данные по десятилетиям — в табл. 13.

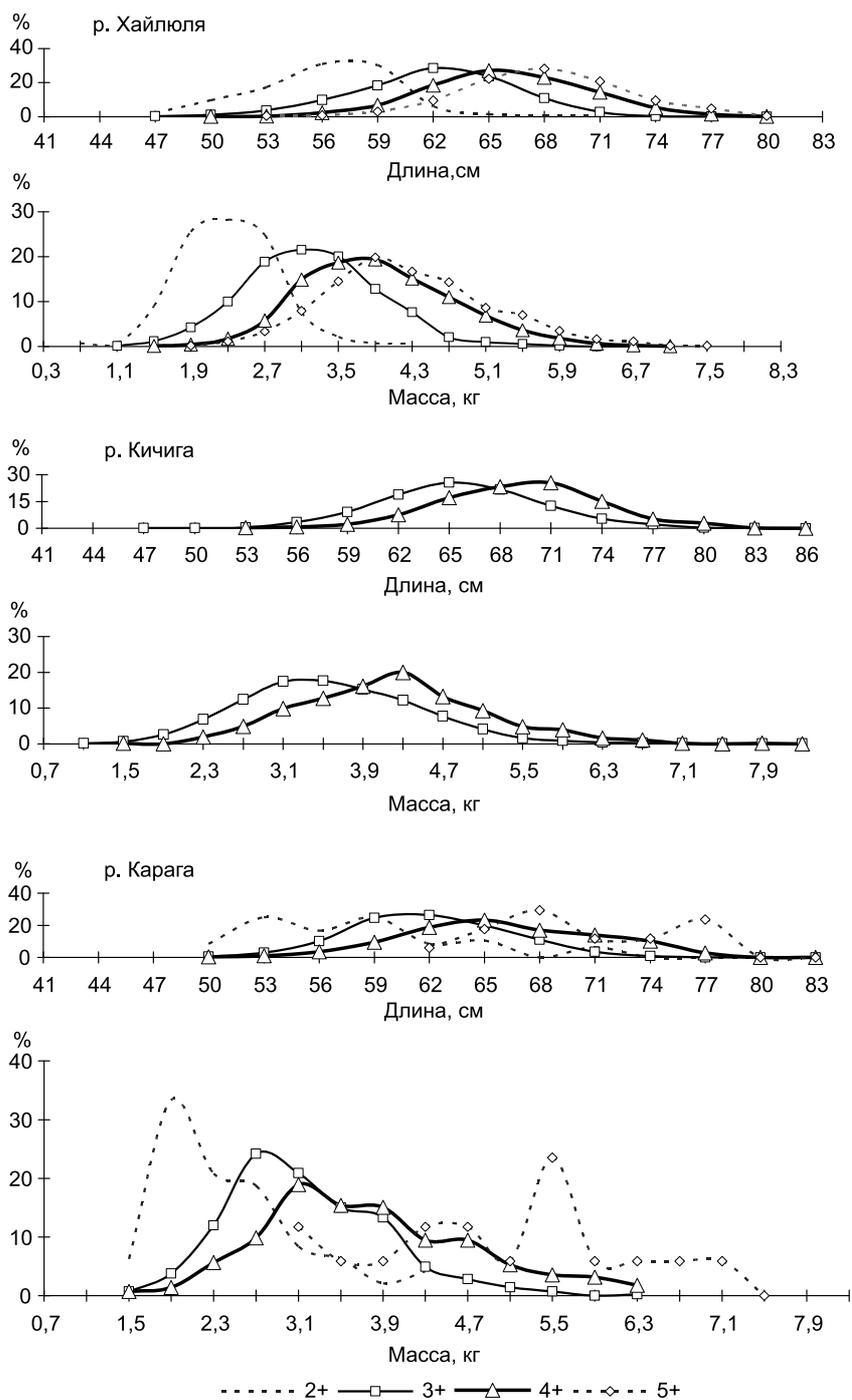
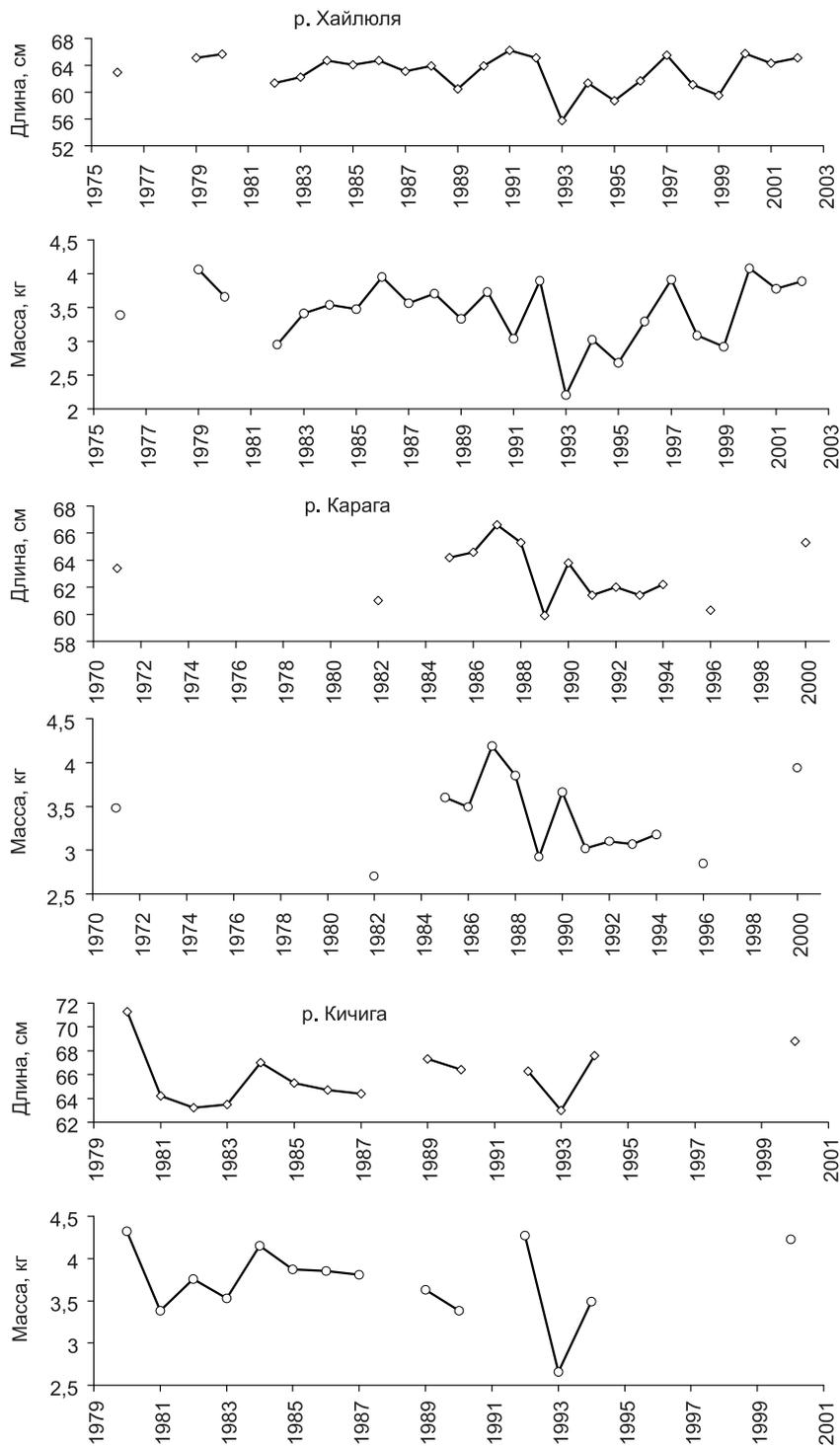


Рис. 5. Распределение кеты различных возрастных групп по длине и массе в р. Хайлюля, Кичига и Карага



**Рис. 6.** Изменение средней длины и массы кеты р. Хайлюля, Карага и Кичига

Таблица 13

**Средняя длина и масса производителей кеты по десятилетиям**

Период	р. Хайлюля		р. Карага		р. Кичига	
	Длина, см	Масса, кг	Длина, см	Масса, кг	Длина, см	Масса, кг
1971–1980	64,6	3,70	63,4	3,48	71,3	4,32
1981–1990	63,2	3,52	63,8	3,45	65,1	3,71
1991–2000	62,1	3,21	62,1	3,19	66,4	3,66
2001–2002	64,7	3,83	–	–	–	–

С 1982 по 1990 г. размерно-весовые показатели кеты р. Хайлюля находились на относительно стабильном уровне и составляли 60–64 см и 2,9–3,9 кг (см. рис. 6). В последующем десятилетии наблюдались резкие колебания в изменении средних величин как длины (55,8–66,2 см), так и массы (2,21–4,08 кг). В 2001 и 2002 гг. наблюдается стабилизация в изменении средних показателей (см. рис. 6). Минимальные значения средней длины и массы отмечены в 1993 г. (55,8 см и 2,21 кг). Средней максимальной длиной рыбы обладали в 1991 г. (66,2 см), массой – в 2000 г. (4,08 кг). В целом, период с 1970-х г. до конца 1990-х гг. характеризуется снижением размерно-весовых показателей и только в последнее время отмечено их увеличение. Эта тенденция сохраняется и у кеты других рек (см. табл. 13). Снижение длины и массы рыб происходит на фоне увеличения доли рыб старших возрастных групп и, возможно, это связано с перестройками, происходящими в морской период жизни, и увеличением численности искусственно разводимой кеты Японией. При большой численности в море и вследствие этого переходе на кормовые организмы, обладающие низкой энергетической ценностью и избегаемые другими видами лососей, происходит снижение размерно-весовых показателей и задержка полового созревания [Гриценко и др. 2000; Кловач, 2002].

Изменение размерно-весовых показателей характерно как для кеты в целом, так и для отдельных возрастных групп (табл. 14–16).

Таблица 14

**Изменение длины (*L*) и массы (*P*) тела кеты р. Хайлюля по возрастным группам**

Годы	2+		3+		4+		5+		6+	
	<i>L</i>	<i>P</i>								
1976–1980	57,4	2,44	63,4	3,47	67,1	4,14	70,8	4,78	–	–
1981–1990	54,3	2,13	61,3	3,09	65,5	3,81	67,2	3,95	72,0	4,65
1991–2000	54,8	2,11	58,3	2,67	62,8	3,42	66,0	3,96	69,9	4,45
2001–2002	57,1	2,48	60,0	3,02	64,1	3,70	66,2	4,07	67,7	4,53

Таблица 15

**Изменение длины (*L*) и массы (*P*) тела кеты р. Карага по возрастным группам**

Годы	2+		3+		4+		5+	
	<i>L</i>	<i>P</i>	<i>L</i>	<i>P</i>	<i>L</i>	<i>P</i>	<i>L</i>	<i>P</i>
1971–1980	–	–	63,3	3,48	64,2	3,45	–	–
1981–1990	57,4	2,45	63,6	3,36	65,6	3,83	67,1	4,24
1991–2000	54,7	2,09	59,9	2,86	64,2	3,47	72,2	5,27

Таблица 16

**Изменение длины (*L*) и массы (*P*) тела кеты р. Кичига по возрастным группам**

Годы	2+		3+		4+		5+		6+	
	<i>L</i>	<i>P</i>								
1980	64,4	3,15	69,9	4,05	73,0	4,65	77,5	5,58	–	–
1981–1990	58,9	2,66	64,4	3,55	69,3	4,52	71,3	5,12	–	–
1991–2000	56,2	2,29	64,9	3,34	66,7	3,70	70,6	4,50	72,0	5,52

## Плодовитость

Кета, как и другие виды тихоокеанских лососей, относится к единовременно нерестующим рыбам и имеет моноциклический тип икротетания. Индивидуальная абсолютная плодовитость кеты северо-восточного побережья Камчатки колеблется от 550 до 6097 икринок, средние показатели, находясь в пределах 1302–3280 икринок, испытывают меньшие колебания.

Абсолютная плодовитость отдельных популяций кеты северо-востока Камчатки значительно отличается (рис. 7). Несмотря на столь значительное варьирование признака, кета р. Кичига плодовитее по сравнению с рыбами из рек Хайлю-

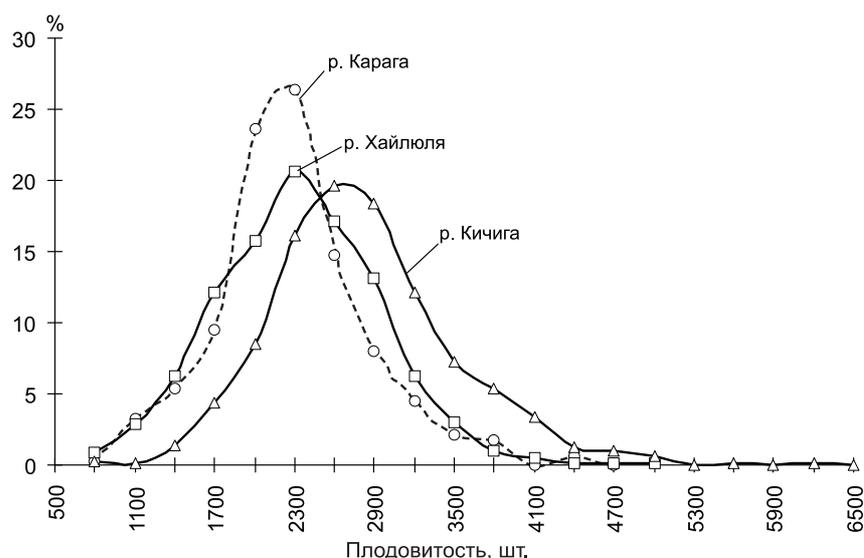


Рис. 7. Среднемноголетнее распределение плодовитости кеты р. Хайлюля, Карага и Кичига, %

ля и Карага. Модальная величина вариационного ряда индивидуальной абсолютной плодовитости кеты р. Кичига составляет 2600 икринок, рек Хайлюля и Карага – 2300 икринок. Таким образом, наблюдается увеличение абсолютной плодовитости в широтном направлении с юга на север. Ранее это было показано и другими исследователями [Николаева, 1974].

В ряде наблюдений с 1970-х гг. прослеживается тенденция снижения как общей средней абсолютной плодовитости самок, так и аналогичное ее изменение у самок различных возрастов (табл. 17–19). Незначительное увеличение плодовитости в 2001–2002 гг. характерно для самок возрастов 3+, 4+ и 5+, что связано с перераспределением возрастных групп в пользу более старших (4+ и 5+), поэтому одновременно повысилась и средняя общая плодовитость. Такое изменение плодовитости у кеты отмечено и для всего северо-востока в целом (табл. 20).

На рис. 8 представлено среднемноголетнее распределение плодовитости кеты р. Хайлюля, Карага и Кичига по основным возрастным группам. За рассматриваемый период средняя плодовитость кеты возрастной группы 3+ варьировала по годам в р. Хайлюля от 1238 до 2700 шт. икринок, в р. Карага – с 1619 до 2623 шт. икринок, в р. Кичига – с 2356 до 3464 шт. икринок. У особей возраста 4+ средняя плодовитость составляла в р. Хайлюля 1077–2780, в р. Карага – с 1248 до 2569 и в р. Кичига – с 2174 до 3358 шт. икринок (рис. 9). Как видно из этих рисунков, общие тренды изменения плодовитости самок в возрасте 3+ и 4+ в р. Хайлюля и Кичига однонаправлены. Межгодовые колебания плодовитости по этим возраст-

Таблица 17

Изменение средней абсолютной плодовитости кеты р. Хайлюля общей и по возрастным группам, шт. икринок

Годы	Общая	2+	3+	4+	5+	6+
1976–1980	2701	2409	2685	2711	3527	–
1981–1990	2309	1812	2248	2335	2334	–
1991–2000	1935	1703	1787	1920	2052	2507
2001–2002	2383	1660	1920	2390	2629	2100

Таблица 18

Изменение средней абсолютной плодовитости кеты р. Карага общей и по возрастным группам, шт. икринок

Годы	Общая	2+	3+	4+	5+
1981–1990	2663	2368	2457	1909	2554
1991–2000	2033	1615	1967	2172	–

Таблица 19

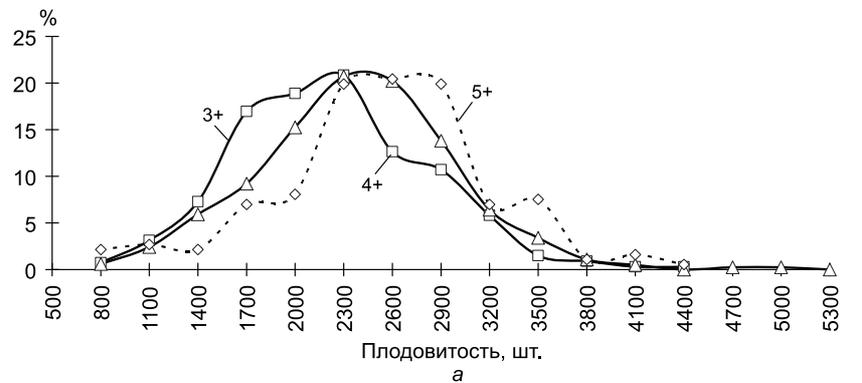
**Изменение средней абсолютной плодовитости кеты р. Кичига  
общей и по возрастным группам, шт. икринок**

Годы	Общая	2+	3+	4+	5+
1980	3141	–	3085	3201	–
1981–1990	2758	2628	2884	2672	–
1991–2000	2604	3068	2502	2631	2879

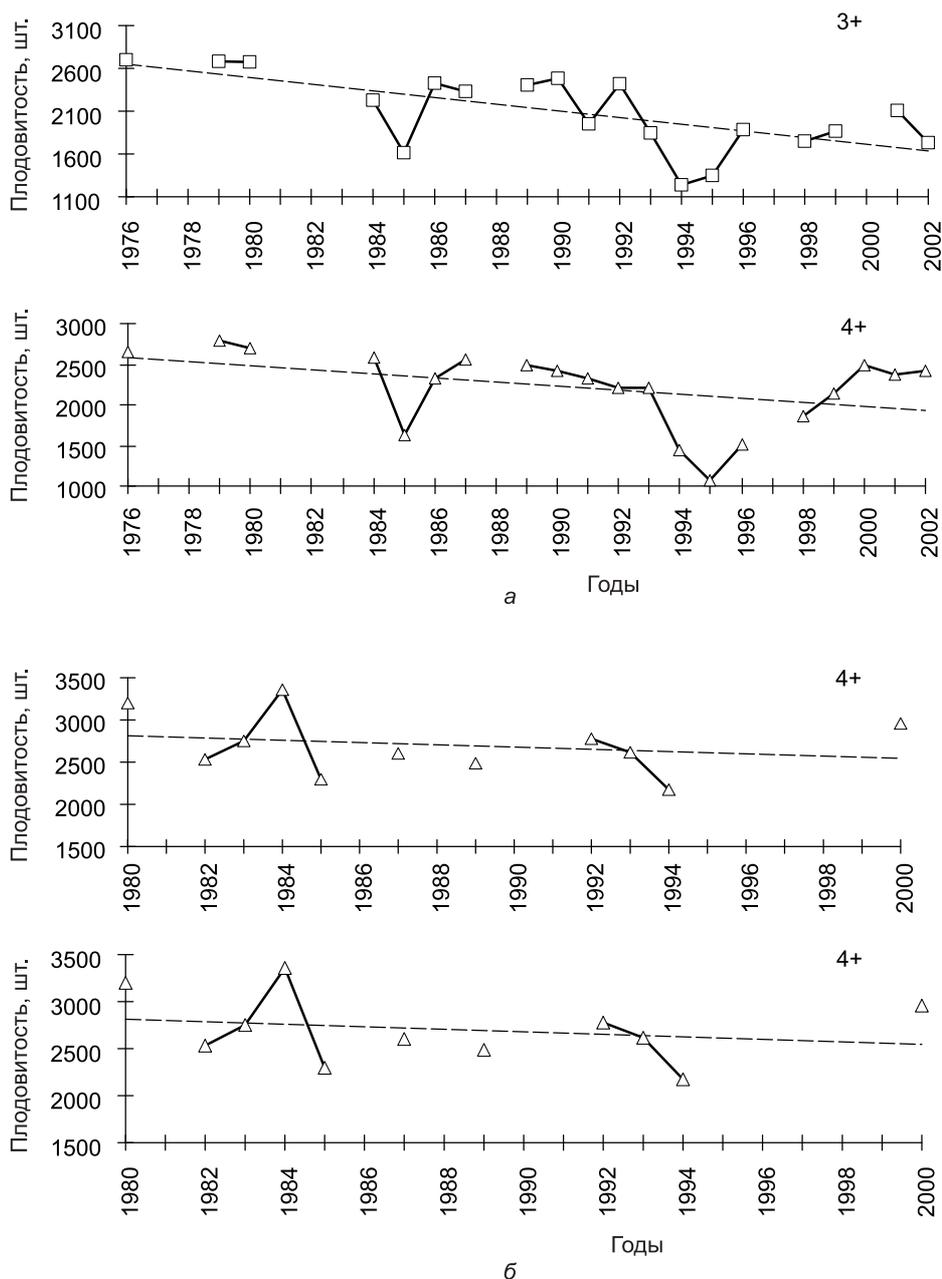
Таблица 20

**Изменение средней абсолютной плодовитости кеты северо-востока Камчатки  
общей и по возрастным группам, шт. икринок**

Годы	Общая	2+	3+	4+	5+	6+
1971–1980	2959	2573	2862	3006	3669	–
1981–1990	2607	2403	2582	2525	2535	–
1991–2000	2233	1916	2100	2266	2572	2507
2001–2002	2701	1660	2318	2715	2802	2657



**Рис. 8.** Распределение плодовитости кеты различных возрастных групп в р. Хайлюля (а), Карага (б) и Кичига (в)



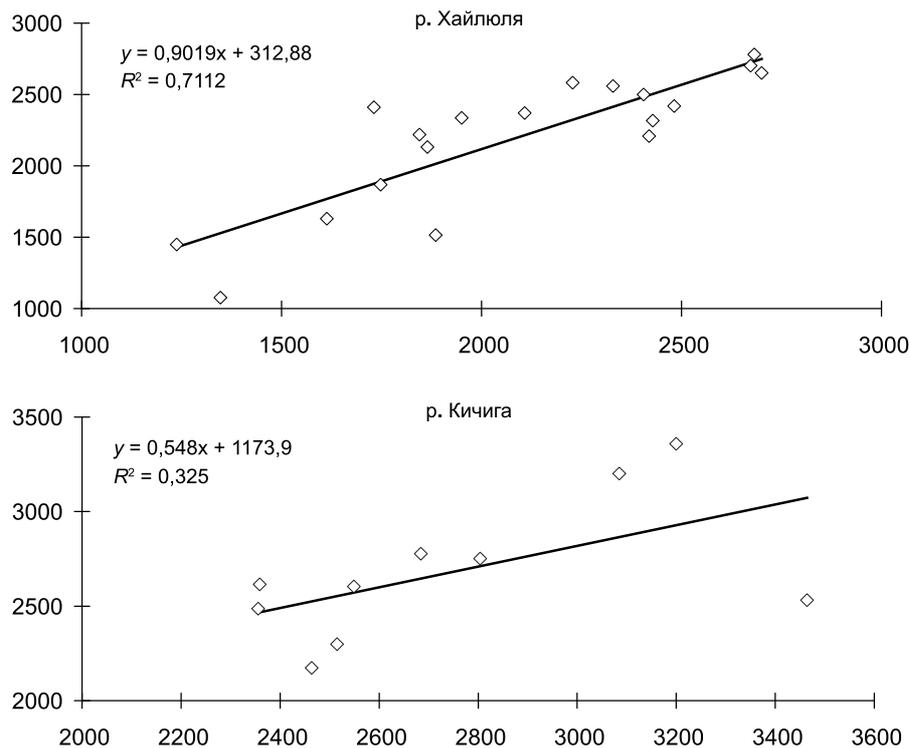
**Рис. 9.** Изменение средней плодовитости кеты р. Хайлуля (а) и р. Кичига (б) по возрастным группам

ным группам довольно значительно коррелируют (рис. 10). Вероятно, это обусловлено факторами, оказывающими в морской период жизни однонаправленное воздействие на плодовитость кеты разных стад северо-востока Камчатки.

### Заключение

Северо-восточный район Камчатки является одним из основных мест воспроизводства кеты, которая является по значимости вторым после горбуши объектом промысла, а в неурожайные для горбуши годы занимает в уловах первое место.

Анализ материалов по статистике уловов кеты северо-восточного побережья Камчатки показал, что ее максимальные уловы приходились на 40-е гг. XX в. Далее наблюдается четкая тенденция их снижения и на конец 1960-х – середину 1970-х гг. приходится исторический минимум уловов. Снижение уловов кеты сопро-



**Рис. 10.** Корреляция плодовитости кеты возраста 3+ и 4+ р. Хайлюля и Кичига. По оси абсцисс — плодовитость кеты возраста 3+, шт.; по оси ординат — плодовитость кеты возраста 4+, шт.

вождалось сокращением численности производителей на нерестилищах, несмотря на введение запретов и ограничений в большинстве районов прибрежного промысла. С конца 70-х гг. прошлого века наблюдается стабилизация и некоторый рост уловов кеты, и в 1980-е гг. они составляли в среднем около 6 тыс. т. Пропуск рыб на нерестилища превысил таковой в 1957–1960 гг. и принят нами условно за 100%. В последнее десятилетие XX в. с понижением численности нерестовых подходов кеты к северо-восточному побережью Камчатки и повышенной интенсивностью промысла снизился и пропуск рыбы на нерестилища. В последние годы уловы составляют около 4–8 тыс. т, промысловая эксплуатация находится на довольно высоком уровне (70–91%), а численность производителей на нерестилищах снизилась до 49% от уровня 1957–1960 гг. и составляет 0,182–0,415 млн экз., что, на наш взгляд, является недостаточным для такого большого региона Камчатки.

В связи с изменениями численности произошло и изменение возрастной структуры кеты северо-востока Камчатки. Снизилась доля рыб возраста 3+ с 54% в 1971–1980 гг. до 15,6% в 2001–2002 гг. Вместе с тем повысилась доля рыб старших возрастных групп: 4+ с 41 до 67%, 5+ с 0,9 до 15%. В подходах появились семилетние особи. Таким образом, произошло старение стада кеты этого региона. Данный вопрос требует дальнейшего анализа, так как выяснение причин дифференциации по скорости созревания и оценка доли основных возрастных групп в поколениях кеты являются одной из основных задач при прогнозировании численности подходов, определении общего допустимого улова и необходимого пропуски производителей на нерестилища.

Эта задача актуальна еще и в связи с тем, что за период с 1981 по 2002 г. соотношение полов сдвинулось в сторону доминирования самцов. Численность самок на нерестилищах в последние годы сократилась до 0,198 млн экз. Ведущую роль в воспроизводстве стали играть самки старших возрастных групп (4+ и 5+), характеризующиеся большими размерами и повышенной плодовитостью по сравнению с особями младших возрастов.

Период с 1970-х до конца 1990-х гг. характеризуется снижением размерно-весовых показателей и только в последнее время отмечено их увеличение. Снижение длины и массы рыб происходит на фоне увеличения доли рыб старших возрастных групп. Возможно, это связано с перестройками, происходящими в морской период жизни и увеличением численности искусственно разводимой кеты Японией. В 1997–2000 гг. количество японской кеты уменьшилось [Кловач, 2002]. В последующие годы произошло повышение численности кеты северо-восточного побережья Камчатки и несколько увеличились ее размерно-весовые показатели.

Вместе со снижением размерно-весовых показателей с 70-х гг. XX в. прослеживается и тенденция снижения как общей средней абсолютной плодовитости самок, так и аналогичное ее изменение у самок различных возрастов. В последние годы средние значения абсолютной плодовитости повысились и произошло перераспределение возрастных групп в сторону более старших (4+ и 5+), поэтому одновременно повысилась и средняя общая плодовитость.

### Литература

- Гриценко О.Ф. и др. 2000. Экологические последствия крупномасштабного искусственного разведения кеты // Промыслово-биологические исследования рыб в тихоокеанских водах Курильских островов и прилегающих районах Охотского и Берингова морей в 1992–1998 гг.: Сб.— М.: Изд-во ВНИРО.— С. 241–246.
- Кловач Н.В. 2002. Экологические последствия крупномасштабного разведения кеты *Oncorhynchus keta* // Автореф. дис. ... д-ра биол. наук.— М.: Изд-во ВНИРО.— 49 с.
- Николаева Е. Т. 1974. О плодовитости камчатской кеты // Известия ТИНРО. Т. 90.— С. 145–172.
- Николаева Е.Т. 1988. Закономерности динамики численности кеты *Oncorhynchus keta* (Walbaum) бассейна р. Камчатки // Автореф. дис. ... канд. биол. наук.— Владивосток.— 26 с.
- Правдин И.Ф. 1966. Руководство по изучению рыб.— М.: Пищевая промышленность.— 374 с.
- Семко Р.С. 1954. Запасы западнокамчатских лососей и их промысловое значение // Известия ТИНРО. Т. 41.— С. 3–109.

УДК (597-152.6+597.587.9):639.228.2

---

## Оценка естественной смертности, динамики биомассы и допустимого улова североохотоморских камбал (желтоперой, палтусовидной, желтобрюхой и звездчатой)

Р.Р. Юсутов (МагаданНИРО)

В донных ихтиоценах северо-западного шельфа и побережья Охотского моря камбалы являются доминирующей группой, однако они активно не осваивались рыбной промышленностью. Проведенные МагаданНИРО в 2000–2001 гг. научно-поисковые работы позволили оценить общую биомассу камбал. Уступая запасам камбал камчатского шельфа и юго-западной части Берингова моря на порядок, разведанные запасы североохотоморских камбал тем не менее составляют существенный резерв для развития в Магаданском регионе прибрежного промысла. Снижение запасов основных объектов в открытой акватории Охотского моря обусловило активно развивающийся в последние годы интерес рыбной промышленности к освоению рыбных запасов прибрежной зоны. Это создает необходимость заблаговременно оценить не только величину запасов, но и определить величину допустимых уловов основных промысловых рыб прибрежья.

Как отмечалось В.П. Максименко и Н.П. Антоновым [2002], для специалистов, имеющих отношение к проблеме оценки запасов популяций промысловых рыб, задача определения такого параметра, как естественная смертность, актуальна, поскольку оказывает существенное влияние на расчеты численности рыб. Очевидно также и то, что разные темпы весового роста и убыли рыб в течение жизненного цикла обуславливают рост и убыль биомассы поколения в общей биомассе популяции и должны определять оптимум распределения нагрузки при промышленной эксплуатации стада.

Основой для настоящего исследования послужили материалы, собранные в прибрежье северо-западной части Охотского моря в мае – августе 2002 г., по следующим видам камбал: желтоперой, палтусовидной, желтобрюхой и звездчатой.

Естественную смертность рыб рассчитывали методом Л.А. Зыкова [1986]. В используемом методе для расчета коэффициентов естественной смертности рыб одним из базовых параметров является возраст наступления половой зрелости. Работами многих исследователей показано, что самки камбал характеризуются более поздним и растянутым во времени половым созреванием, чем самцы. К тому же в половозрелой части популяций камбал численность самок всегда выше [Моисеев, 1953; Фадеев, 1970, 1971; Тихонов, 1984; Иванкова, 2000; Черешнев и др., 2001; Дьяков, 2002; Четвергов, 2002]. Чтобы исключить (или снизить) при расчетах диспропорцию распределения промысловой нагрузки в сторону вылова самок, определение возраста созревания камбал проведено нами по объединенной выборке.

Ранее Б.В. Кошелевым [1971] было показано, что, если графически отобразить на равнозначных ординатах темпы линейного и весового роста (в терминологии Б.В. Кошелева – скорость роста), то для большинства видов рыб точка их пересечения (уравнивания роста) соответствует возрасту начала созревания. Расчеты показали, что пересечение темпов линейного и весового роста у желтоперой, палтусовидной и звездчатой камбалы происходит на шестом, у желтобрюхой камбалы на седьмом году жизни (рис. 1).

Кроме того, с наступлением половой зрелости часть энергии, получаемой с пищей и используемой рыбами на линейный и весовой рост, направляется на формирование репродуктивной системы, что может отражаться на их упитанности (рис. 2).

В пределах наблюдаемых возрастных классов у всех анализируемых видов камбал упитанность молодых рыб характеризуется высокими показателями, но после

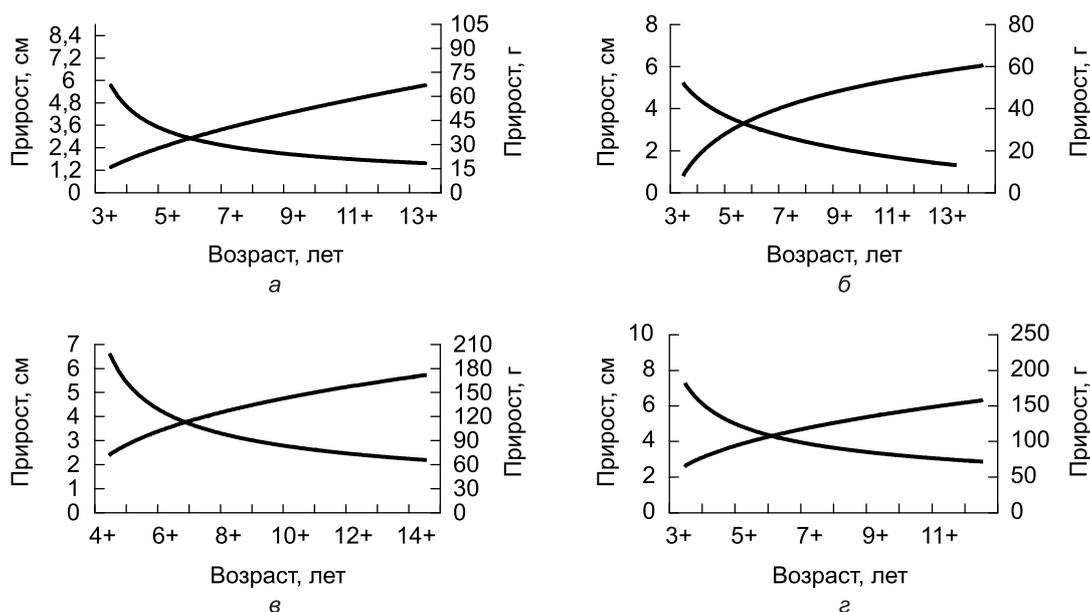


Рис. 1. Линейные и весовые приросты у камбал с возрастом: а – желтоперая; б – палтусовидная; в – желтобрюхая; г – звездчатая

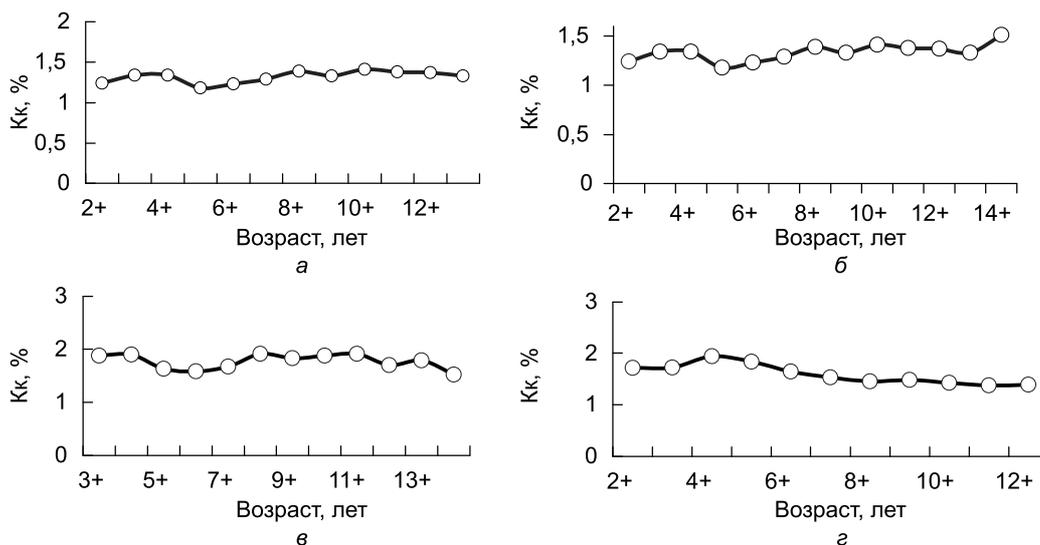


Рис. 2. Динамика упитанности камбал с возрастом: а – желтоперая; б – палтусовидная; в – желтобрюхая; г – звездчатая

достижения определенного возраста начинает снижаться, достигая определенного минимума, а затем вновь возрастает. Возраст, при котором впервые наблюдается снижение упитанности, хорошо соотносится с возрастом уравнивания темпов линейного и весового роста и также может характеризовать время наступления половой зрелости. В отличие от других камбал, у которых после достижения первого минимума упитанность вновь возрастает, у звездчатой камбалы снижение этого показателя носит необратимый характер. От максимального значения 1,94 в возрасте 4+ упитанность снижается до 1,39 в предельном возрасте 12+. Снижение упитанности звездчатой камбалы подтверждается уравнением зависимости массы тела от длины,  $W = 0,0488L^{2,5485}$ , в котором показатель степени ниже 3.

Тем не менее характер изменений упитанности в совокупности с данными темпов роста дает основание считать, что желтоперая, палтусовидная и звездчатая камбалы созревают на шестом году жизни. У желтобрюхой камбалы это происходит в возрасте 6+. Полученные результаты в достаточной степени согласуются с данными И.А. Черешнева с соавторами [2001].

Учитывая, что возраст полового созревания и темпы роста рыб в значительной степени взаимосвязаны с продолжительностью их жизни, мы рассчитали, каким должен быть предельный возраст камбал в «девственных» популяциях. Расчетные значения предельного теоретического возраста ( $T$ ) представлены в табл. 1.

Интересно отметить, что у желтоперой камбалы предельный теоретический возраст 18,4 совпал с предельным возрастом 18+, отмечаемым в уловах. Как по

Таблица 1  
Базовые параметры расчета естественной смертности североохотоморских камбал

Параметры*	Желтоперая	Палтусовидная	Желтобрюхая	Звездчатая
$t$ средний	8,7	9,7	9,1	7,0
$T$ в уловах	18,5	13,5	14,5	12,5
$T$ расчетный	18,4	17,9	17,8	17,0
$T^k$	5,3129	5,4533	7,2334	5,6945
$K^u$	0,5731	0,5884	0,6871	0,6138
$C^u$	1,7266	1,8414	2,0568	1,6424
$M$	0,3139	0,3348	0,3164	0,2986
$\varphi_n$	0,2694	0,2845	0,2713	0,2582
$t_n$	5,5	5,5	6,5	5,5
$a$	0,1	0,0962	0,0555	0,0915
$2\varphi$	58,8	56,8	54,6	51,6

\* Обозначение параметров по Л.А. Зыкову [1986].

расчетным, так и наблюдаемым данным, желтоперая камбала характеризуется наиболее продолжительным жизненным циклом. У остальных видов это различие составило 3,3–4,5 года.

Опубликованные данные по другим видам рыб показывают, что разница между фактически наблюдаемой продолжительностью жизни и теоретическим предельным возрастом в интенсивно облавливаемых популяциях рыб может достигать от 8–10 лет до 12–21 года и более [Тюрин, 1972; Зыков, 1986; Юсупов и др., 1991].

Небольшое отличие в предельном возрасте камбал в уловах и полученное расчетным путем показывает, что современный уровень промыслового использования запасов североохотоморских камбал оказывает слабое влияние на состояние структуры их популяций. Достаточно высокий уровень запасов североохотоморских камбал подтверждается и таким показателем, как средний возраст рыб в уловах (см. табл. 1).

Рассчитав все базовые параметры, мы определили годовые коэффициенты естественной смертности камбал дифференцировано по возрастным группам от 0,5 (сеголетки) до теоретически предельного возраста (табл. 2).

Таблица 2

**Коэффициенты смертности\* североохотоморских камбал, %**

Возраст	Желтоперая			Палтусовидная			Желтобрюхая			Звездчатая		
	M	Z	F	M	Z	F	M	Z	F	M	Z	F
0,5	68,8	68,8	–	69,4	69,4	–	77,2	77,2	–	69,9	69,9	–
1,5	48,9	48,9	–	48,9	48,9	–	56,6	56,6	–	48,2	48,2	–
2,5	38,8	38,8	–	38,3	38,3	–	44,2	44,2	–	36,7	36,7	–
3,5	33,1	33,1	–	32,4	32,4	–	36,0	36,0	–	30,2	30,2	–
4,5	30,3	30,3	–	29,3	29,3	–	30,9	30,9	–	26,8	26,8	–
5,5	29,4**	58,8	29,4	28,4**	56,8	28,4	28,2	28,2	–	25,8**	51,6	25,8
6,5	30,1	58,8	28,7	29,2	56,8	27,6	27,3**	54,6	27,3	26,7	51,6	24,9
7,5	32,1	58,8	26,7	31,3	56,8	25,5	28,1	54,6	26,5	29,1	51,6	22,5
8,5	35,1	58,8	23,7	34,5	56,8	22,3	30,3	54,6	24,3	32,8	51,6	18,8
9,5	39	58,8	19,8	38,7	56,8	18,1	33,8	54,6	20,8	37,6	51,6	14,0
10,5	43,6	58,8	4,6	43,8	56,8	13,0	38,4	54,6	16,2	43,4	51,6	8,2
11,5	49	58,8	9,8	49,6	56,8	7,2	44,1	54,6	10,5	50,1	51,6	1,5
12,5	54,9	58,8	3,9	56	56,8	0,8	50,7	54,6	6,6	57,6	57,6	–
13,5	61,4	61,4	–	63,1	63,1	–	58,3	58,3	–	65,9	65,9	–
14,5	68,4	68,4	–	70,8	70,8	–	66,6	66,6	–	74,8	74,8	–
15,5	75,8	75,8	–	78,9	78,9	–	75,8	75,8	–	84,4	84,4	–
16,5	83,7	83,7	–	87,5	87,5	–	85,8	85,8	–	94,6	94,6	–
17,5	92	92	–	96,6	96,6	–	96,4	96,4	–	100	100	–
18,5	100	100	–	100	100	–	100	100	–	–	–	–

\*Обозначения смертности по А.В. Засосову [1976].

\*\*Коэффициенты естественной смертности в возрасте полового созревания.

На наш взгляд, темпы естественной убыли рыб в возрасте 0,5 оказались заниженными, и мы исключили их из дальнейших расчетов. Возможно, смертность североохотоморских камбал в раннем онтогенезе определяется другими причинами и слабо связана с параметрами, лежащими в основе используемого уравнения для оценки естественной убыли рыб.

Как следует из табл. 2, желтобрюхая камбала характеризуется самыми высокими темпами естественной смертности и более поздним созреванием, что обуславливает самые низкие показатели выживаемости. Из общего количества молоди в возрастной группе 1+ до возраста полового созревания доживают лишь 7,7% рыб.

У желтоперой, палтусовидной и звездчатой камбал в том же возрастном интервале выживаемость гораздо выше и составляет соответственно 14,6; 15,1 и 16,7%.

На основе расчетных величин темпов естественной смертности и средней массы тела камбал по возрастам мы рассчитали долю биомассы возрастных групп в общей ихтиомассе популяции. Расчеты проведены в пределах возрастных классов, представленных в уловах камбал: желтоперой 3+–13+; палтусовидной 2+–14+; желтобрюхой 2+–12+; звездчатой 2+–14+.

Известно, что индивидуальный весовой рост рыб лишь в определенных пределах ускоряется параллельно с нарастанием общего прироста биомассы популяции. Очень скоро происходит перегиб кривой нарастания биомассы популяции [Никольский, 1974]. В общем виде динамика нарастания и убыли биомассы популяции описывается одновершинной куполообразной кривой. У популяций рыб с разной длительностью жизненного цикла и соответственно с разным соотношением биомассы пополнения и остатка кульминационные значения биомассы наступают в разном возрасте [Тюрин, 1972; Никольский, 1974].

У исследуемых видов камбал в целом проявляется общая закономерность распределения биомассы по возрастным группам. Кульминационные значения общей биомассы наступают в возрасте 5+ (рис. 3). Для желтоперой, палтусовидной и звездчатой камбалы это соответствует возрасту полового созревания. У желтобрюхой камбалы кульминация общей биомассы наступает на год раньше.

С возрастом равновесное состояние ихтиомассы быстро переходит в устойчивую убыль. У желтоперой и палтусовидной камбалы снижение биомассы поколений вдвое происходит соответственно на третьем–четвертом году после наступления кульминации биомассы. Более быстрый весовой рост желтобрюхой и звездчатой камбалы дольше обеспечивает высокие показатели биомассы поколений, которая снижается в два раза лишь на пятый–шестой год. Несмотря на специфику динамики общей ихтиомассы у исследуемых камбал (в пределах наблюдаемых возрастных групп), общим для всех видов является доминирование ихтиомассы половозрелых рыб в общей биомассе стада, составляющей от 62,6 (желтобрюхая камбала) до 84,3% (желтоперая камбала).

В целом имеющиеся данные о возрастной структуре, предельном и среднем возрасте, возрасте наступления кульминации биомассы и доле половозрелой ча-

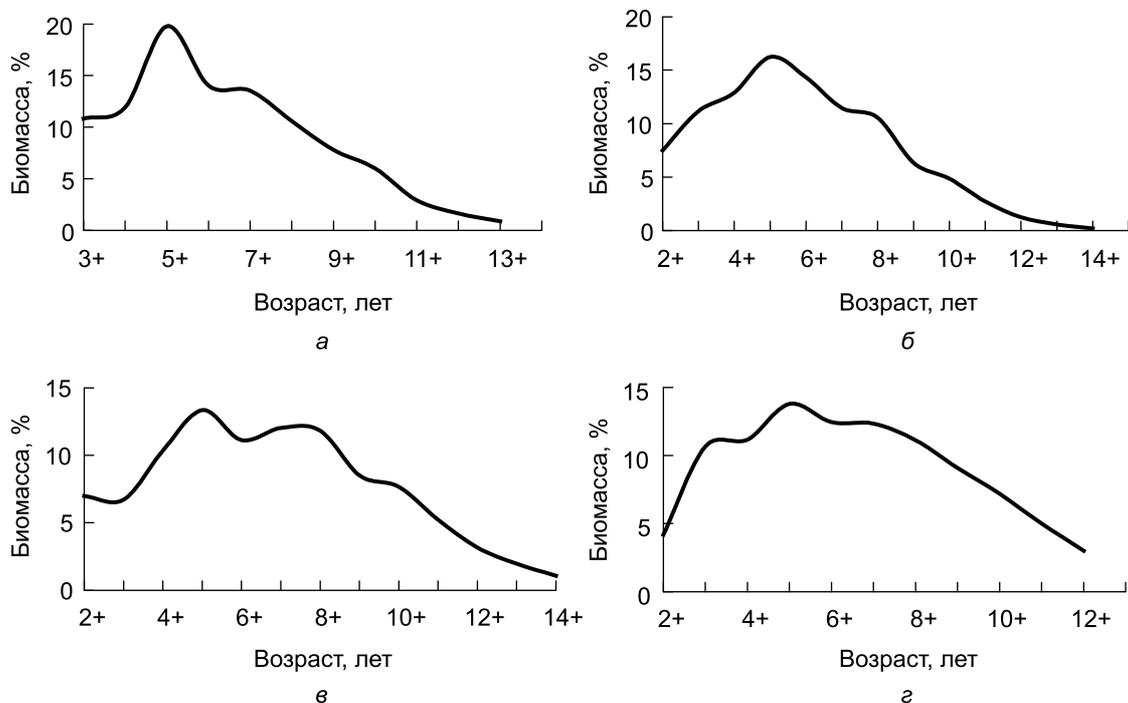


Рис. 3. Динамика биомассы поколений североохотоморских камбал: а — желтоперая; б — палтусовидная; в — желтобрюхая; г — звездчатая

сти стада, позволяют с определенностью отнести исследуемые виды камбал к популяциям со средней продолжительностью жизни.

Результаты комплексных траловых съемок, выполненных МагаданНИРО в 2001–2002 гг., позволили оценить биомассу и численность камбал (кроме звездчатой) в северо-западной части Охотского моря в 43 тыс. т и 759,5 млн экз. соответственно. В прибрежье и открытой части шельфа Западно-Камчатской промысловой подзоны промысловое значение имеет лишь желтоперая камбала, учтенная численность которой составила 210,8 млн экз.

Северо-Охотоморская подзона характеризуется благоприятными условиями обитания, особенно в притауйском районе. Здесь суммарные запасы камбал увеличиваются вдвое. Желтоперая камбала (143,9 млн экз.) теряет доминирующую роль и на первое место выходит палтусовидная камбала, численность которой оценивается в 382,7 млн экз. Численность желтобрюхой и звездчатой камбалы невелика и составляет соответственно 7,4 и 14,7 млн экз.

Приступая к расчетам возможного вылова, необходимо отметить следующий момент. Исследованиями П.А. Моисеева [1953] и В.А. Павлючкова [1987] было показано, что по биомассе кормового бентоса североохотоморский шельф относится к числу наиболее продуктивных районов Охотского моря. В то же время детальная траловая съемка в северной части Охотского моря, выполненная в 1982 и 1988 гг. [Борец, 1985, 1990], показала, что численность и биомасса донных рыб (в том числе и камбал) на северо-западном шельфе на порядок ниже, чем на соседнем шельфе Западной Камчатки. Анализируя эту диспропорцию, Л.А. Борец [1990] пришел к выводу, что кормовая база не является лимитирующим фактором, ограничивающим численность и биомассу обитающих здесь донных рыб.

Учитывая сказанное выше, можно принять, что на фоне «переизбытка» кормовой базы, потенциал роста камбал, соответствующий условиям обитания на североохотоморском шельфе, полностью реализован. Это в свою очередь дает нам основание полагать, что при воздействии промысла и соответственно снижении численности обитающих здесь донных рыб компенсационные факторы (улучшение пищевой обеспеченности, увеличение весовых приростов) проявят себя незначительно. Поэтому применительно к североохотоморским камбалам промысловую смертность допустимо принять как простое равенство:  $F = Z - M$ , где  $Z$  — общая смертность,  $M$  — естественная смертность.

На основе данных о величине запасов и коэффициентов естественной смертности мы предприняли попытку определить величину общего допустимого вылова. При расчетах этой величины мы исходили из следующих требований.

Во-первых, промысел должен базироваться большей частью на половозрелой части популяции. Во-вторых, общая смертность рыб в облавливаемой части популяции не должна превышать удвоенный коэффициент естественной смертности ( $2M$ ) в средних возрастах [Тюрин, 1972]. В-третьих, с возрастом рыб интенсивность вылова должна снижаться, достигая нулевого значения для возрастных групп, естественная смертность которых равна или превышает  $2M$ .

Согласно установленным нами требованиям, темпы убыли молодых рыб определяются только естественными причинами. С достижением возраста полового созревания рыбы вступают в промысловую часть запаса. На возрастные группы промысловой части запаса мы устанавливаем верхний предел общей смертности  $Z$ , равный  $2M$  в возрасте полового созревания.

В соответствии с табл. 2, по мере увеличения естественной смертности  $M$  промысловая смертность  $F$  будет снижаться в обратно пропорциональной зависимости. Начиная с возраста 12+ у звездчатой и 13+ у желтоперой, палтусовидной и желтобрюхой камбал естественная убыль начинает превышать  $2M$ , поэтому все старшие возрастные группы выводятся из промысла и дальнейшая их убыль определяется только естественными причинами.

Согласно расчетам продукционные возможности четырех видов камбал позволяют ежегодно добывать 21,64 млн экз. или 3971 т, из которых 93,8% приходится на палтусовидную (2172 т) и желтоперую (1553 т) камбалы (табл. 3).

## Численность, биомасса и общий допустимый улов североохотоморских камбал

Вид камбалы, промысловый район	Общий запас, млн экз./т	Промзапас, млн экз./т	ОДУ, млн экз./т	Изъятие*, %
Желтоперая, ЗК**	210,8/8852	37,6/7465	5,99/923	15,9/12,4
Желтоперая, СОМ***	143,9/6045	25,7/5098	4,09/630	15,9/12,4
Палтусовидная, СОМ	382,7/24861	71,0/17369	11,0/2172	15,5/12,5
Желтобрюхая, СОМ	7,4/755	0,818/473	0,123/52	15,0/11,0
Звездчатая, СОМ	14,7/2500	3,1/1849	0,434/194	14,0/10,5

\* Слева – от промысловой численности; справа – от промысловой биомассы.

\*\* ЗК – Западно-Камчатская подзона.

\*\*\* СОМ – Северо-Охотоморская подзона.

В целом доля промыслового изъятия от половозрелой части популяции у разных видов камбал варьирует от 14,0 до 15,9% по численности и от 10,5 до 12,5% по биомассе. Сравнение среднего возраста половозрелых рыб до и после промыслового изъятия показало, что при рекомендуемом объеме вылова происходит омоложение репродуктивного стада в среднем на один год. Следует отметить, что такое снижение не приводит к сокращению числа возрастных классов вплоть до предельного возраста установленного расчетами.

## Литература

- Борец Л.А.** 1985. Состав и биомасса донных рыб на шельфе Охотского моря // Биология моря. № 4.– С. 54–59.
- Борец Л.А.** 1990. Состав и обилие рыб в донных икhtiоценозах шельфа северной части Охотского моря // Известия ТИНРО. Т. 111.– С. 162–171.
- Дьяков Ю.П.** 2002. Западнокамчатские камбалы (распределение, биология и динамика популяций) // Известия ТИНРО. Т. 130.– С. 954–999.
- Засосов А.В.** 1976. Динамика численности промысловых рыб.– М: Пищевая промышленность.– 313 с.
- Зыков Л.А.** 1986. Метод оценки коэффициентов естественной смертности дифференцированных по возрасту рыб: Сб. науч. тр. ГОСНИОРХ. Вып. 243.– С. 14–21.
- Иванкова З.Г.** 2000. Биология и состояние запасов камбал залива Петра Великого. Желтоперая и малоротая камбалы // Известия ТИНРО. Т. 127.– С. 188–202.
- Кошелев Б.В.** 1971. Некоторые закономерности роста и времени наступления первого икротематия у рыб // Закономерности роста и созревания рыб.– С. 186–218.
- Максименко В.П., Антонов Н.П.** 2002. Оценка естественной смертности у морских промысловых популяций рыб камчатского шельфа // Вопр. рыболовства. Т. 3. № 3 (11).– С. 450–462.
- Моисеев П.А.** 1953. Треска и камбалы дальневосточных морей // Известия ТИНРО. Т. 40.– 288 с.
- Никольский Г.В.** 1974. Теория динамики стада рыб.– М.: Пищевая промышленность.– 448 с.
- Павлючков В.А.** 1987. Макробентос североохотоморского шельфа и верхней части склона: Автореф. дис. ... канд. биол. наук.– Владивосток.– 22 с.
- Тихонов В.И.** 1984. Численность поколений желтоперой лиманды *Limanda aspera* (Pallas) (Pleuronectidae) // Вопр. икhtiологии. Т. 24. Вып. 2.– С. 198–203.
- Тюрин П.В.** 1972. «Нормальные» кривые переживания и темпов естественной смертности рыб как основа регулирования рыболовства // Известия ГОСНИОРХ. Т. 71.– С. 71–127.
- Фадеев Н.С.** 1970. Изменение соотношения полов желтоперой камбалы (*Limanda aspera*) в зависимости от численности // Зоологический журнал. Т. 40. Вып. 1.– С. 106–111.
- Фадеев Н.С.** 1971. Биология и промысел тихоокеанских камбал.– Владивосток: Дальиздат.– 100 с.
- Черешнев И.А. и др.** 2001. Прибрежные рыбы северной части Охотского моря.– Владивосток: Дальнаука.– 196 с.
- Четвергов А.В.** 2002. Половое созревание западнокамчатских камбал // Известия ТИНРО. Т. 130.– С. 940–953.
- Юсупов Р.Р., Изергин И.Л., Тимофеев А.Е.** 1991. Состояние запасов и перспективы промысла сиговых рыб р. Анадырь // Сб. науч. тр. ВНИИПРХ. Вып. 61.– С. 78–86.

## Рост рыб и возможный вылов

А.А. Яржомбек (ВНИРО)

Рациональное рыбохозяйственное использование мыслимо как «съем» прироста биомассы. Такой прирост возможен, если сумма индивидуальных приростов особей, составляющих промысловую часть запаса, превышает потерю биомассы в результате естественной смертности. В случае, если запас находится в стабильном состоянии и сезонный прирост равен естественным потерям, промысел непременно уменьшит биомассу и численность. Для появления возможности «съема», компенсированного приростом, стабильное состояние должно быть нарушено путем уменьшения плотности популяции и как следствие ускорения роста и снижения естественной смертности. В случае стабильных абиотических условий это возможно при значительном снижении биомассы.

Ускорение роста промысловых рыб под действием промысла иллюстрирует ряд показательных примеров. Рис. 1 показывает, что арктический голец в норвежском оз. Такватн в 1989 г. растет значительно быстрее, чем в 1984 г: масса 12-летних рыб составляла в среднем 800 г против 100 г. Авторы [Amundsen et al., 1991] связывают это с тем, что интенсивность промысла за эти годы усилилась вчетверо. Специальное исследование П.А. Моисеева [1946] было посвящено ускорению роста камбал зал. Петра Великого в связи с началом интенсивного промысла в 1930 г. Оказалось, что длина годовальных самцов камбал с 1927 по 1936 г. увеличилась на 74%, а средняя индивидуальная масса увеличилась более чем в пять раз.

Обычно рост «в прежние годы» бывает значительно медленнее, чем в последующие, в связи с интенсификацией промысла. Так, белокорый палтус в Петропавловско-Командорском районе сейчас в 13-летнем возрасте достигает в среднем веса 17 кг, тогда как несколько десятилетий назад в этом возрасте он достигал всего 6 кг [Моисеев, 1953]. Белокорый палтус Исландии в 1960-е гг. рос медленнее, чем в 1980-е [Godo, Naug, 1999]. Белокорый палтус о. Шумагин в 1965 г. рос быстрее, чем в 1929 г.: средняя масса 12-летних стала 12 кг против 8 кг [Clark, 1999]. Черный палтус Баренцева моря в 1990-е гг. [Кузнецова и др., 2001] рос быстрее, чем в 1970-е гг. [Krzykowski, 1976]. Тихоокеанский черный палтус в 70-е гг. прошлого века рос быстрее, чем в 1930-е: 12-летние рыбы имели средний вес около 6 кг против 3,5 кг [Моисеев, 1953; Новиков, 1974]. Примеры можно было бы продолжать.

В чем же причины столь неравномерного роста? Известно, что в лабораторных условиях при повышении температуры до оптимального уровня происходит ускорение роста рыб. На лососевых рыбах это продемонстрировано Дж. Бреттом с сотрудниками [Brett et al., 1969]. Сводка данных по этому вопросу недавно сделана автором [Яржомбек, 2000]. Особенно показательным ускорением роста тресковых рыб – в 10 раз по сравнению с особями, обитающими в районах, где среднегодовая температура воды на 10 °С ниже (рис. 2 и 3) [Яржомбек, 1998]. Следова-

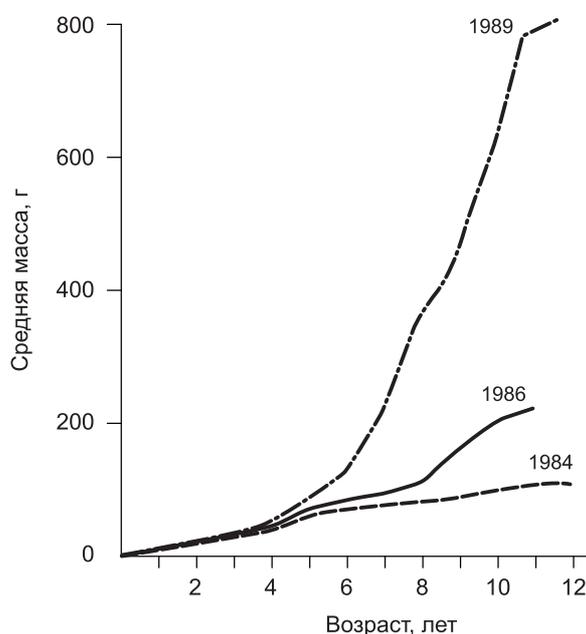


Рис. 1. Рост гольца по данным разных лет

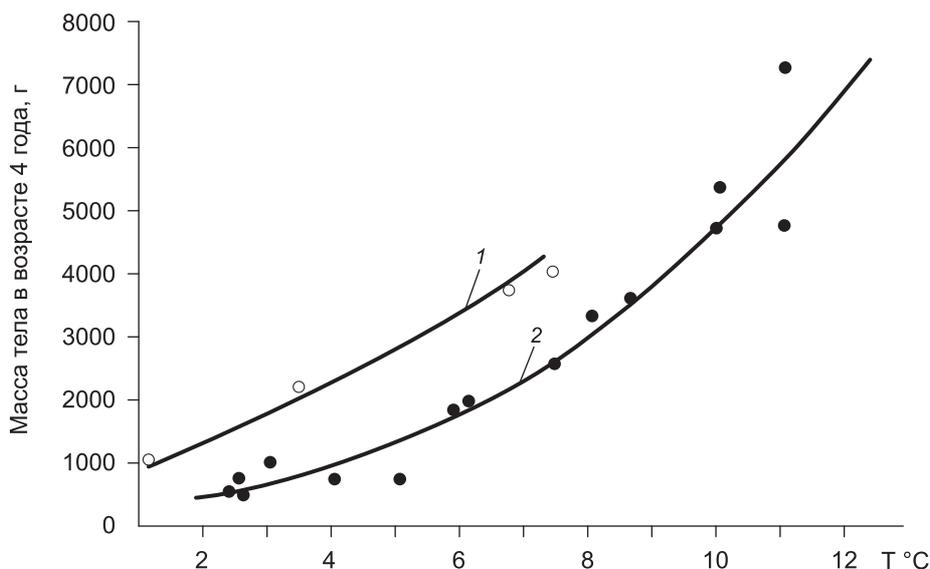


Рис. 2. Средняя масса тела тихоокеанской (1) и атлантической (2) трески в четырехлетнем возрасте в зависимости от среднегодовой температуры воды в районе обитания

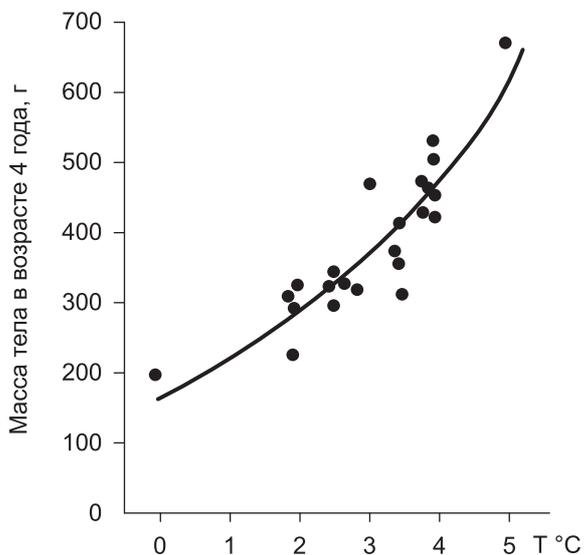


Рис. 3. Средняя масса тела четырехлетнего минтая в зависимости от среднегодовой температуры воды в районе обитания

тельно, небольшое увеличение среднегодовой температуры воды или увеличение продолжительности биологического лета может значительно ускорить рост.

Пользуясь литературными данными о средней скорости роста и смертности (или выживаемости) облавливаемых популяций на примере единичного поколения можно рассчитать рост биомассы стада и его промысловой части: того, что может быть выловлено без уменьшения общей биомассы в следующем году. Видимо, такой подход столь же правомочен при определении возможного промыслового изъятия, как и принятые в настоящее время методы, основанные на учете возраста полового созревания [Малкин, 1999], величины естественной смертности [Тюрин, 1962; Alverson & Pereyra, 1969], модельных расчетов динамики

биомассы «виртуальных популяций» [Бабаян, 2000]. Рассмотрим данный подход на примере массовых промысловых рыб, обитающих у побережья Камчатки.

**Корфо-карагинская сельдь.** В табл. 1 приведены результаты расчета динамики биомассы поколения сельди. Скорость роста взята из работы Н.И. Науменко [1990], правдоподобная величина естественной смертности 0,25 в год (выживание 0,75), по данным Н.И. Науменко и А.А. Бонка [1999].

Средняя масса тела годовалой сельди принята за единицу, численность в годовалом возрасте также принята за единицу, поэтому все величины выражены в условных единицах. Прирост биомассы всего стада или его промысловой части определяет величина, «взвешенная по возрастам» показателя прироста биомассы. В данном случае это частное от деления суммы «значимостей» относительного прироста биомассы на общую учтенную биомассу  $6,9/28,53 = 0,242$ . Значит, в данном случае определенный расчетным путем сезонный прирост биомассы рыб двух лет и более составил 24% от биомассы. Отрицательные значения относи-

Таблица 1

## Расчет динамики биомассы поколения сельди

Возраст, годы (1)	Средняя масса тела, у.е. (2)	Численность, у.е. (3)	Биомасса, у.е. (4) = [2] x [3]	Относительный прирост биомассы к предыдущему году (5)	«Значимость» относительного прироста биомассы (6) = [4] x [5]
1	1	1	1		
2	3	0,75	2,25	1,25	2,81
3	7	0,56	3,92	0,74	2,90
4	10	0,42	4,20	0,07	2,94
5	13	0,32	4,16	-0,01	-0,04
6	16	0,24	3,84	-0,08	-0,03
7	18	0,18	3,24	-0,16	-0,52
8	20	0,14	2,80	-0,16	-0,45
9	22	0,1	2,20	-0,21	-0,46
10	24	0,08	1,92	-0,13	-0,25
Сумма для возрастов 2–10 лет			28,53		6,90

тельного прироста и его «значимости» по возрастным группам означают уменьшение биомассы старших возрастных групп стада, когда прирост биомассы перестает компенсировать потери численности от естественной смертности.

**Белокорый палтус. Петропавловско-Командорский район.** Расчет динамики биомассы поколения палтуса проведен так же, как для сельди. Показатели весового роста и выживания – по данным Р.Н. Новикова (частное сообщение). Расчеты (табл. 2) показывают, что сезонный прирост биомассы для рыб возраста двух лет и более составит:  $4,98/78,95 = 0,063$ , или 6,3%, тогда как для рыб пяти лет и старше – 4,5% биомассы.

Таблица 2

## Расчет динамики биомассы палтуса

Возраст, годы (в скобках – выживание) (1)	Масса тела, у.е (2)	Численность, у.е (3)	Биомасса, у.е. (4)=(2)•(3)	Прирост биомассы (5)	«Значимость» прироста (6)=(4)•(5)
1	1	1	1		
2 (0,2)	5	0,2	1	0	0
3 (0,4)	18	0,08	1,44	0,44	0,63
4 (0,6)	42	0,048	2,02	0,4	0,80
5 (0,7)	68	0,034	2,31	0,14	0,32
6 (0,8)	107	0,027	2,89	0,25	0,72
7 (0,9)	162	0,024	3,89	0,35	1,36
8 (0,9)	225	0,022	4,95	0,27	1,26
9 (0,9)	316	0,020	6,32	0,27	1,71
10 (0,9)	401	0,018	7,22	0,14	1,01
11 (0,85)	650	0,015	9,75	0,35	3,41
12 (0,8)	850	0,012	10,2	0,05	0,51
13 (0,8)	898	0,010	9,00	-0,10	-0,9
14 (0,7)	945	0,007	6,62	-0,26	-1,72
15 (0,7)	986	0,005	4,93	-0,25	-1,23
16 (0,6)	1031	0,003	3,09	-0,37	-1,14
17 (0,57)	1075	0,0017	1,83	-0,40	-0,73
18 (0,5)	1118	0,00085	0,95	-0,48	-0,46
19 (0,4)	1160	0,00034	0,39	-0,59	-0,23
20 (0,3)	1202	0,0001	0,1	-0,69	-0,08
21 (0,2)	1243	0,00002	0,02	-0,83	-0,016
22 (0,1)	1283	0,000002	0,002	-0,85	-0,002
Сумма для возрастов 2–22 лет			78,95		4,98
Сумма для возрастов 6–22 лет			72,18		3,23

**Минтай. Западно-Камчатский район.** Материалом для расчета динамики биомассы западнокамчатского минтая послужили данные, собранные автором в нерестовый период 1996 г. Сведения о росте и общей (естественной и промысловой) смертности в среднем для самцов и самок (0,3 в год) приведены в статье в настоящем сборнике [Яржомбек, Карпенко]. Метод расчета оставался неизменным, как для сельди и палтуса (табл. 3).

Таблица 3

Расчет динамики биомассы минтая

Возраст, годы (1)	Масса тела, у.е (2)	Численность, у.е. (3)	Биомасса, у.е [4]= (3)•(2)	Прирост биомассы (5)	«Значимость» прироста (6)=(4)•(5)
1	1	1	1		
2	2,42	0,7	1,69	0,69	1,17
3	4,06	0,49	1,99	0,18	0,36
4	5,85	0,34	1,99	0,00	0,00
5	7,76	0,24	1,86	-0,13	-0,24
6	9,79	0,17	1,66	-0,37	-0,66
7	11,91	0,12	1,43	-0,14	-0,20
8	14,09	0,08	1,13	-0,21	-0,24
9	16,39	0,06	0,98	-0,13	-0,13
10	18,75	0,04	0,75	-0,23	-0,15
11	21,18	0,03	0,64	-0,15	-0,10
12	23,64	0,02	0,47	-0,27	-0,13
13	26,18	0,014	0,37	-0,21	-0,008
Сумма для возрастов 2–13 лет			14,96		-0,46

Оказалось, что биомасса растет только у молодой части стада — до 3–4 лет. Биомасса старшей части стада год за годом уменьшается. Это значит, что при данной общей (естественной и промысловой) смертности (30%) биомасса стада будет стабильно понижаться на 3,5% в год ( $-0,46/14,96 = -0,0348$ ). Для поддержания стада со стабильной биомассой интенсивность промысла должна быть уменьшена таким образом, чтобы общая смертность не превышала 24,3% в год.

Все приведенные расчеты носят гипотетический характер, как и любые другие способы моделирования, но использование в расчетах оценки ОДУ параметра прироста биомассы позволит объективно устанавливать нормы промыслового изъятия. Однако, видимо, более корректное представление о промысловом запасе и его рациональной эксплуатации могут дать более сложные модели, учитывающие большее количество характеристик: смертность, рост, возраст созревания и уровень пополнения. Все упрощенные варианты уязвимы для справедливой критики. Например, применение критерия расчета допустимого вылова как половины или всей естественной смертности не подходит для длинноцикловых рыб с очень низкой естественной смертностью (белокорый палтус). Ведь если бы для какой-то размерно-возрастной группы смертность оказалась исключительно мала, то и вылов можно было бы рекомендовать близким к нулевой отметке!

### Литература

- Бабаян В.К.* 2000. Предосторожный подход к оценке общего допустимого улова (ОДУ).— М.: Изд-во ВНИРО.— 188 с.
- Кузнецова Е.Н., Бондаренко М.В., Морозов А.Д.* 2001. Возрастной состав и темп роста черного палтуса норвежско-баренцевоморского стада // Вопр. ихтиологии. Т. 42. № 2.— С. 189–192.
- Малкин Е.М.* 1999. Репродуктивная и численная изменчивость промысловых популяций рыб.— М.: Изд-во ВНИРО.— 146 с.
- Моисеев П.А.* 1946. Некоторые данные о влиянии промысла на состояние стада камбал залива Петра Великого // Зоологический журнал. Т. 25. Вып. 5.— С. 451–458.
- Моисеев П.А.* 1953. Треска и камбалы дальневосточных морей // Известия ТИНРО. Т. 40.— С. 106–120.

- Науменко Н.И.* 1990. Причины длительной депрессии корфо-карагинской сельди // Биологические ресурсы шельфовых и окраинных морей.— М.: Наука.— С. 139–148.
- Науменко Н.И., Бонк А.А.* 1999. Корфо-карагинская сельдь // Рыбное хозяйство. Вып. 1.— С. 27–28.
- Новиков Н.П.* 1974. Основные черты биологии тихоокеанского палтуса в Беринговом море // Труды ВНИРО. Т. 49.— М.: ВНИРО.— С. 187–195.
- Тюфин П.В.* 1962. Фактор естественной смертности рыб и его значение при регулировании рыболовства // Вопросы ихтиологии. Т. 2. Вып. 3.— С. 403–427.
- Яржомбек А.А.* 1998. Тресковые рыбы: Справочные материалы по росту рыб.— М.: Изд-во ВНИРО.— 44 с.
- Яржомбек А.А.* 2000. Лососевые рыбы: Справочные материалы по росту рыб.— М.: Изд-во ВНИРО.— 110 с.
- Alverson D., Pereyra W.* 1969. Demersal fish exploration in the N.E. Pacific Ocean — an evaluation of exploratory fishing methods & analytic approaches to stock, size & yield forecast // J. Fish. Res. Bd. Canada. V. 26. N. 8.— P. 1985–2001.
- Amundsen P., Klemendsen A., Grotnes P.* 1991. Rehabilitation of stunted population of Arctic chare by intensive fishing // ISACF Inf. N. 5.— P. 13–23
- Brett J., Shelbourn J., Shoop C.* 1969. Growth & body composition of fingerling sockeye salmon in relation to temperature & ration // J. Sci. Fish. Res. Bd. Canada. V. 26.— P. 2363–2397.
- Clark W.* 1999. Decadal changes in growth & recruitment of pacific halibut // Can. J. Aquat. Sci. V. 56.— P. 243–257.
- Godø O., Haug T.* 1999. Growth rate & sex maturity in cod & Atlantic halibut // J. NW Atl. Fish. Sci. V. 25.— P. 115–123.
- Krzykawski S.* 1992. Biometric characteristics & growth of Greenland halibut from Barents Sea // Acta Ichtiol. Pisc. V. 22. N. 1.— P. 97–110.

УДК 597-152.6:639.223.5

---

## Смертность западнокамчатского минтая по данным 1996 г.

*А.А. Яржомбек, Э.А. Карпенко (ВНИРО)*

Смертность и выживание являются важными характеристиками промыслового запаса и давления на него промысла. Выживание (величина обратная смертности) определяет форму «правой части» возрастной структуры улова. В настоящей работе сделана попытка определить выживание интенсивно облавливаемой популяции минтая на основании материалов тралового лова. Понимая, что распределение рыб в улове и в море — это не одно и то же, для более адекватной оценки возрастного состава минтая нами были использованы полученные данные о дифференциальной уловистости трала.

### Материал и методика

Материал был собран в российско-японском научно-промысловом рейсе на траулере «Тэнью-мару 57» в период 10 февраля – 12 апреля 1996 г. в районе Охотского моря 52–57° с.ш., 154–156° в.д., на глубинах 50–200 м, мористее 15 миль от берега. Проанализировано 2078 экз. минтая. Материалы частично опубликованы [Лисовенко, 2000]. Длина рыб колебалась от 20 до 75 см с модальным классом 40–45 см для самок и 35–40 см для самцов. Масса тела колебалась в пределах 30–4500 г со средней для самок 642 г и для самцов 474 г, причем самцы с массой тела более 2,5 кг отсутствовали, а самки были редки. Улов преимущественно, на 65%, состоял из самок. Возраст 180 экз. с массой тела до 2,5 кг был определен по отолитам в лаборатории экологии рыб ВНИРО (заведующая д-р биол. наук Е.Н. Кузнецова) и в лаборатории доктора Ричарда Бимиша (Биологическая станция Нанаймо, Канада), за что мы им выражаем глубокую благодарность. Эти данные

(рис. 1) послужили для расчета «ключа» при определении возраста рыб по массе тела, согласно формулам связи массы тела и возраста [Яржомбек, 1998]:

$$M = 33T^{1,273}, \quad T = 0,064M^{0,786},$$

где  $M$  – масса тела, граммы;  $T$  – возраст, г.

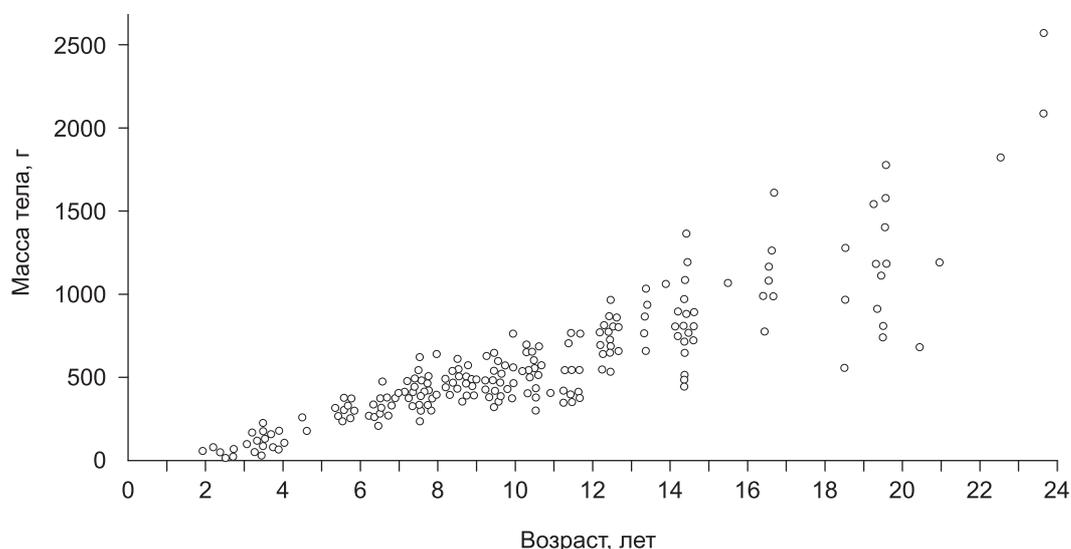


Рис. 1. Весовой рост западнокамчатского минтая

Возраст рыб с массой тела более 2,5 кг определить не представлялось возможным, но, судя по установленной зависимости, эти экземпляры имели возраст приблизительно 40 лет. Однако доля рыб с массой более 2,5 кг была в уловах незначительной.

Применялся донный трал 70,6/36 м. По характеристикам раскрытия и кабельной оснастке были определены его параметры. Данные уловов различных размерно-возрастных групп минтая позволили установить коэффициенты дифференциальной уловистости [Карпенко и др., 1993]. В настоящей статье использована модальная кривая дифференциальной уловистости трала, вычисленная для применявшихся режимов траления и выраженная как в табличном, так и в графическом виде (табл. 1, рис. 2).

В полученную кривую размерно-возрастного состава уловов вводили поправки на дифференциальную уловистость трала для рыб разных классов промежу-

Таблица 1

**Дифференциальная уловистость трала для минтая с разной массой тела и разным возрастом**

Возраст	Вес, г	КУ*	Возраст	Вес, г	КУ	Возраст	Вес, г	КУ
1	33	0,005	11	699	0,37	21	1591	0,20
2	80	0,01	12	780	0,35	22	1688	0,19
3	134	0,02	13	864	0,33	23	1786	0,18
4	193	0,04	14	950	0,31	24	1886	0,17
5	256	0,10	15	1037	0,29	25	1987	0,16
6	323	0,16	16	1125	0,27	26	2088	0,155
7	393	0,28	17	1216	0,26	27	2191	0,115
8	466	0,36	18	1308	0,24	28	2295	0,12
9	541	0,37	19	1401	0,23	29	2400	0,123
10	619	0,38	20	1495	0,21	30	2505	0,096

\* КУ – коэффициент уловистости, на него следует разделить долю рыб в улове, чтобы определить долю рыб данного возраста в море.

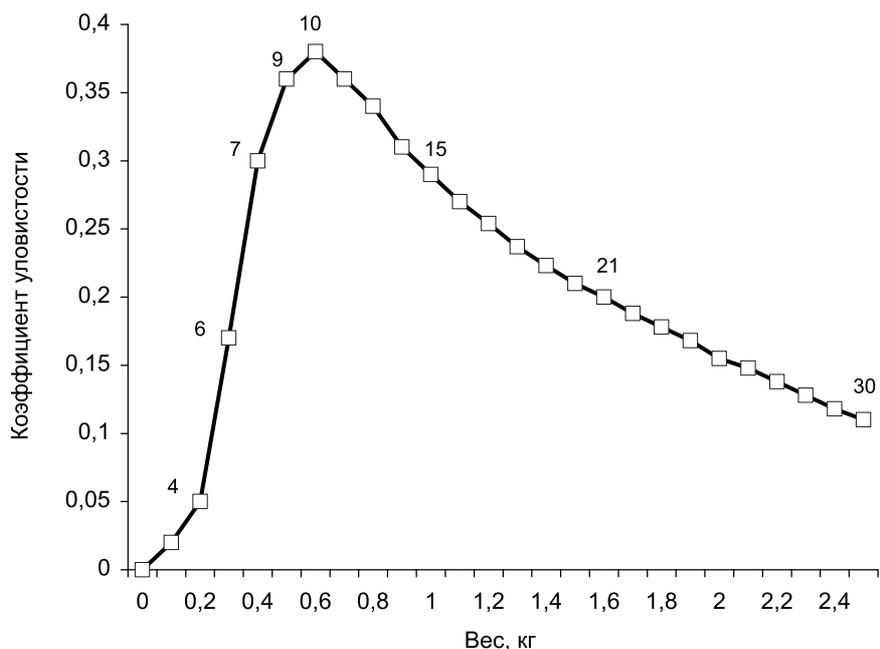


Рис. 2. Зависимость уловистости трала от веса тела минтая

ков. Применение данной поправки обусловлено тем, что крупные рыбы, обладая большими скоростными возможностями, уходят из зоны действия трала чаще, чем средние и мелкие. А самые мелкие рыбы не «сгоняются» досками и крыльями в кутец трала, а «проваливаются» сквозь ячейку крыльев.

### Обсуждение результатов

Поскольку распределение самцов и самок минтая по размерам и возрастам в период наблюдений существенно различалось [Лисовенко, 2000], расчет скорректированных в соответствии с дифференциальным коэффициентом уловистости трала сделан отдельно для самцов и самок (табл. 2, рис. 3).

Таблица 2

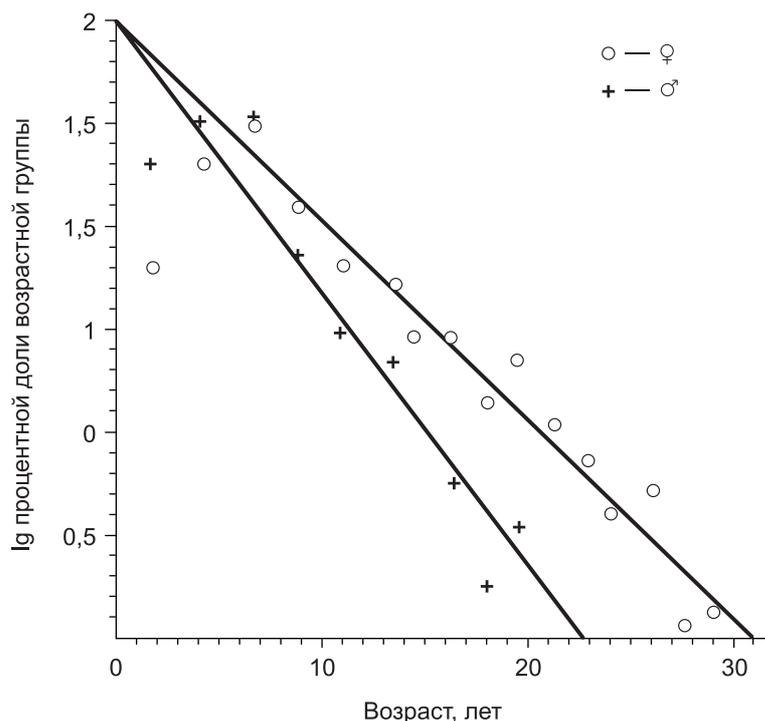
Изменение массы тела самцов и самок минтая по возрастам

Масса, г*	Возраст**	Самки***	Самцы***	Масса, г	Возраст	Самки	Самцы
75	1,91	6,36	20,54	2175	26,88	0,11	0,00
225	4,50	20,12	31,59	2325	28,33	0,13	0,18
375	6,75	31,37	32,54	2475	29,75	0,78	0,22
525	8,79	12,29	7,27	2625	31,16	0,58	–
675	10,72	6,15	3,11	2775	32,55	0,25	–
825	12,55	5,23	2,17	2925	33,93	0,31	–
975	14,31	2,76	1,00	3075	35,29	1,17	–
1125	16,01	2,90	0,56	3225	36,63	0,00	–
1275	17,66	1,14	0,18	3375	37,93	0,42	–
1425	19,28	2,31	0,29	3525	39,29	0,00	–
1575	20,86	1,06	0,21	3675	40,59	0,00	–
1725	22,40	0,74	0,00	3825	41,89	0,00	–
1875	23,92	0,37	0,13+	3975	43,18	0,00	–
20,25	25,41	0,49	0,00	41,25	44,45	0,00	–

\*Масса тела — середина классового интервала.

\*\*Возраст — средний возраст в годах для рыб данного классового интервала.

\*\*\*Количество самцов и самок — в процентах от их общего числа.



**Рис. 3.** Линейная зависимость логарифма доли возрастной группы минтая от возраста

Из данных табл. 2 следует, что максимальное количество минтая в районе промысла (после учета дифференциальной уловистости трала) представлено рыбами, имеющими возраст 4–8 лет. Дефицит рыб младшего возраста выражается в наличии «левого склона» распределения. В действительности молодых рыб должно быть больше, чем взрослых. По-видимому, неполовозрелые особи находились за пределами района исследований. Поэтому, определяя средний коэффициент выживания, следует анализировать только «правый склон» распределения по возрастам. При рассмотрении «правого склона» ограничили возрастом до 30 лет для самок и до 20 лет для самцов. Более крупные рыбы попадают в уловы исключительно редко, поэтому в расчеты не принимались.

При относительно постоянном ежегодном падении численности «правый склон» распределения должен иметь характер экспоненты и в полулогарифмическом масштабе должен представлять собой прямую линию. На рис. 3 можно видеть, что самцы элиминируются быстрее, чем самки, хотя обе линии в «нулевом возрасте» сходятся, следовательно оба пола имеют одинаковую стартовую численность. В этом есть определенный смысл — различия между самцами и самками должны появляться после значительной физиологической дифференцировки по половым признакам. Расчет регрессии показывает, что средний коэффициент выживания самцов составляет 0,6605 в год, для самок — 0,7243 в год. Следовательно, усредненные значения ежегодной смертности самцов составляет 34%, а самок — 28%. Значение смертности для самцов и самок определено величиной 30% в год.

### Заключение

Полученные средние показатели смертности западнокамчатского минтая характеризуют сумму естественной и промысловой смертности. Следует иметь в виду, что на ход кривой смертности может оказывать влияние различный уровень численности пополнения, что может нивелироваться при использовании логарифмического масштаба. Поэтому полученные показатели следует считать не только усредненными, но и довольно приближительными, поскольку в анализируемой совокупности не учитывалось влияние на средние показатели смежных урожайных и неурожайных поколений.

Полученное нами усредненное значение смертности самцов и самок составило 30% в год, что близко к значениям, полученным для минтая япономорского побережья о. Хоккайдо [Utoh & Natsume, 1993]. По их данным, полученным в результате ярусного лова, промысловая смертность находится на уровне 25%. Общая смертность без учета дифференциальной селективности яруса в таком случае имеет величину порядка 50%. Возрастные пределы западнохоккейского минтая в уловах — 4–8 лет. Япономорский минтай растет значительно быстрее и созревает раньше [Яржомбек, 1998] западнокамчатского и давление промысла на него значительно более сильное.

Мы полагаем: при оценке возрастной структуры промыслового запаса рыб необходимо учитывать дифференциальную селективность орудий лова, что позволит получать более объективное представление о размерно-возрастном составе облавливаемого стада.

#### Литература

- Карпенко Э.А., Степанов Г.Н., Гольбадамов П.С.* 1993. Определение уловистости разноглубинных тралов и уточнение состава облавливаемых скоплений рыб // Техника промышленного рыболовства: Вопр. теории, практики промысла и поведения гидробионтов.— М.: ВНИРО.— С. 99–108.
- Лисовенко Л.А.* 2000. Размножение рыб с прерывистым оогенезом на примере минтая Западной Камчатки.— М.: Изд-во ВНИРО.— 111 стр.
- Яржомбек А.А.* 1998. Тресковые рыбы: Справочные материалы по росту рыб.— М.:— Изд-во ВНИРО.— 44 стр.
- Яржомбек А.А.* 2000. Лососевые рыбы: Справочные материалы по росту рыб.— М.: Изд-во ВНИРО.— 110 стр.
- Utoh H., Natsume M.* 1993. Regional difference of age composition of walleye pollock *Theragra chalcogramma* from the Japan Sea coast of Hokkaido and an interpretation for its cause // Sci. Rep. Fish. Exp. Stn. 1993. N. 42.— P. 215–228.

УДК 597-135.1:639.222.2

---

## Новые данные о массовом половом созревании и промысловой мере гижигинско-камчатской сельди

*А.А. Смирнов (МагаданНИРО)*

Первая попытка сделать биологическое обоснование минимального промыслового размера гижигинско-камчатской сельди, обитающей в северо-восточной части Охотского моря, была предпринята нами на основании данных уловов осенне-зимнего периода 1988–1992 гг. [Смирнов, 1994]. Использовались такие показатели, как соотношение половозрелых и неполовозрелых рыб, естественная смертность, динамика биомассы по возрастным группам.

Очевидно, что за прошедшие годы в условиях обитания, а, следовательно, и в структуре популяции произошли определенные изменения, требующие уточнения промысловой меры.

Широкомасштабный промысел гижигинско-камчатской сельди в зал. Шелихова и прилегающих районах после 1992 г. не ведется, так как в условиях рынка этот объект стал менее привлекательным для судовладельцев по причине удаленности районов лова, отсутствия близлежащих береговых рыбоперерабатывающих мощностей и более сложных условий промысла (сильные течения, сложный донный рельеф, частые шторма) по сравнению с охотской сельдью. По имеющимся в нашем распоряжении данным, из уловов научно-исследовательских судов (НИС «Зодиак», НИС «ТИНРО», НИС «Профессор Кагановский») видно, что начиная с 1998 г. в осенний период значительно снизилось количество зрелых осо-

бей в младшевозрастных группах, а возраст массового полового созревания в последние годы составляет уже не 4+, а 6+ лет (табл. 1).

Средние масса и длина по возрастам также уменьшились (табл. 2, 3). Эти явления, видимо, вызваны неблагоприятными условиями зимовки (большой ледовитостью моря, сильным выхолаживанием воды) и нагула, происходящими в ходе изменений климатических и океанологических условий северной части Тихого океана [Шунтов и др., 1997].

Таблица 1

**Среднегодовое количество половозрелой гижигинско-камчатской сельди по возрастным группам в нагульный период, %**

Годы	Возраст, лет					
	2+	3+	4+	5+	6+	7+
1988–1992	1,5	23,8	67,3	87,4	93,9	99,5
1998–2002	0,0	14,2	32,4	43,7	75,5	95,5

Таблица 2

**Среднегодовые показатели длины тела (по Смигу) гижигинско-камчатской сельди по возрастным группам в нагульный период, см**

Годы	Возраст, лет					
	2+	3+	4+	5+	6+	7+
1988–1992	19,6	22,6	24,5	26,5	28,2	29,3
1998–2002	19,2	22,4	24,0	24,9	26,4	28,0

Таблица 3

**Среднегодовые показатели веса тела гижигинско-камчатской сельди по возрастным группам в нагульный период, г**

Годы	Возраст, лет					
	2+	3+	4+	5+	6+	7+
1988–1992	66,6	120,7	157,0	214,8	265,0	296,0
1998–2002	61,7	109,0	140,7	173,6	203,1	253,1

Следует отметить, что темп созревания самок более низкий, и он уменьшился по сравнению с периодом 1988–1992 гг. (табл. 4). Это особенно важно учитывать при прогнозировании годового промыслового изъятия. В последние годы этот показатель рассчитывается согласно концепции репродуктивной изменчивости Е.М. Малкина. Согласно этой концепции допустимая доля изъятия находится в достаточно строгой зависимости от возраста массового полового созревания самок [Малкин, 1995]. Средний возраст массового полового созревания самок гижигинско-камчатской сельди, по уточненным данным последних лет, составляет 6 лет. Для этого возраста промысловое изъятие рекомендуется в 20,7% от биомассы запаса.

Таблица 4

**Среднегодовое количество половозрелых самок гижигинско-камчатской сельди по возрастным группам в нагульный период, %**

Годы	Возраст, лет					
	2+	3+	4+	5+	6+	7+
1988–1992	2,4	24,2	54,1	90,2	95,2	100,0
1998–2002	0,0	9,9	23,1	44,0	72,4	95,5

Попытаемся определить, на каком году жизни в настоящее время биомасса нагульной сельди достигает максимума и соответствующий ему размер, применив уточненные коэффициенты естественной смертности, пересчитанные нами сов-

местно с Т.И. Булгаковой (лаборатория системного анализа промысловых биоресурсов ВНИРО) по материалам МагаданНИРО за 1978–2000 гг.

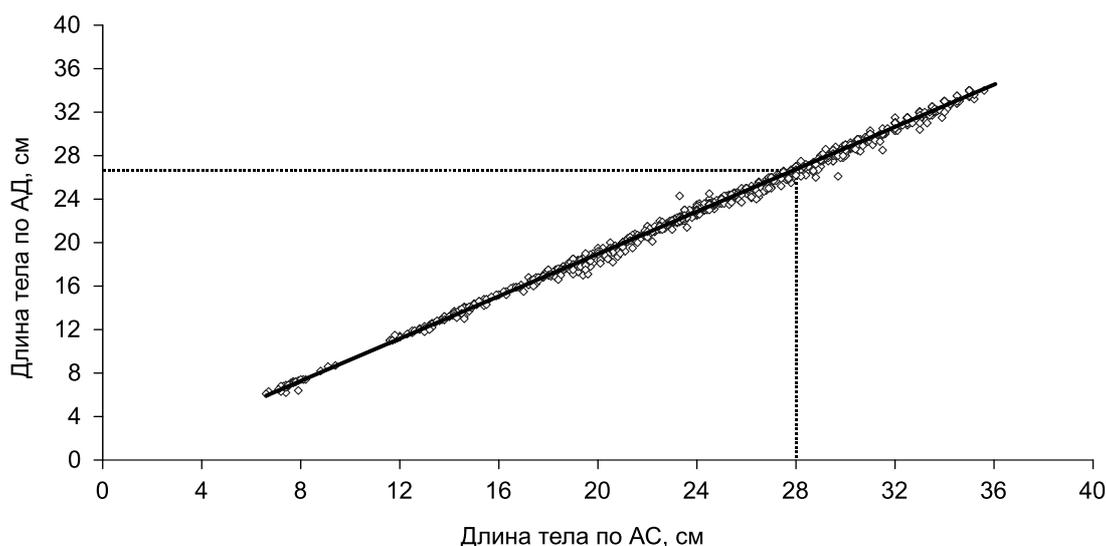
Согласно нашим расчетам (табл. 5) кульминация биомассы наступает в возрасте 7+. Средняя длина (по АС) рыб этой возрастной группы в настоящее время отличается от таковой в 1988–1992 гг. и равняется 28 см (см. табл. 2).

Таблица 5

**Зависимость средней биомассы нагульной сельди от возраста (1998–2002)**

Возраст, лет	М, %	Исходная численность, экз.	Средняя масса 1 экз., г	Средняя биомасса, г
1+		1000		
2+	37	630	61,7	38871
3+	27	460	109,0	50140
4+	15	391	140,7	55014
5+	10	352	173,6	61107
6+	11	313	203,1	63570
7+	14	269	253,1	68084
8+	17	223	296,7	66164
9+	23	172	337,3	58016
10+	29	122	369,2	45042
11+	36	78	387,9	30256
12+	42	45	408,8	18396
13+	50	22	426,9	9392
14+	57	9	392,5	3532

Мы рассчитали, что за рассматриваемый период зависимость длины тела по АД от длины тела по АС имеет линейный характер и описывается уравнением  $y = 0,9734x - 0,5052$  (рисунок). В таком случае для длины тела по АС, равной 28 см, длина тела по АД будет составлять 26,75 см. Следовательно, установленный в «Правилах промысла водных биоресурсов для российских юридических лиц и граждан в исключительной экономической зоне, территориальных водах и на континентальном шельфе Российской Федерации в Тихом и Северном Ледовитом океанах», утвержденных приказом Минрыбхоза СССР № 458 от 17 ноября 1989 г., минимальный промысловый размер на гижигинско-камчатскую сельдь, равный 24 см, должен быть увеличен на 2,75 см.



Зависимость длины тела по Смиуту (АС) от зоологической длины (АД) сельди в нагульный период 1998–2002 гг.

Таблица 6  
**ОДУ и фактический вылов гижигинско-камчатской сельди в 1998–2002 гг.**

Год	ОДУ, тыс. т	Вылов (тыс. т)	Освоение ОДУ,%
1998	46	3,6	7,8
1999	73	3,4	4,9
2000	87	17,5	20,1
2001	78	15,3	19,6
2002	104	31,4	30,2

В то же время сегодня популяция находится в стабильном состоянии, с незначительными колебаниями численности, что позволяет ежегодно вылавливать до 80 тыс. т. Однако рекомендуемое годовое изъятие осваивается не полностью. Процент освоения в последние годы колеблется от 8 до 30 (табл. 6).

Кроме того, часть гижигинско-камчатской сельди образует смешанные скопления с охотской сельдью в Притауйском районе (57°00' – 59°00' с.ш., 148°30' – 152°00' в.д.), которые облавли-

ваются в период промысла. Доля каждой из популяций и их пространственное распределение в настоящее время точно не определены. Осенью 1999 г. в месте совместного нагула сельдь с признаками, характерными для гижигинско-камчатского стада, составляла около 20% [Смирнов, 2001]. Учитывая вышеперечисленные обстоятельства, минимальная промысловая мера на гижигинско-камчатскую сельдь в ближайшие годы может быть оставлена без изменений в размере 24 см по АД, как и на охотскую сельдь. Необходимость ее пересмотра в сторону увеличения может возникнуть при организации масштабного промысла в Западно-Камчатской подзоне и полном освоении ОДУ.

#### Литература

- Малкин Е.М.* 1995. Принцип регулирования промысла на основе концепции репродуктивной изменчивости популяций // *Вопр. ихтиологии*. Т. 35. № 4.– С. 537–540.
- Смирнов А.А.* 1994. Минимальная промысловая мера гижигинско-камчатской сельди // *Рыбное хозяйство*. № 6.– С. 25–27.
- Смирнов А.А.* 2001. Современное состояние запасов и перспективы промысла гижигинско-камчатской сельди // *Вопр. рыболовства*. Т. 2.– С. 287–298.
- Шунтов В.П. и др.* 1997. Биологические ресурсы дальневосточной российской экономической зоны: структура пелагических и донных сообществ, современный статус, тенденции многолетней динамики // *Известия ТИНРО*. Т. 122.– С. 3–16.

УДК 639.228.6 (265.53)

## О минимальной промысловой мере для черного палтуса Охотского моря

*С.Ю. Шершенков (МагаданНИРО)*

Известно, что в Охотском море обитает единая группировка (популяция) черного палтуса. По своим биологическим параметрам: темпу линейного и весового роста, а также скорости полового созревания она существенно отличается от берингоморской. Данные особенности могут являться основанием для установления специальной минимальной промысловой меры (МПМ) для этой группировки. Для черного палтуса, обитающего в морях Дальнего Востока, установлен единый минимальный промысловый размер, равный 40 см по АД (промысловой длине), что соответствует 45–46 см по длине АС.

Межгодовая изменчивость темпов роста и параметров созревания черного палтуса в северной части Охотского моря, прослеживаемая нами с 1993 г., показала, что вариации этих показателей у разных поколений достаточно велики.

Они зависят от многих факторов, главными из которых, видимо, являются численность (урожайность) поколений, а также их кормовая обеспеченность, особенно в первые годы жизни. Наиболее оптимальным, по нашему мнению, являлось бы введение периодически изменяемой промысловой меры в зависимости от вышеуказанных параметров, характеризующих состояние популяции в тот или иной период ее существования. Так, видимо, критерии определения МПМ для неэксплуатируемой высокочисленной популяции и для популяции, находящейся в режиме активной многолетней промысловой эксплуатации, должно быть различным.

Естественно, такие изменения минимального промыслового размера не должны происходить слишком часто, так как изменение минимального промыслового размера затрагивает весь рыбопромышленный комплекс, начиная с изменения различных параметров тралов, сетей и заканчивая переработкой рыбы (например, введением новых коэффициентов расхода рыбы-сырца на единицу готовой продукции).

Кроме того, важную роль играет и стратегия промысла. В последние десятилетия основной промысел черного палтуса осуществляется в осенне-зимний сезон, т.е. в преднерестовый – нерестовый период. Что, в свою очередь, позволяет нам для определения промысловой меры использовать данные, собранные в период ведения активного промысла, наступления половозрелости у того или иного поколения по средней длине (возрасту).

Под промысловой мерой понимается условие, способствующее воспроизводству численности объекта промысла, при котором обеспечивается хотя бы однократное участие в нересте основной части поколения. Мы полагаем, что сегодня в условиях низкого уровня численности и активного промысла черного палтуса наиболее целесообразно сместить пресс промысла на рыб средневозрастных и старшевозрастных групп. При анализе имеющихся данных, мы выбрали размерный интервал по стандартной биологической длине АС (длина по Смиту) от 46 до 105 см потому, что за весь период наблюдений 1993–2001 гг. все рыбы меньших размеров, встречавшиеся нам, были неполовозрелыми, а рыбы более 100 см имели половозрелость близкую к 100%.

Рассмотрим межгодовую изменчивость основного критерия при установлении минимального промыслового размера – размера наступления массового полового созревания черного палтуса по материалам научно-промысловых уловов за последние 9 лет (таблица). Так, в результате исследований было установлено, что в рассматриваемые нами годы (1993–2001) впервые созревающие самцы появлялись в стаде в возрасте 6 лет при размерах АС = 51 см, самки = 52 см. Однако массовое созревание (более 50–60% в сантиметровом классе) самцов палтуса происходило в различные годы при АС = 55–57 см в возрасте 7–8 лет, а самок = 58–59 см и на год позже. Созревание самцов уровня 90% наблюдалось при длине АС = 60–61 см (возраст 8–10 лет), самок же 65–68 см (10–11 лет) в зависимости от года. Иными словами, только при достижении рыбой этого возраста и размеров можно однозначно говорить о том, что «как минимум один раз отнерестилась» большая часть рыб данного поколения.

В связи с этим в современных условиях при относительно невысокой численности охотоморского черного палтуса и активном промысловом прессе очень важно, чтобы минимальная промысловая мера рассчитывалась не по самцам и средним значениям обоих полов, а по созреванию самок (соблюдение принципа «обязательности обеспечения первого нереста»). Это тем более важно, что нынешний сетной промысел черного палтуса в Охотском море ориентирован на большее использование преднерестовых и нерестовых самок. А успешность воспроизводства в большей степени зависит от количества самок, а не самцов.

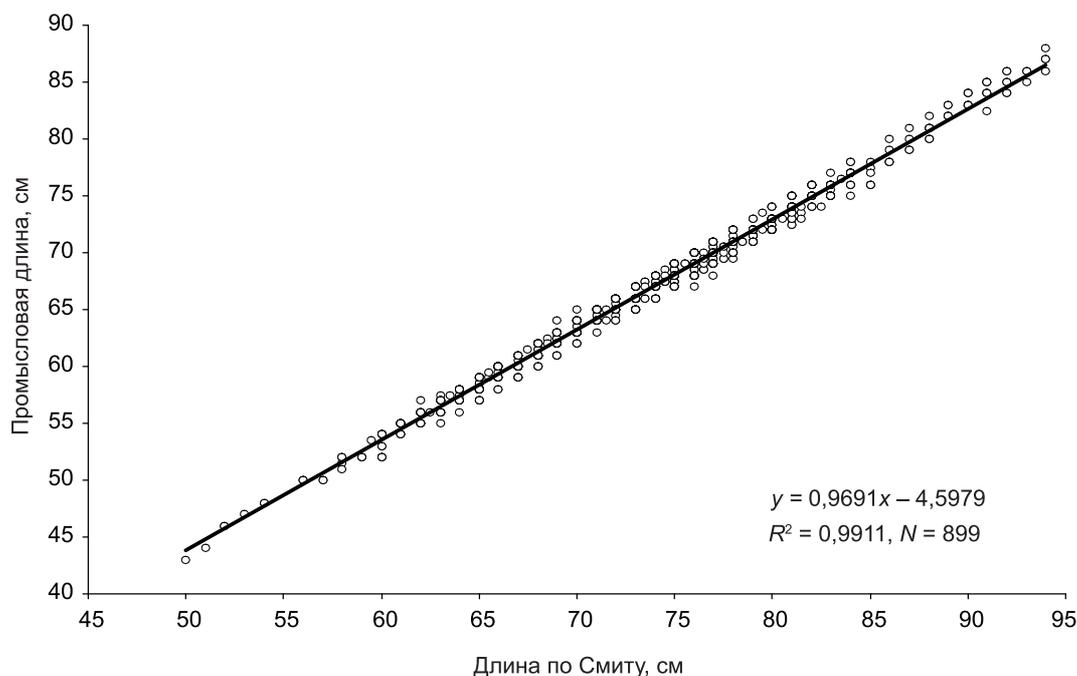
Возраст, при котором наступает кульминация ихтиомассы, в качестве второго критерия определения минимального промыслового размера, в настоящее время при относительно низкой численности нерестового запаса выходит на второй план. Однако наши данные по темпу роста показали, что максимальные весовые приросты у черного палтуса наблюдаются после наступления возраста массового

**Созревание черного палтуса Охотского моря по данным  
промысловых уловов 1993–2001 гг.**

АС, см	Самцы				Самки			
	Всего	Неполово- зрелые	Полово- зрелые	% половозрелых	Всего	Неполово- зрелые	Полово- зрелые	% половозрелых
46	2	2	0	0	0	0	0	Нет данных
47	0	0	0	Нет данных	0	0	0	Нет данных
48	0	0	0	Нет данных	1	1	0	0
49	3	3	0	0	0	0	0	Нет данных
50	2	2	0	0	0	0	0	Нет данных
51	3	0	3	100	1	1	0	0
52	2	0	2	100	2	0	2	100
53	8	3	5	62,5	2	0	2	100
54	2	1	1	50	1	0	1	100
55	9	3	6	66,67	5	2	3	60
56	4	1	3	75	6	0	6	100
57	21	4	17	80,95	5	1	4	80
58	46	7	39	84,78	24	4	20	83,33
59	72	15	57	79,17	35	8	27	77,14
60	61	8	53	86,89	62	13	49	79,03
61	57	7	50	87,72	62	11	51	82,26
62	99	11	88	88,89	70	15	55	78,57
63	102	13	89	87,26	96	24	72	75
64	119	9	110	92,44	111	19	92	82,88
65	158	9	149	94,3	149	18	131	87,92
66	110	12	98	89,09	152	19	133	87,5
67	133	18	115	86,47	181	22	159	87,85
68	147	11	136	92,52	212	17	195	91,98
69	132	20	112	84,85	170	14	156	91,76
70	113	12	101	89,38	203	15	188	92,61
71	112	8	104	92,86	120	6	114	95
72	109	8	101	92,66	160	5	155	96,88
73	101	8	93	92,08	139	5	134	96,40
74	82	6	76	92,68	120	3	117	97,5
75	77	7	70	90,91	110	4	106	96,36
76	73	8	65	89,04	89	3	86	96,63
77	67	8	59	88,06	80	2	78	97,5
78	55	7	48	87,27	72	1	71	98,61
79	37	2	35	94,59	96	5	91	94,79
80	51	9	42	82,35	64	2	62	96,88
81	34	7	27	79,41	56	2	54	96,43
82	28	4	24	85,71	44	1	43	97,73
83	48	4	44	91,67	38	0	38	100
84	31	1	30	96,77	27	0	27	100
85	46	1	45	97,83	39	0	39	100
86	35	1	34	97,14	24	0	24	100
87	23	1	22	95,65	32	2	30	93,75
88	21	2	19	90,48	26	3	23	88,46
89	25	1	24	96	25	0	25	100
90	17	2	15	88,25	30	1	29	96,67
91	12	1	11	91,67	11	0	11	100
92	10	0	10	100	9	0	9	100
93	6	1	5	83,33	15	0	15	100
94	4	0	4	100	13	1	12	92,31
95	6	0	6	100	11	1	10	90,91
96	3	0	3	100	3	0	3	100
97	1	0	1	100	9	0	9	100
98	1	1		0	3	0	3	100
99	1	0	1	100	8	1	7	87,5
100	0	0		Нет данных	6	0	6	100
101	0	0		Нет данных	0	0		Нет данных
102	0	0		Нет данных	0	0		Нет данных
103	0	0		Нет данных	0	0		Нет данных
104	0	0		Нет данных	0	0		Нет данных
105	0	0		Нет данных	3	0	3	100
Сумма	2521	269	2252		3032	252	2780	

полового созревания: у самцов в возрасте 7–8 лет при АС 58–65 см, у самок – после 12 лет при длине тела 75–85 см. За год–два до этого наблюдалось, что темпы линейного роста резко снизились и увеличились скорости весового прироста черного палтуса, причем у самок этот процесс происходит при большей длине и в старшем возрасте.

Таким образом, оптимальным, на наш взгляд, представляется решение об установлении минимальной промысловой меры для охотоморской популяции черного палтуса на уровне 58 см по стандартной биологической длине АС, или 51 см по промысловой длине АД (рисунок).



Соотношение АС (длина по Смиуту) – АД (промысловая длина) черного палтуса, по материалам 1993 г.

Основные промысловые скопления черного палтуса образованы крупными половозрелыми экземплярами, а доля неполовозрелого, имеющего размеры менее предлагаемой нами новой МПМ, в промысловых уловах составляет менее 7%. В будущем новая биологически обоснованная промысловая мера, по нашему мнению, может сыграть положительную роль в мерах регулирования промысла этого ценного промыслового вида.

УДК 639.222.2

## К вопросу о минимальной промысловой мере на охотскую сельдь

*А.М. Панфилов (МагаданНИРО)*

В настоящее время промысловая мера на охотскую сельдь принимается равной 24 см по длине АД (расстояние от вершины рыла при закрытом рте до осно-

вания средних лучей хвостового плавника). Эта величина была обоснована А.С. Лабетским [1975] на основании данных о доле половозрелых и неполовозрелых рыб в уловах нагульной сельди в осенний период 1962–1972 гг.

За прошедшие 30 лет как в структуре популяции, так и в составе ихтиоценоза Охотского моря произошли некоторые изменения, требующие уточнения промысловой меры в соответствии с вновь полученными данными.

Минимальная промысловая мера, являясь исключительно промысловым, а не биологическим параметром, принимается тем не менее с учетом ряда биологических показателей, как-то: возраст массового вступления особей в нерестовый запас, доля половозрелых особей в возрастных группах, коэффициенты естественной смертности, средние линейные размеры и масса, средняя индивидуальная плодовитость.

Основным критерием при установлении промысловой меры является возраст массового созревания, когда доля зрелых рыб в возрастной группе превышает 50%.

В последние пять лет охотская сельдь созревала в массе на пятом году жизни (4+), при этом зрелые особи составляли в среднем 58,9% (табл. 1).

Таблица 1

Доля половозрелых особей в зависимости от возраста в нагульном стаде охотской сельди в 1997–2002 гг., %

Возраст	1997	1998	1999	2000	2001	2002	М
2+	0,0	0,0	0,0	6,4	9,7	13,0	6,7
3+	32,1	10,1	38,5	18,1	39,3	32,4	26,9
4+	71,4	59,5	74,7	47,9	53,6	59,4	58,9
5+	87,0	80,4	91,2	70,9	59,7	64,4	71,7
6+	97,6	97,2	96,7	89,4	87,7	83,1	91,3
7+	100,0	100,0	99,4	96,2	94,1	85,1	97,3
8+	99,6	99,7	98,6	96,2	96,3	96,2	98,6
9+	100,0	99,4	99,9	99,5	99,1	98,9	99,6
10+	100,0	100,0	100,0	100,0	100,00	99,1	100,0
11+	100,0	100,0	100,0	100,0	100,00	100,0	100,0
12+	100,0	100,0	100,0	100,0	100,00	100,0	100,0
13+	100,0	100,0	100,0	100,0	100,00	100,0	100,0

Тем не менее стабильное превышение 50%-го уровня в этот период достигалось только на шестом году жизни, поскольку в 2000 г. в возрасте 4+ зрелыми были менее 50% особей (см. табл. 1). В 1962–1972 гг. сельдь созревала в массе (65,3%) на пятом году жизни [Лабетский, 1975].

В 1997–2002 гг. доля половозрелых рыб была стабильно высокой в размерном классе 24,5–25,5 см – от 56,7 до 80,5% особей средней длиной по АС 25 см были половозрелыми (табл. 2).

Таблица 2

Доля половозрелых особей в зависимости от размера в нагульном стаде охотской сельди в 1997–2002 гг., %

Длина АС, см	1997	1998	1999	2000	2001	2002	М
19,6–20,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
20,6–21,5	0,0	0,0	0,0	4,3	9,1	5,3	5,1
21,6–22,5	0,0	1,8	25,0	6,5	7,4	25,0	6,5
22,6–23,5	37,8	12,1	22,0	13,7	33,8	33,3	25,5
23,6–24,5	42,3	33,0	54,8	41,5	50,1	50,26	46,6
24,6–25,5	64,4	61,4	80,5	60,5	64,6	56,7	65,0
25,6–26,5	87,3	77,6	92,3	78,2	82,0	76,7	83,1
26,6–27,5	96,0	89,8	96,0	90,3	92,5	88,9	92,9
27,6–28,5	99,5	98,9	98,8	96,9	97,1	92,9	98,4
28,6–29,5	100,0	99,3	99,9	99,3	98,5	99,4	99,5
29,6–30,5	100,0	100,0	99,8	100,0	99,1	100,0	99,7

При расчете максимальной ихтиомассы популяции А.С. Лабетский применял усредненный коэффициент естественной смертности, равный 30% для всех возрастных групп. Нами применяются дифференцированные коэффициенты смертности, рассчитанные в Охотской лаборатории МоТИНРО (МагаданНИРО) и на протяжении ряда лет используемые при составлении прогнозов запасов охотской сельди (табл. 3). Отметим, что в связи с происходящей в последнее десятилетие перестройкой экосистемы Охотского моря [Шунтов, 1998] представляется необходимой периодическая корректировка коэффициентов. Согласно нашим расчетам максимальная ихтиомасса нагульной сельди достигается на пятом году жизни (табл. 3).

Таблица 3

**Ихтиомасса сельди в зависимости от возраста**

Возраст, лет	M, %	Исходная численность, экз.	Масса (средняя 1997-2001гг.), г	Биомасса нагульной охотской сельди, г
1+		1000		
2+	30	700	83,1	58170
3+	24	532	122,2	65010
4+	22	415	157,6	65398
5+	18	340	184,3	62711
6+	14	293	218,6	63969
7+	16	246	244,9	60199
8+	18	202	264,0	53213
9+	22	157	288,0	45279
10+	28	113	318,8	36088
11+	36	72	340,8	24690
12+	48	38	362,2	13645

В то же время нельзя забывать, что промысловая мера, прежде всего, является важным условием сохранения репродуктивного потенциала популяции. Определяя минимальный промысловый размер, необходимо обеспечить хотя бы однократное участие в нересте пополнения. Согласно многолетним данным, охотская сельдь впервые вступает в массу в нерестовый запас в возрасте пяти полных лет. Следовательно, минимальную промысловую меру следует определять, исходя из средних линейных размеров нагульной сельди в возрасте не 4+, а 5+ (шестилетки).

Средняя длина по АС (длина по Смитсу) нагульной сельди на шестом году жизни в последнее время медленно снижалась, в среднем составив 26 см (табл. 4).

Таблица 4

**Динамика средней длины возрастных групп нагульной охотской сельди в осенне-зимний период 1997-2002 гг.**

Год	Длина по АС, см				
	2+	3+	4+	5+	6+
1997	20,6	23,6	25,3	26,3	27,3
1998	21,1	23,2	25,0	26,5	27,4
1999	19,8	23,5	25,0	26,4	27,2
2000	21,8	23,1	24,5	25,7	27,1
2001	22,2	23,4	24,4	25,2	26,6
2002	20,9	23,4	24,8	25,4	26,6
Средн.	21,1	23,4	24,9	26,0	27,1

Принимая во внимание возраст и средние размеры массового созревания охотской сельди в последнее время, а также возраст массового вступления в нерестовый запас, мы считаем, что минимальная промысловая мера на охотскую сельдь может быть установлена в размере 26 см по АС.

Поскольку применение на практике в качестве промысловой меры длины  $AC$  (расстояние от вершины рыла при закрытом рте до конца средних лучей хвостового плавника) затруднительно, необходимо определить параметр пересчета,

$$\Delta l = L_{AC} - L_{AD}, \quad (1)$$

позволяющий перейти на длину  $AD$ .

Анализ выборки в объеме 13200 экз. показал, что зависимость  $\Delta l$  от возраста сельди описывается полиномом третьей степени

$$y = 0,0013x^3 - 0,0315x^2 + 0,2678x + 0,7183. \quad (2)$$

По мере роста сельди  $\Delta l$  несколько изменяется (рис. 1) и в возрасте 5+ составляет в среднем 1,448 см. Следовательно, в настоящее время промысловая мера (соответствующая средней длине  $AC$  в возрасте 5+) может быть рекомендована в размере 24,5 см по  $AD$ .

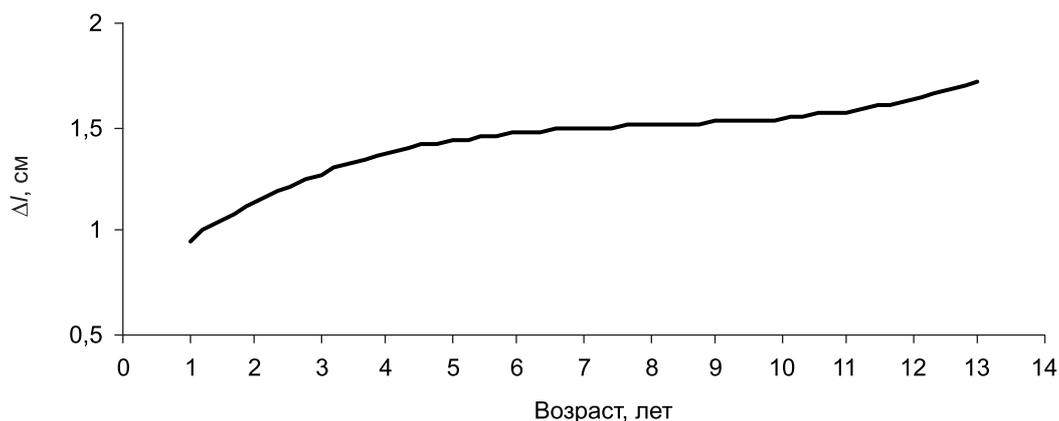


Рис. 1. Зависимость параметра  $\Delta l$  от возраста охотской сельди

Вместе с тем анализ динамики приловов сельди непромысловых размеров на промысле нагульной сельди показывает, что минимальная промысловая мера не может быть константой в течение длительного периода.

Так, с 1976 по 2002 г., в период применения промысловой меры в 24 см, прилов особей непромысловых размеров на промысле нагульной сельди колебался от 1,7% до 74,5% и в среднем составил 20,7% (рис. 2).

После периода депрессии охотского стада во второй половине 1970-х гг. пятилетний цикл появления урожайных поколений, характерный для охотской сельди, был нарушен. Кроме того, снизилась общая численность охотской сельди; в

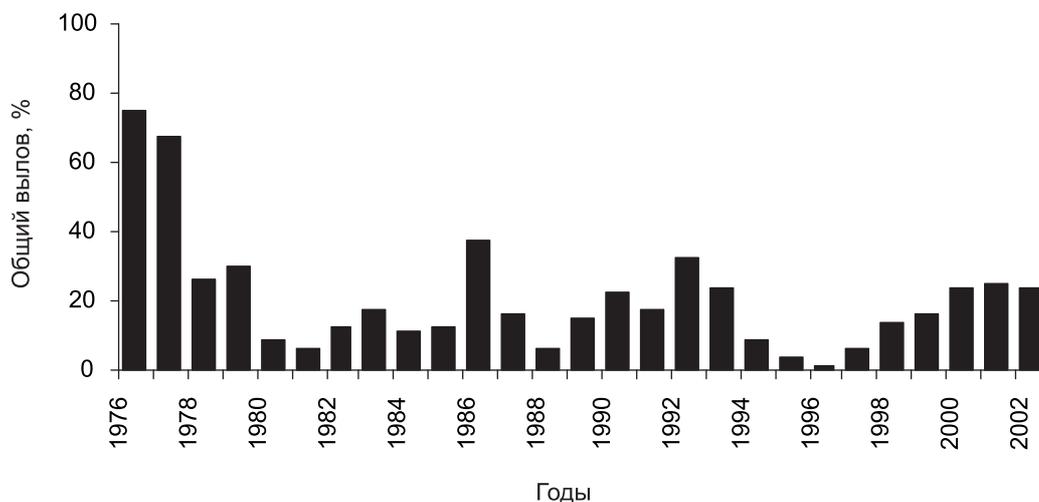


Рис. 2. Прилов сельди непромысловых размеров на промысле нагульной охотской сельди в 1976–2002 гг., % к общему вылову

результате со второй половины 80-х гг. прошлого века отмечено снижение прилова сельди непромысловых размеров. Прилов рыб непромыслового размера на промысле нагульной сельди в 1961–2002 гг. составил (%): 1961–1970 – 25,2; 1971–1980 – 37,5; 1981–1990 – 15,6; 1991–2000 – 14,6; 2001 – 24,8; 2002 – 23,8.

Нетрудно заметить, что доля сельди непромысловых размеров в уловах, в первую очередь, определяется не промысловыми параметрами, а возрастной структурой нагульного стада (табл. 5).

Таблица 5

Возрастной состав охотской нагульной сельди в 1997–2002 гг., %

Год	Возраст, лет											Штук
	2+	3+	4+	5+	6+	7+	8+	9+	10+	11+	12+	
1997	0,02	0,8	3,7	7,7	4,1	9,8	35,1	35,6	2,5	0,08	–	5045
1998	0,4	7,4	14,8	9,8	4,3	7,0	27,5	26,8	1,6	0,3	0,1	1374
1999	2,8	4,1	8,8	11,1	9,6	11,1	21,6	23,5	4,7	2,1	0,4	21539
2000	3,77	5,17	10,95	13,29	19,78	11,50	11,25	18,61	3,83	1,20	0,63	11863
2001	2,47	8,05	18,30	20,32	15,06	11,28	8,24	10,68	3,61	1,43	0,36	20418
2002	2,84	3,57	12,42	20,81	29,65	10,13	7,17	7,19	4,10	1,61	0,52	12855

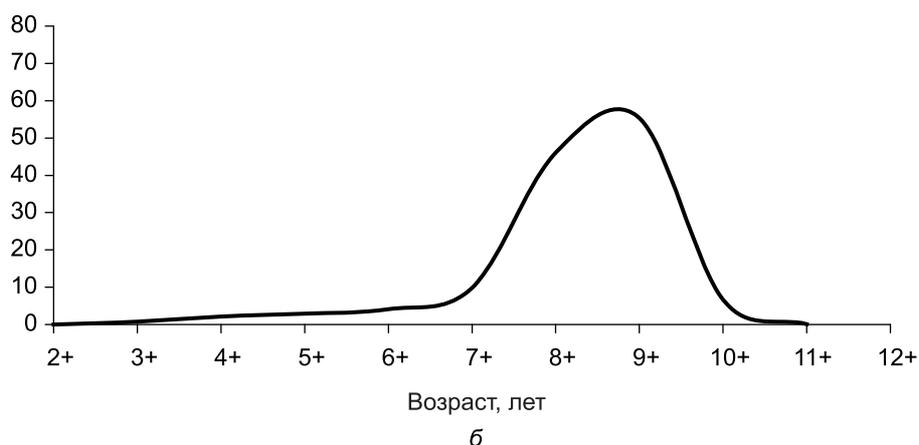
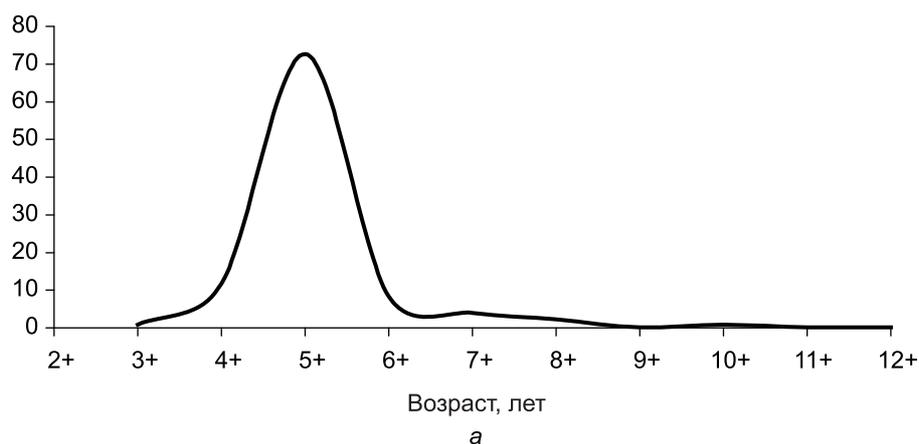
Согласно многолетним данным сельдь менее 24 см по *AD* встречается в возрастных группировках до 6+ включительно (доля особей непромыслового размера в возрасте 6+ в последние пять лет составляла от 2 до 13,3%). При увеличении относительной численности сельди в возрасте 2+ – 6+ лет (в результате вступления в промысловый запас урожайных поколений либо в связи с элиминацией многочисленных старшевозрастных групп) возрастает и прилов особей менее 24 см по *AD* (см. рис. 2).

Так, в нагульном стаде 2001–2002 гг. суммарная доля особей в возрасте 2+ – 6+ лет возросла до 62–69% и соответственно прилов молоди на промысле нагульной сельди увеличился до 23,8–24,8% (см. табл. 5). Следовательно, при любых значениях постоянной минимальной промысловой меры уровень прилова особей непромысловых размеров будет меняться соответственно структуре нагульного стада и с некоторой периодичностью, определяемой вступлением в промысловый запас урожайных поколений, достигая максимума.

Учитывая современное состояние популяции охотской сельди [Панфилов и др., 2001], было бы правильным введение «плавающей» промысловой меры, минимальное значение которой рассчитывается по показанной выше методике. Для охотской сельди характерно преобладание в запасе особей одного–двух поколений, что наиболее ярко проявляется либо при наличии высокоурожайного поколения на фоне среднеурожайных или низкоурожайных, либо при формировании запаса неурожайными поколениями, на фоне которых проявляется поколение средней урожайности.

При наличии в запасе высокоурожайного поколения основной пресс промысла приходится именно на него (рис. 3, *a*). Со временем высокоурожайное поколение в результате промысла и старения теряет определяющую роль в запасе. Тогда в уловах резко возрастает доля младшевозрастных рыб, что нежелательно в случае формирования пополнения низкоурожайными либо неурожайными поколениями (рис. 3, *b*). При появлении мощного пополнения вначале происходит рост численности промыслового запаса (первая фаза), затем по мере взросления сельди данного многочисленного поколения увеличение биомассы при снижении численности (вторая фаза).

В этом случае при неизменной промысловой мере будет вылавливаться пополнение низкоурожайных поколений, что приведет к еще большему снижению запасов. Для сохранения малочисленного пополнения при вступлении запаса во вторую фазу (см. рис. 3, *b*) минимальную промысловую меру на охотскую сельдь необходимо увеличивать.



**Рис. 3.** Динамика возрастного состава охотской сельди при формировании запаса высокоурожайным поколением

#### Литература

- Лабезкий А.С.* 1975. О минимальной промысловой мере на охотскую сельдь // Рыбное хозяйство. № 4.— С. 14–16.
- Панфилов А.М., Фархутдинов Р.К.* 2001. О результатах исследований охотской нерестовой сельди в 2000 г. и перспективах ее промысла // Сб. науч. тр. Вып. 1.— Магадан.— С. 94–103.
- Шутов В.П.* 1998. Перестройка в пелагических экосистемах Охотского моря — реальный факт // Рыбное хозяйство. № 1.— С. 25–27.

УДК 639.232

## К обоснованию промысловой меры дальневосточных скатов (сем. Rajidae) на примере массовых западноберингоморских видов

*А.М. Орлов (ВНИРО)*

Ромбовые скаты (Rajidae) представляют собой важный компонент донных ихтиоценов северной части Тихого океана. Они являются потребителями таких промысловых объектов, как тихоокеанская сельдь *Clupea pallasii*, минтай *Theragra chalcogramma*, узкозубая палтусовидная камбала *Hippoglossoides classodon*, желтоперая

камбала *Limanda aspera*, двухлинейная камбала *Lepidopsetta bilineata*, северный одноперый терпуг *Pleurogrammus monopterygius*, тихоокеанская треска *Gadus macrocephalus*, северный морской окунь *Sebastes borealis*, пепельный макрурус *Coryphaenoides cinereus*, командорский кальмар *Beryteuthis magister*, осьминоги Octopoda, равношипый краб *Lithodes aequispinis*, крабы-стригуны *Chionoecetes* spp. и креветки [Mito, 1974; Brodeur, Livingston, 1988; Livingston, deReynier, 1996; Orlov, 1998, 2003a; Чучукало и др., 1999; Чучукало, Напазаков, 2002].

Скаты во многих странах, особенно в Юго-Восточной Азии, являются важными объектами прибрежного промысла, где их крылья засушиваются для дальнейшего использования в пищевых целях, а мясо идет на производство крабовых палочек [Ishihara, 1990]. Российский промысел скатов пока не развит, однако достаточно перспективен. Их биомасса в пределах дальневосточных российских вод определяется величиной порядка 677 тыс. т [Долганов, 1999a], в отдельных районах скаты составляют до 10% общей биомассы донных рыб, а их численность в последние годы заметно выросла [Орлов, 2004a]. Технологические исследования показывают, что мясо скатов содержит практически полный набор незаменимых аминокислот и вполне пригодно для производства пищевой продукции [Наседкина, 1969], а печень, богатая витамином А, может служить сырьем для производства ветеринарных и медицинских жиров [Байдалова и др., 1984]. Скаты обладают достаточно высокой стоимостью, что делает их промысел весьма привлекательным. В Японии они реализуются мороженными целиком по цене 650 йен за 1 кг и охлажденными по цене 800–1800 йен за 1 кг; на рынках западного побережья США мороженные скаты стоят от 0,1 до 0,3 долларов за 1 фунт [Orlov, 2003b]. Перспективность организации отечественного промысла скатов с экспортом сырья или готовой продукции в страны Европы, Азии и Америки, где они пользуются повышенным спросом, признавалась еще в начале 1980-х гг. [Двинин и др., 1981]. Отдельные российские дальневосточные фирмы, ориентированные на поставку рыбной продукции на рынки Японии, Кореи и Китая, в последние годы уже начали проявлять интерес к промыслу скатов. Думается, что в последующие несколько лет объемы их вылова в российских дальневосточных водах могут существенно увеличиться.

До недавнего времени промысел скатов в российских водах не регулировался, общие допустимые уловы не устанавливались, статистика вылова отсутствовала, поскольку скаты не утилизировались и выбрасывались за борт. Ситуация изменилась несколько лет назад, когда в практику рыбохозяйственного прогнозирования было введено дифференцированное по видам и районам определение ОДУ скатов. Однако для осуществления рационального промысла ограничение величины вылова является мерой обязательной, но недостаточной. Скаты обладают специфическими особенностями биологии (медленные темпы роста, позднее половое созревание и низкие темпы воспроизводства), что делает их запасы крайне уязвимыми по отношению к промыслу [Орлов, 2004б]. Рациональная эксплуатация запасов скатов должна основываться на вовлечении в сферу рыболовства только половозрелой части популяций, что по аналогии с другими объектами промысла, требует установления промысловой меры, т.е. минимального допустимого размера вылавливаемых особей. Данная мера определяется длиной, при которой большинство особей в популяции становится половозрелым. Между тем сведения по репродуктивной биологии скатов остаются до сих пор крайне ограниченными.

Несмотря на то, что в последние годы изучению дальневосточных скатов уделялось повышенное внимание [Долганов, 1998 а,б,в, 1999 а,б; Орлов, 1998; Orlov, 1998, 2003; Чучукало и др., 1999; Фатыхов и др., 2000; Чучукало, Напазаков, 2002], лишь в нескольких работах [Teshima, Tomonaga, 1986; Долганов, 1998г; Глубоков, Орлов, 2000] рассмотрены отдельные стороны их репродуктивной биологии. И только в работе Долганова [1998г] приведены минимальные и максимальные размеры скатов, при которых наступает половая зрелость. Однако отсутствие данных по длине, при которой половина особей становится половозрелой, не позволяет обоснованно определить величины промысловых мер дальневосточных скатов.

Целью данного сообщения является приведение предварительных данных по половой зрелости семи видов скатов из западной части Берингова моря [алеутского *Bathyraja aleutica*, пятнистого *B. maculata*, мелкошипого *B. minispinosa*, Мацубары *B. matsubarai*, фиолетового *B. minispinosa*, щитоносного *B. parmifera* и Таранца *Rhinoraja taranetzi*], позволяющие в первом приближении судить о длине, при которой особи рассматриваемых видов становятся половозрелыми. Дальнейшее накопление данных позволит обосновано установить промысловые меры на все вовлеченные в сферу рыболовства дальневосточные виды скатов.

### Материал и методика

Материалами для анализа размеров наступления половой зрелости скатов послужили данные, собранные во время проведения научных исследований и контрольного лова на СРТМ «Орион» [ООО «Камчатская рыболовецкая компания», г. Петропавловск-Камчатский] в ноябре 2004 г. в западной части Берингова моря (61°35' – 62°22' с.ш. 176°45' в.д. – 179°59' з.д., глубины 17–490 м) в рамках Программы комплексного изучения популяционной структуры, состояния запасов минтая северо-западной части Берингова моря и его роли в современных экосистемах. Отбор материалов проводили из уловов донного трала ДТ 99,2/54 с вертикальным раскрытием в рабочем состоянии 10 м и горизонтальным – 54 м. Исследованиям подвергались, как правило, все скаты, попавшие в трал. Видовую идентификацию проводили с использованием определительных таблиц и ключей, опубликованных В.Н. Долгановым [1983], Х. Ишихарой и Р. Ишиямой [Ishihara, Ishiyama, 1985], В.Н. Долгановым и В.Н. Тупоноговым [1999]. У скатов определяли общую длину тела (*TL*) от кончика рыла до конца хвоста (у всех особей), массу тела (в большинстве случаев), пол (визуально) и стадию зрелости. Стадии зрелости самцов определяли по четырехбальной шкале [Anon, 1995; Stehmann, 2002], основанной на соотношении длин брюшных плавников и птеригоподиев (класперов), а также степени кальцинированности последних. Стадии зрелости гонад самок определяли по шестибальной шкале, синтезированной на основе существующих шкал, разработанных Н.А. Мягковым [1982], ИКЕС [Anon., 1995] и М. Штеманом [Stehmann, 2002]. Отличие использованной шкалы от выше упомянутых лишь в том, что в качестве характерных признаков той или иной стадии зрелости принимали наличие зрелых яиц максимального размера на четвертой стадии (преднерестовые самки), наличие яйцевых капсул в роговой оболочке на пятой стадии (готовые к нересту самки) и воспаленные и растянутые яйцеводы и утерусы на шестой стадии (отнерестившиеся самки). У самцов, кроме того, проводили измерение длины птеригоподия (от заднего края анального отверстия до вершины органа), которую в дальнейшем выражали в процентах от общей длины тела. Всего стадии зрелости определены у 45 особей алеутского ската (16 самок и 29 самцов), 51 пятнистого ската (27 и 24), 23 мелкошипого ската (12 и 11), 36 фиолетового ската (14 и 22), 39 ската Мацубары (16 и 23), 44 щитоносного ската (33 и 11) и 55 ската Таранца (31 и 24). Длина птеригоподиев измерена соответственно у 28, 33, 14, 22, 40, 31 и 42 самцов выше перечисленных видов.

### Результаты и обсуждение

Наиболее надежный результат определения длины, при которой половина особей в популяции скатов становится половозрелой, дает построение огивы созревания [del Rio Iglesias, 2002; Nolan et al., 2002; Francis, 2003], которая представляет собой S-образную кривую на графике, где осью *X* является длина тела исследуемого вида, а осью *Y* – процент половозрелых особей в данном размерном классе. При этом пересечение прямой, параллельной оси *X* и проходящей через точку 50%, с S-образной кривой и дает искомую длину, при которой созревает половина особей. Несмотря на надежность и простоту описанного метода, он имеет один недостаток, а именно: необходимость большого числа определений доли половозрелых рыб в каждой размерной группе, что требует либо наличия высоких уловов скатов, либо длительного периода наблюдений. К сожалению, в райо-

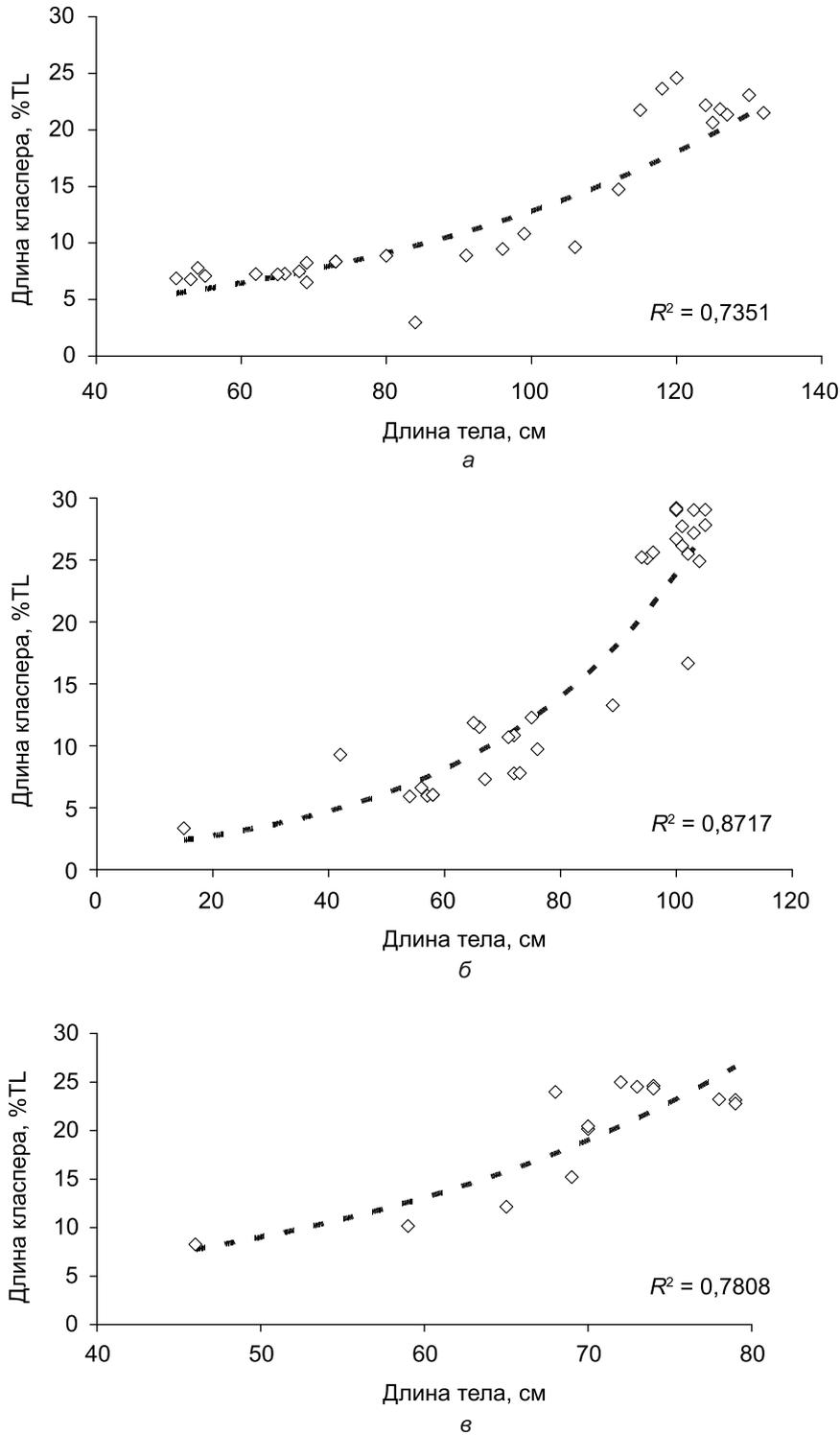
не исследований скаты в уловах отмечались в небольших количествах (от одного до нескольких десятков), а период исследований (по причинам технического и организационного характера) был ограничен менее чем месяцем. Поэтому для анализа связи между длиной тела западноберингоморских скатов и наступлением половой зрелости нами были использованы другие методы.

Длина, при которой самцы скатов становятся половозрелыми, устанавливается как соотношение между длиной птеригоподиев и длиной тела или диска [Abd El-Aziz et al., 1987; Snelson et al., 1988; Zeiner, Wolf, 1993; Timmons, Bray, 1997; Kyne, Benneth, 2002; Nolan et al., 2002; Sosebee, 2002]. Для решения рассматриваемой задачи подходит использование как абсолютной длины птеригоподиев, так и относительной, выраженной в процентах от длины тела или длины диска. При этом в обоих случаях на графиках зависимости между длиной птеригоподиев и длиной тела (диска) наблюдается хорошо выраженный разрыв, характеризующий переход самцов скатов в половозрелое состояние [Abd El-Aziz et al., 1987; Snelson et al., 1988; Zeiner, Wolf, 1993; Timmons, Bray, 1997; Kyne, Benneth, 2002, Nolan et al., 2002]. В случае использования относительной длины птеригоподиев данный переход отмечается при ее величине свыше 20%  $TL$  [Abd El-Aziz et al., 1987; Snelson et al., 1988]. Наши данные (рис. 1) показали, что зависимость между длиной тела и относительной длиной птеригоподиев носит экспоненциальный характер с высокой степенью достоверной аппроксимации (величина  $R^2$  находилась в пределах от 0,65 у ската Мацубары до 0,87 у пятнистого ската). Поэтому рассматриваемый метод можно считать вполне объективным. Согласно полученным данным у западноберингоморских скатов все самцы (алеутский и фиолетовый скаты) или подавляющее их большинство (остальные виды) становятся половозрелыми при относительной длине птеригоподиев, равной 20% длины тела, что подтверждает выводы С. Абд Эль-Азиза с соавторами [Abd El-Aziz et al., 1987], сделанные для средиземноморского ската *Raja miraletus*. При этом соответствующие длины тела самцов скатов алеутского, пятнистого, мелкошипного, фиолетового, Мацубары, щитоносного и Таранца, найденные эмпирическим путем, составили соответственно 114,1; 92,9; 68,6; 63,3; 78,8; 91,1 и 59,7 (таблица).

Еще одним способом, позволяющим определить длину наступления половой зрелости самцов скатов, является анализ зависимости между длиной тела и стадией зрелости. Данная зависимость, как показали наши данные, не у всех исследованных видов выражена хорошо. В целом она имела характер логарифмической функции (рис. 2), но достоверный уровень аппроксимации был высок ( $R^2 > 0,8$ ) только у четырех видов, у мелкошипного ската он составил 0,59, а у скатов Мацубары и Таранца всего лишь по 0,23. Причины таких низких значений степени корреляции могут заключаться как в небольшом количестве данных, собранных по указанным трем видам, так и в методике определения стадии зрелости самцов по четырехбальной шкале [Anon., 1995; Stehmann, 2002], основанной на визуальном осмотре птеригоподиев, которая может быть достаточно субъективной. Тем не менее полученные эмпирически рассматриваемым способом данные по длине наступления половой зрелости самцов (см. табл.) во многих случаях оказались близки к таковым, рассчитанным предыдущим методом. Наиболее сильные расхождения получились для скатов Мацубары и Таранца (по рассмотренной выше причине) и фиолетового ската, причина чего пока неясна.

Для определения длины, при которой происходит массовое созревание самок акул и скатов, используют различные методы: анализ зависимости между длиной тела и величиной гонадосоматического индекса (ГСИ) [Ishihara et al., 1997], длиной тела и длиной клоаки [Sosebee, 2002], между длиной тела и шириной скорлуповых желез [Ishihara et al., 1997; Nolan et al., 2002; del Rio Iglesias, 2002], длиной тела и диаметром овоцитов, между длиной тела и шириной утерусов [Yano et al., 2003]. К сожалению, по причинам технического характера нам не удалось собрать материалы по упомянутым выше параметрам репродуктивной системы самок исследуемых видов скатов, поэтому пришлось ограничиться анализом зависимости между длиной тела и стадиями зрелости гонад (рис. 3), которая также используется для изучения полового созревания хрящевых рыб [Soldat, 2002].

Данный метод оказался достаточно надежным, поскольку показал высокую степень достоверной аппроксимации рассматриваемой зависимости для большинства исследуемых видов ( $R^2$  от 0,57 у мелкошипого до 0,85 у пятнистого ската), которая, как и в случае с самцами, носила характер логарифмической функции. Исключение составил скат Мацубары ( $R^2 = 0,18$ ), у которого зависимость между длиной те-



**Рис. 1.** Зависимость между длиной тела и относительной длиной птеригоподиев (% TL) самцов западноберинговоморских скатов: а – алеутского, б – пятнистого, в – мелкошипого

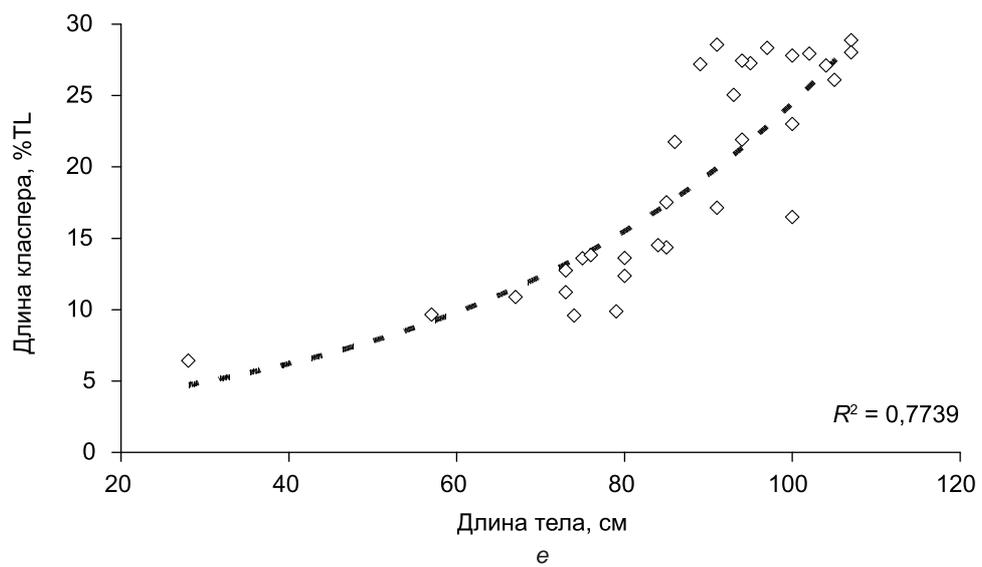
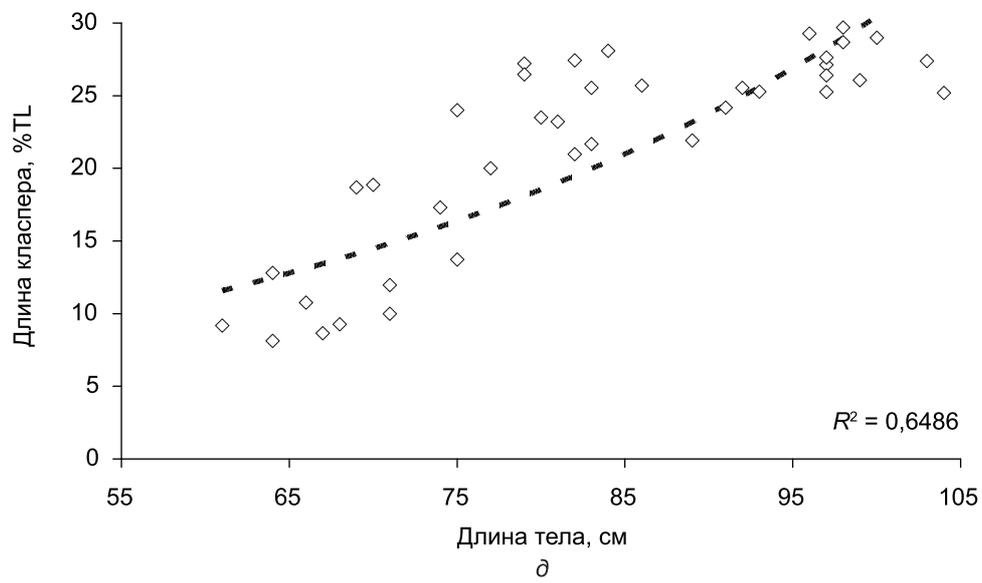
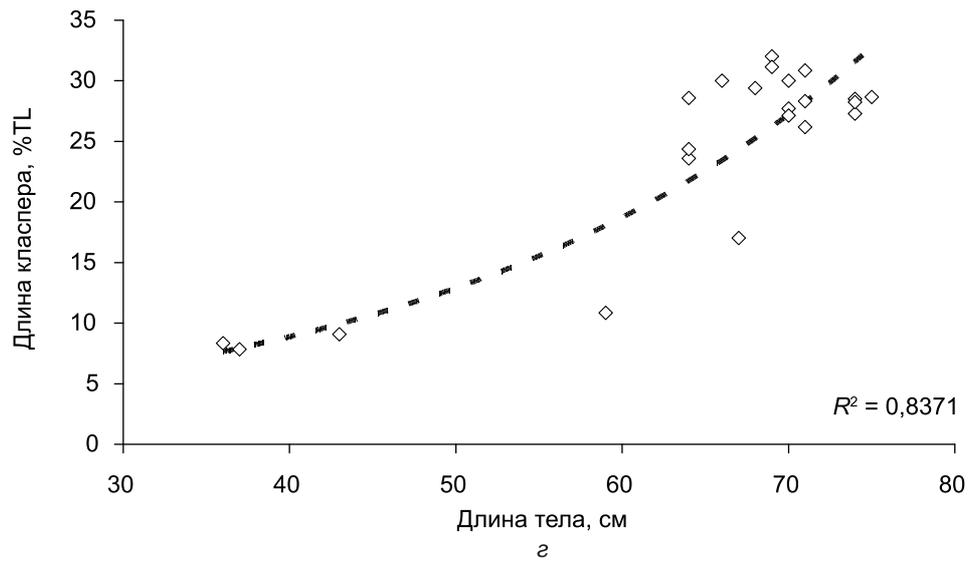


Рис. 1. Продолжение ( $z$  – фиолетового,  $d$  – Мацубары,  $e$  – щитоносного)

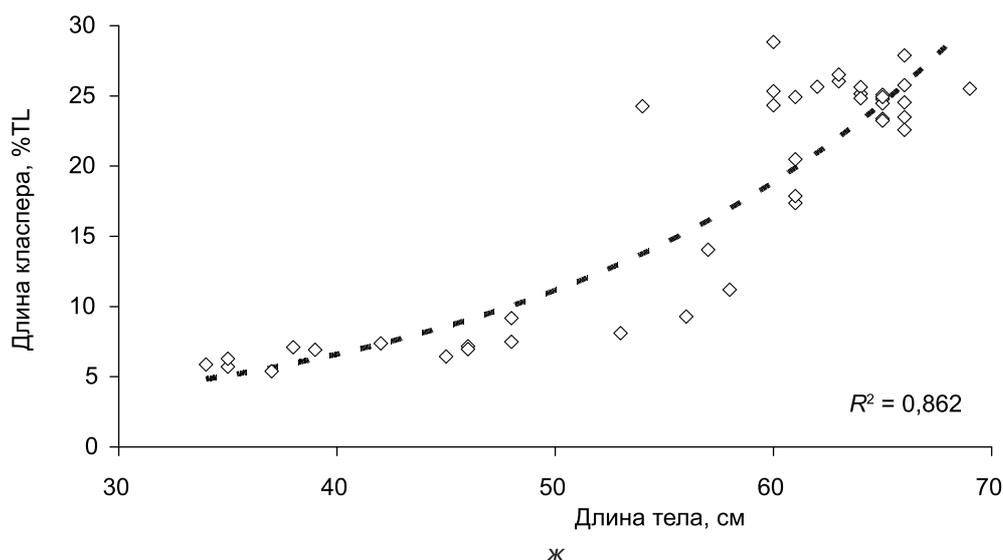


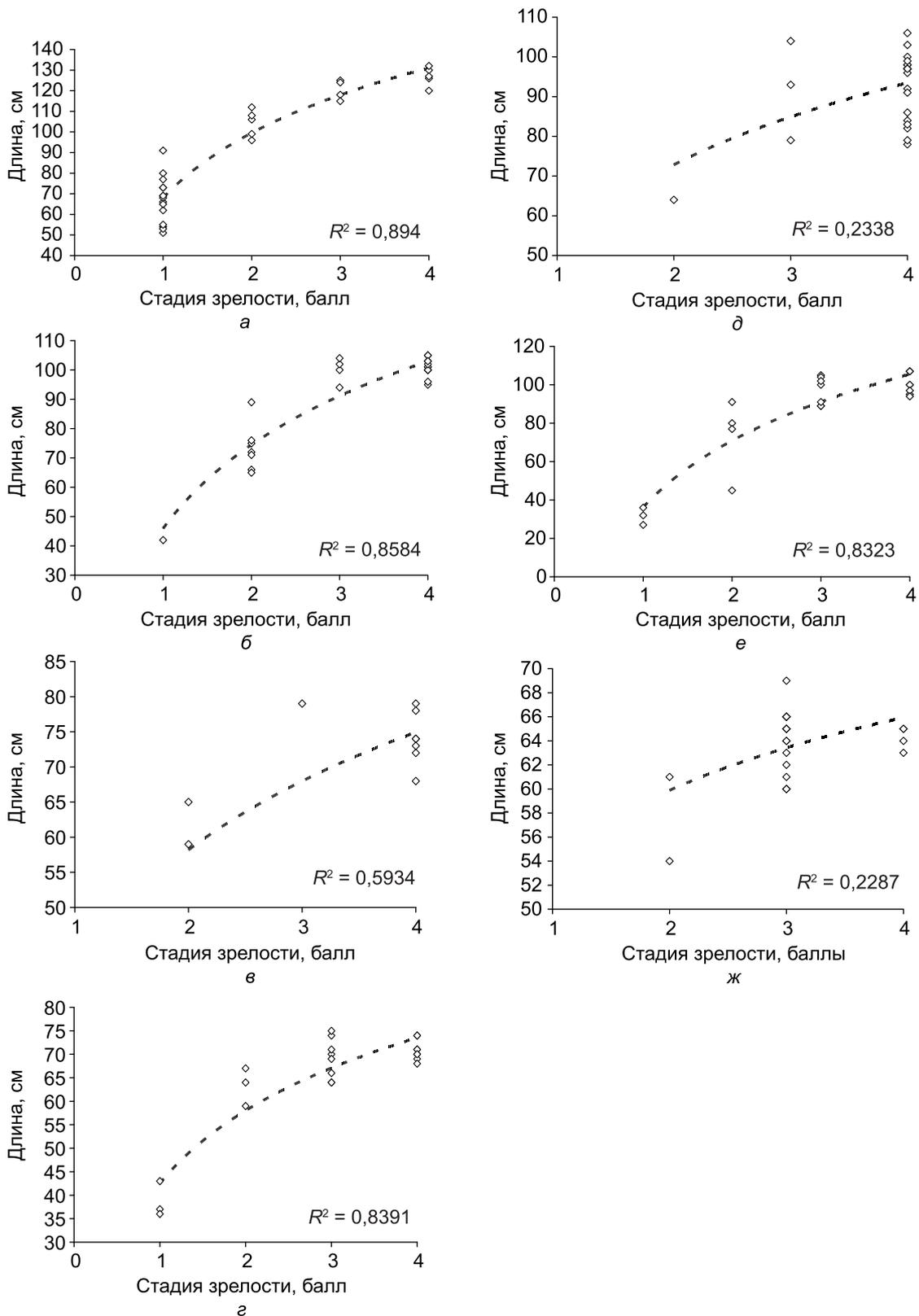
Рис. 1. Окончание (ж – Таранца)

Данные по длине, при которой северотихоокеанские скаты становятся половозрелыми, см

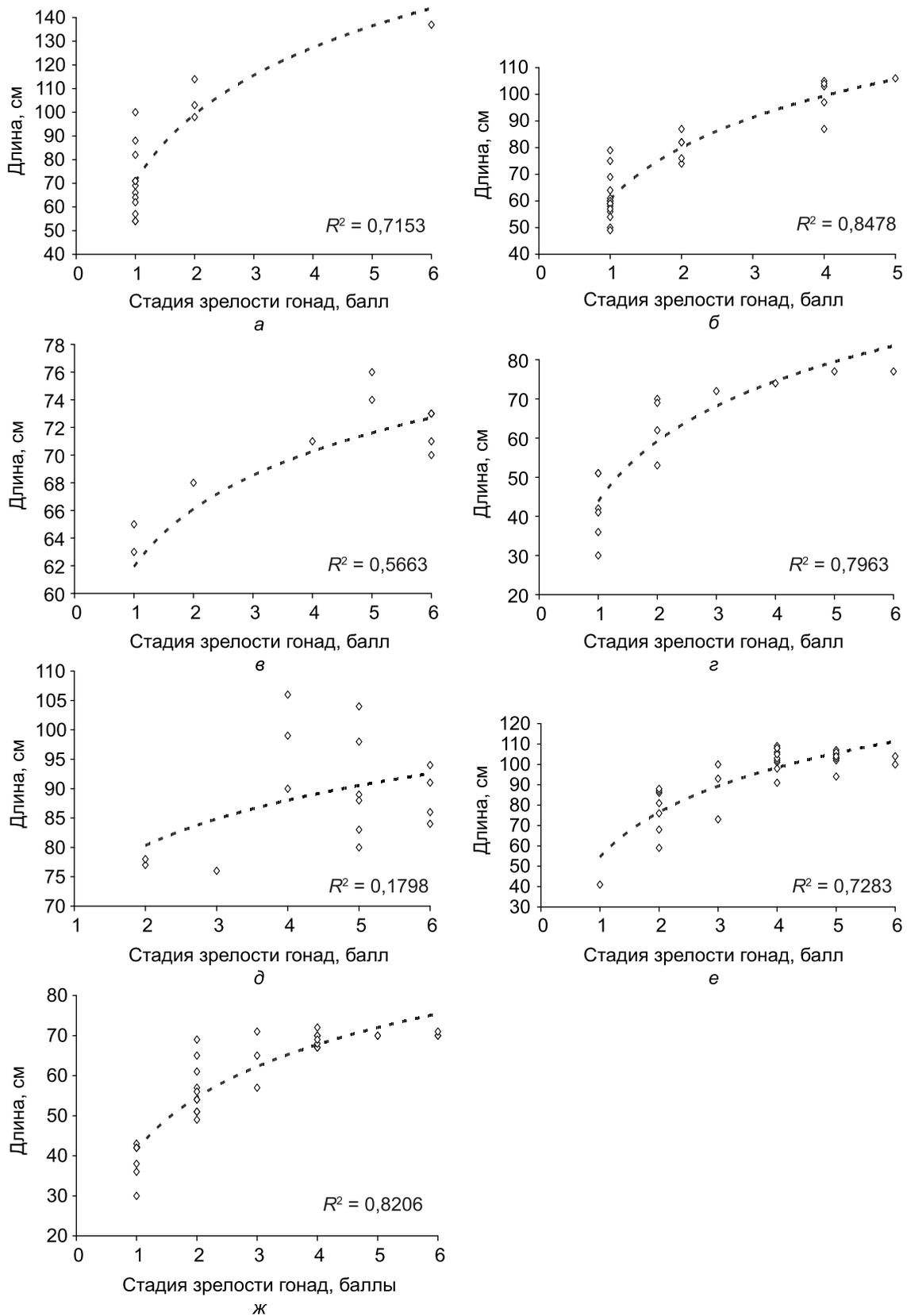
Виды скатов	Самцы				Самки			Оба пола
	1	2	3	4	2	3	4	
Алеутский	114,1	117,0	108,0–116,0	–	114,2	112,0–133,0	–	114,6
Пятнистый	92,9	90,6	88,8–95,8	93,7	90,0	94,3–101,1	99,0	92,3
Мелкошпильный	68,6	68,0	63,4–68,6	69,5	68,3	64,0–67,2	66,1	68,2
Фиолетовый	63,3	68,9	53,9–73,2	–	66,9	61,2–76,4	–	67,8
Мацубары	78,8	85,8	82,1–108,0	–	84,1	88,6–104,8	–	86,4
Щитоносный	91,1	91,8	79,5–91,6	87,9	88,7	80,9–94,5	92,0	88,3
Таранца	59,7	63,2	53,1–55,6	–	61,4	61,2–66,3	–	62,2

Примечание. Цифры (1–4) в головке таблицы указывают на источник информации: 1 – по относительной длине птеригоподиев (данные автора); 2 – по стадиям зрелости (данные автора); 3 – [Долганов, 1998]; 4 – [Ebert, 2005].

ла и состоянием зрелости гонад оказалась невыраженной. Найденные эмпирически значения длины, при которой самки исследуемых видов скатов в массе становятся половозрелыми (см. табл.), оказались в большинстве случаев меньшими в сравнении с таковыми у самцов, что противоречит существующим представлениям [Долганов, 1998] о созревании последних при меньших размерах. Вероятно, причиной несоответствия полученных нами данных и опубликованными данными является небольшое количество проанализированных данных, а также отчасти специфика использованных методик, поскольку визуальное определение стадий зрелости (особенно у самцов) может быть достаточно субъективным. Кроме того, расхождения между полученными нами и другими исследователями данными могут быть обусловлены разными районами сбора материалов, поскольку при различных океанологических условиях скаты могут созревать при разной длине. Так, в работе Долганова [1998] приведены обобщенные данные по наступлению половой зрелости скатов, собранные на огромной акватории северо-западной части Тихого океана от тихоокеанских вод Японии до западной части Берингова моря, а материалы Д. Иберта [Ebert, 2005] получены из восточной части Берингова моря. Хотя следует заметить, что по самцам наши данные оказались достаточно близки к таковым, полученным последним автором.

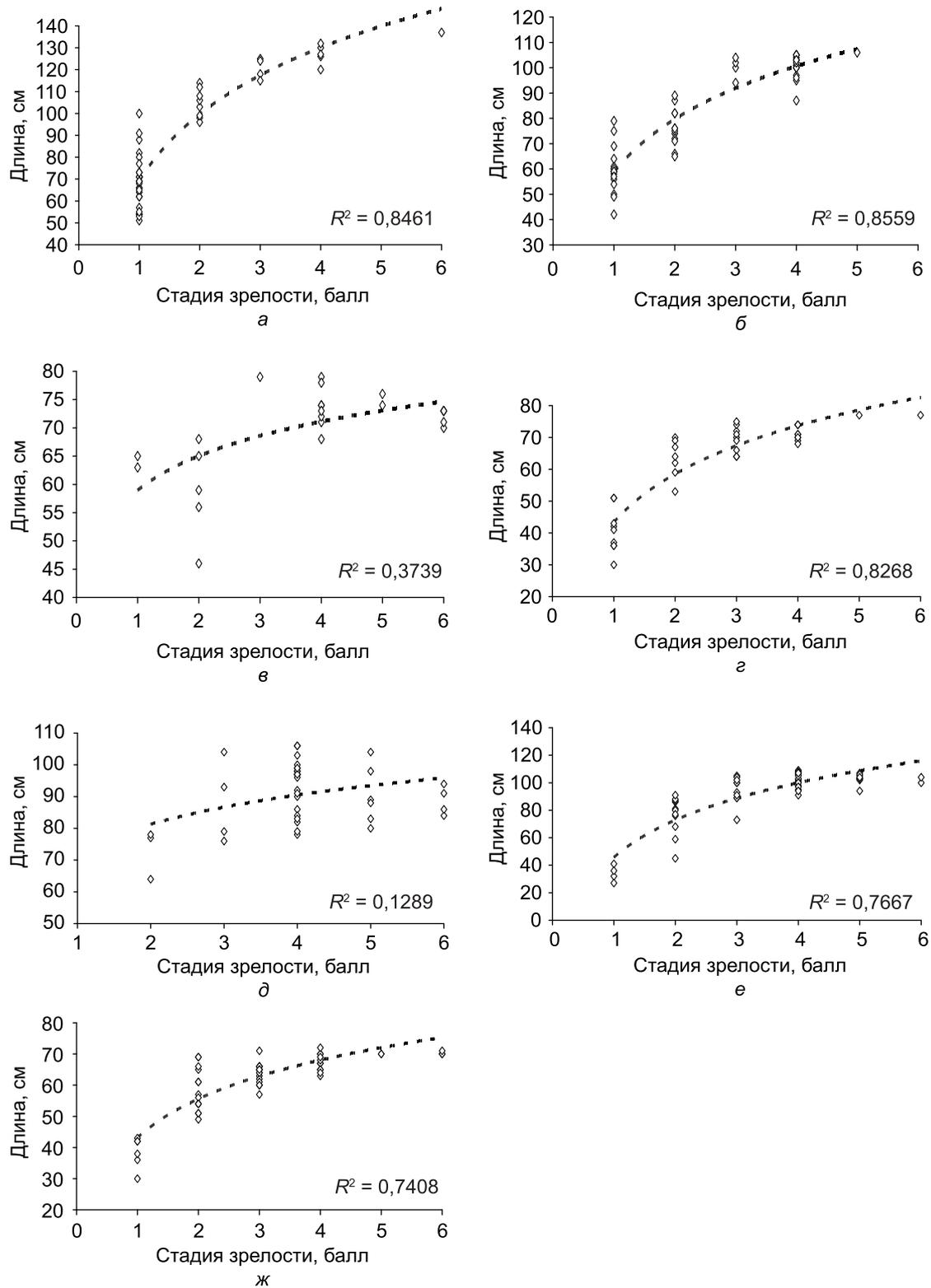


**Рис. 2.** Зависимость между длиной тела и стадией зрелости самцов западноберингоморских скатов (обозначения видов те же, что и на рис. 1)



**Рис. 3.** Зависимость между длиной тела и стадией зрелости самок западноберингоморских скатов (обозначения видов те же, что и на рис. 1)

Поскольку в литературе до сих пор отсутствовали обобщенные данные по длинам массового созревания обоих полов, которые могут служить основой для обоснования промысловых мер, мы сочли целесообразным привести соответствующие графики для исследуемых видов (рис. 4). Как и в предыдущих случаях, за-



**Рис. 4.** Зависимость между длиной тела и стадией зрелости западноберингоморских скагов — объединенные данные по обоим полам (обозначения видов те же, что и на рис. 1)

висимость между длиной тела и состоянием гонад носила характер логарифмической функции с высокой степенью достоверной аппроксимации для большинства видов ( $R^2 = 0,74-0,86$ ) за исключением скатов мелкошипого и Мацубары, у которых значение  $R^2$  составило лишь 0,37 и 0,13, соответственно.

Подводя итог проведенному анализу, можно заключить, что для определения длины, при которой происходит массовое созревание скатов, наиболее достоверные результаты получаются, вероятно, при построении огиб созревания, что требует сбора большого массива данных. Решение данной задачи в отношении как самок, так и самцов дает анализ зависимости между длиной тела и гонадо-соматическим индексом, что требует наличия условий для взвешивания гонад (устойчивые против качки весы высокой точности) и достаточного резерва времени, что практически невыполнимо в условиях работы на промысловых судах. Для самцов неплохие результаты дает метод измерения птеригоподиев. Использование же зависимости между длиной тела скатов и состоянием зрелости их гонад с визуальным определением стадий зрелости (особенно у самцов) при относительно небольшом количестве данных дает, на наш взгляд, не совсем удовлетворительный результат. Тем не менее этот метод может быть рекомендован для сбора материалов при условии отсутствия технических средств и достаточного времени (например, на промысловых судах), но требует массовости сборов.

Выражаю признательность своему коллеге А.В. Ходакову (ВНИРО) за неоценимую помощь в сборе первичных материалов.

#### Литература

- Байдалова Г.Ф. и др.** 1984. Химический состав и свойства жира печени колючего ската в зависимости от сезонов вылова // Рыбное хозяйство. № 10.— С. 60–62.
- Глубоков А.И., Орлов А.М.** 2000. Некоторые морфофизиологические показатели и особенности питания алеутского ската *Bathyraja aleutica* из западной части Берингова моря // Вопр. рыболовства. Т. 1. № 1.— С. 126–149.
- Двинин Ю.Ф. и др.** 1981. Технохимическая характеристика некоторых скатов и химер: Сб. науч. тр.— Мурманск: ПИНРО.— С. 29–51.
- Долганов В.Н.** 1983. Руководство по определению хрящевых рыб дальневосточных морей СССР и сопредельных вод.— Владивосток: ТИНРО.— 92 с.
- Долганов В.Н.** 1998а. Питание скатов семейства Rajidae и их роль в экосистемах дальневосточных морей // Известия ТИНРО. Т. 124.— С. 417–424.
- Долганов В.Н.** 1998б. Распределение и миграции скатов семейства Rajidae дальневосточных морей России // Известия ТИНРО. Т. 124.— С. 433–437.
- Долганов В.Н.** 1998в. Абиотические условия среды обитания скатов семейства Rajidae дальневосточных морей России // Известия ТИНРО. Т. 124.— С. 429–432.
- Долганов В.Н.** 1998г. Размножение скатов семейства Rajidae дальневосточных морей России // Известия ТИНРО. Т. 124.— С. 425–428.
- Долганов В.Н.** 1999а. Запасы скатов дальневосточных морей России и перспективы их промыслового использования // Известия ТИНРО. Т. 126.— С. 650–652.
- Долганов В.Н.** 1999б. Географическое и батиметрическое распространение скатов семейства Rajidae в дальневосточных морях России // Вопр. ихтиологии. Т. 39. № 3.— С. 428–430.
- Долганов В.Н., Тупоногов В.Н.** 1999. Определительные таблицы скатов родов *Bathyraja* и *Rhinoraja* (сем. Rajidae) дальневосточных морей России // Известия ТИНРО. Т. 126.— С. 657–664.
- Мяжков Н. А.** 1982. Методическое руководство по сбору материалов и первичному изучению акул.— М.: ВНИРО.— 27 с.
- Наседкина Е.А.** 1969. Характеристика мяса скатов // Рыбное хозяйство. № 6.— С. 59–60.
- Орлов А.М.** 1998. Материалы по питанию массовых видов глубоководных скатов (*Bathyraja* spp., Rajidae) из тихоокеанских вод северных Курильских островов и Юго-Восточной Камчатки // Вопр. ихтиологии. Т. 38. № 5.— С. 659–668.
- Орлов А.М.** 2004а. Современное состояние, временные изменения состава, промысловый потенциал и перспективы рыбохозяйственной эксплуатации рыбных сообществ верхней батиили прикурильских и прикамчатских вод Тихого океана // Водные биологические ресурсы, их состояние и использование: Аналитическая и реферативная информация. Вып. 1.— М.: ВНИЭРХ.— С. 2–34.

**Орлов А.М.** 2004б. Глубоководные виды хрящевых рыб: проблемы сохранения биоразнообразия и управления промыслом: Некоторые итоги совещания специалистов ФАО и Всемирного фонда охраны природы (Данидин, Новая Зеландия, 27–29 ноября 2003 г.) // Экология – XXI век. World Wide Web Electronic Publication. [http://www.ecology21.info/order/html\\_publication/00004.html](http://www.ecology21.info/order/html_publication/00004.html).

**Фатыхов Р.Н. и др.** 2000. Пространственное распределение массовых видов скатов рода *Bathyraja* в районе северных Курильских островов и Юго-Восточной Камчатки в различные сезоны 1996–1997 гг. // Промыслово-биологические исследования рыб в тихоокеанских водах Курильских островов и прилежащих районах Охотского и Берингова морей в 1992–1998 гг.: Сб. науч. тр.– М.: Изд-во ВНИРО.– С. 104–120.

**Чучукало В.И. и др.** 1999. Питание донных рыб на шельфе и материковом склоне северной части Охотского моря летом 1997 г. // Известия ТИНРО. Т. 126.– С. 24–57.

**Чучукало В.И., Напазакоев В.В.** 2002. Питание и трофологический статус массовых видов скатов (Rajidae) западной части Берингова моря // Известия ТИНРО. Т. 130.– С. 422–428.

**Abd ElAziz S.H., Ezzat A., Hussein M.O.** 1987. Sexuality, reproduction and fecundity of *Raja miraletus* (L) from the Mediterranean waters off Alexandria // Bull. Inst. Oceanogr. & Fish., ARE. V. 13, N. 1.– P. 119–132.

**Anonymous.** 1995. Report of the study group on elasmobranch fishes. ICES CM 1995 / G:3. Copenhagen: ICES Headquarters.– 88 p.

**Brodeur R.D., Livingston P.A.** 1988. Food habits and diet overlap of various Eastern Bering Sea fishes // U.S. Dep. Commer., NOAA Tech. Memo. – NMFS F / NWC-127.– P. 1–76.

**Del Rio Iglesias J.L.** 2002. Some aspects of the thorny skate, *Amblyraja radiata*, reproductive biology in NAFO Division 3N // NAFO SCR Doc. 02/118. – Serial №. N4739.– 14 p.

**Ebert D.A.** 2005. Reproductive biology of skates, *Bathyraja* (Ishiyama), along the eastern Bering Sea continental slope. *J. Fish. Biol.* – N. 66.– P. 618–649.

**Francis M.P.** 2003. Length at maturity of the Antarctic skates *Amblyraja georgiana* and *Bathyraja eatonii* in the Ross Sea // CCAMLR WG-FSA-03/42.– 7 p.

**Ishihara H.** 1990. The skates and rays of the western North Pacific: an overview of their fisheries, utilization, and classification // U.S. Dep. Commer., NOAA Tech. Rep. – NMFS 90.– P. 485–497.

**Ishihara H., Ishiyama R.** 1985. Two new North Pacific skates [Rajidae] and revised key to *Bathyraja* in the area // Jap. J. Ichthyol. V. 32, N. 2.– P. 1–23.

**Ishihara H. et al.** 1997. Reproductive strategy of the Japanese common skate (spiny rasp skate) *Okamejei kenojei* // Elasmobranch biodiversity, conservation and management. Occ. Pap. IUCN Species Survival Comm. V. 25.– P. 236–240.

**Kyne P.M., Bennett M.B.** 2002. Reproductive biology of the eastern shovelnose ray, *Apthychotrema rostrata* (Shaw & Nodder, 1794), from Moreton Bay, Queensland, Australia // Mar. Freshwat. Res. V. 53. N. 2.– P. 583–589.

**Livingston P.A., deReynier Y.** 1996. Groundfish food habits and predation on commercially important prey species in the Eastern Bering Sea from 1990 to 1992. U.S. Department of Commerce, NOAA/NMFS, Alaska Fisheries Science Center Processed Report 96–04. – Seattle: AFSC.– 214 p.

**Mito K.** 1974. Food relationships among benthic fish populations in the Bering Sea on the *Theragra chalcogramma* fishing grounds in October and November of 1972. Master of Science Thesis. – Hakodate: Hokkaido University Graduate School.– 135 p.

**Nolan C.P. et al.** 2002. Gonadal maturity of rajids // NAFO SCR Doc. 02/131. Serial № N. 4753.– 5 p.

**Orlov A.M.** 1998. The diets and feeding habits of some deep-water benthic skates (Rajidae) in the Pacific waters off the northern Kuril Islands and southeastern Kamchatka // Alaska Fish. Res. Bull. V. 5. N. 1.– P. 1–17.

**Orlov A.M.** 2003a. Diets, feeding habits, and trophic relations of six deep-benthic skates [Rajidae] in the western Bering Sea. *Aqua, J. Ichthyol. Aquat. Biol.* V. 7. N. 2.– P. 45–60.

**Orlov A.M.** 2003b. Commercially important fishes of the northern North Pacific continental slope. Proceedings of the World Conference on Deep Sea Fisheries. Talaso Atlantico, Baiona, Pontevedra, Spain, 18–19 September 2003. CD-ROM, Highbury-Nexus.

**Snelson F.F., Jr., Williams-Hooper S.E., Schmid T.H.** 1988. Reproduction and ecology of the Atlantic stingray, *Dasyatis sabina*, in Florida coastal lagoons // Copeia. N. 3.– P. 729–739.

**Soldat V.T.** 2002. Spiny dogfish (*Squalus acanthias* L.) of the Northwest Atlantic Ocean (NWA) // NAFO SCR. Doc. 02/84. Serial № N4703.– 33 p.

**Sosebee K.A.** 2002. Maturity of skates in Northeast United States waters // NAFO SCR Doc. 02/134. Serial № N4756.– 17 p.

**Stehmann M. F.W.** 2002. Proposal of a maturity stages scale for oviparous and viviparous cartilaginous fishes (Pisces, Chondrichthyes) // Arch. Fish. Mar. Res. V. 50. N. 1.— P. 23–48.

**Teshima K., Tomonaga S.** 1986. Reproduction of Aleutian skate, *Bathyraja aleutica*, with comments on embryonic development // Indo-Pacific fish biology. Proceedings of the Second International Conference on Indo-Pacific Fishes, conducted at the Tokyo National Museum, Ueno Park, Tokyo, July 29 – August 3, 1985.— P. 303–309.

**Timmons M., Bray R.N.** 1997. Age, growth, and sexual maturity of shovelnose guitarfish, *Rhinobatos productus* (Ayres) // U.S. Fish. Bull. V. 95. N. 2.— P. 349–359.

**Yano K., Mochizuki K., Tsukada O., Suzuki K.** 2003. Further description and notes of natural history of the viper dogfish, *Trigonognathus kabeyai* from the Kumano-nada Sea and the Ogasawara Islands, Japan (Chondrichthyes: Etmopteridae) // Ichthyol. Res. V. 50.— P. 251–258.

**Zeiner S.J., Wolf P.** 1993. Growth characteristics and estimates of age at maturity of two species of skates (*Raja binoculata* and *Raja rhina*) from Monterey Bay, California // Conservation biology of elasmobranchs. U.S. Dept. Commer. NOAA Tech. Rep. NMFS 115.— P. 87–99.

**СЕЛЕКТИВНОСТЬ  
ОРУДИЙ ЛОВА И МНОГОВИДОВОЕ  
РЫБОЛОВСТВО**

## **Методика определения размерного состава скопления по характеристикам улова**

*Э.А. Карпенко, Г.Н. Степанов, В.В. Акишин,  
О.М. Лапшин (ВНИРО)*

### **Введение**

Основной целью настоящей методики является определение начальной плотности и размерного состава скоплений, облавливаемых рыболовными тралами. Назначение методики — оценка изъятия рыб различных поколений (возрастов) из эксплуатируемых траловым промыслом популяции.

Задачами методики являются:

- определение коэффициентов уловистости конкретных конструкций тралов и режимов лова (скорость траления) по отношению к скоплению в целом и рыбам разных возрастных групп, входящих в скопление;
- оценка уловистости тралов разных конструкций по отношению к скоплениям данной популяции (промрайона);
- оценка производительности тралов разных типов.

Исходные данные для достижения поставленной цели должны отвечать следующим требованиям:

- репрезентативности;
- доступности получения без организации специальных исследований (рейсов).

В соответствии с требованиями исходная информация содержит следующие исходные параметры:

- типы и количество судов в районе;
- скорости траления по типам судов;
- конструкции тралов по типам судов;
- улов на час траления по типам судов;
- среднестатистическая высота скоплений (косяков);
- размерный состав уловов (косяков);
- размерно-весовой состав объектов лова.

Как следует из перечня входных параметров, последние соответствуют изложенным выше требованиям. Так, репрезентативность обеспечивается большим объемом статистического материала. Все перечисленные характеристики могут поставляться судами оперативной разведки, контролирующими район промысла.

Входная информация включает:

- размерный состав скоплений (среднестатистический);
- дифференцированные коэффициенты уловистости (по отношению к рыбам разного размера) и общий коэффициент уловистости орудия;
- начальная плотность скоплений (среднестатистическая);
- начальная общая масса обловленной популяции (по вылову в районе за сезон, год).

### **Состояние проблемы определения коэффициентов уловистости**

Профессор Ф.И. Баранов [1960] вводя понятие «уловистость трала» считал: «Объективным показателем работы трала может быть отношение количества пойманных рыб ко всему количеству рыб, находившихся на обловленной площади, характеризующее абсолютную уловистость трала — данного трала для данной рыбы». Как справедливо отмечали специалисты впоследствии, для оценки уло-

вистости трала исходя из определения Ф.И. Баранова требуется сначала оценить геометрическую интенсивность лова и интенсивность вылова. Например, Ю.С. Сергеев [1979] в соответствии с формулировкой Ф.И. Баранова представляет уловистость трала как

$$f = \frac{\ln(1 - \varphi)}{i_{\Gamma}}, \quad (1)$$

где  $\varphi$  — интенсивность вылова;  $i_{\Gamma}$  — интенсивность лова.

При исследованиях влияния промысла на запасы представление уловистости трала в трактовке Ф.И. Баранова трудно переоценить, однако при оценке улавливающих свойств траловых систем, с точки зрения производительности добычи, более удобно применять установившееся среди специалистов понятие уловистости как отношения улова пойманных рыб и удержанных тралом к количеству рыб, которые в процессе лова находились в зоне действия орудия лова. Иными словами, под уловистостью траловой системы в дальнейшем будем понимать отношение количества пойманных рыб к числу рыб, которые в процессе траления находились в зоне его действия [Ионас, 1967], т.е.

$$\psi = 1 - \frac{N_1}{N}, \quad (2)$$

где  $N$  — количество рыб в зоне облова;  $N_1$  — количество рыб, ушедших из зоны облова.

На основе формулы (2) В.А. Ионасом [1967] была предложена формула для расчета коэффициента уловистости

$$\psi = 1 - C \frac{\rho_1 r^2 v_p}{\rho F v}, \quad (3)$$

где  $C$  — безразмерный коэффициент;  $v_p$  — скорость ухода рыбы от трала, м/с;  $v$  — скорость траления, м/с;  $\rho$  — плотность концентрации рыбы, шт/м<sup>3</sup>;  $\rho_1$  — число рыб в единице протраленного объема, среагировавших на трал как на опасность, шт/м<sup>3</sup>;  $r$  — расстояние, на котором рыба среагировала на трал;  $F$  — площадь устья трала.

Профессор А.Л. Фридман [1981] из этой же концепции предложил несколько иное соотношение, а именно

$$\psi = 1 - \frac{F_0 v_0}{F v}, \quad (4)$$

где  $F_0 v_0$  — минимальная или «нулевая» характеристика траления;  $F v$  — площадь устья и скорость траления (характеристика траления).

Проанализируем формулы В.А. Ионаса и А.Л. Фридмана.

Положим, что объект лова не реагирует на трал и скорость его ухода равна нулю. Тогда, по В.А. Ионасу, коэффициент уловистости равен единице. Это произойдет только в том случае, если весь трал, начиная от устья, будет мелкочейным. В реальных тралах, где мелкочейная часть начинается с меньшего сечения, чем устье, при неподвижной рыбе будут захвачены только те особи, которые находятся на пути мелкочейной части, т.е. при превышении размера скопления по отношению к раскрытию мелкочейной части соответственно уменьшится доля пойманных рыб (коэффициент уловистости меньше единицы).

Значение коэффициента уловистости, по А.Л. Фридману, для этого случая остается неизменным, поскольку в формуле (4) нет такого показателя, как скорость рыбы.

При прочих равных условиях в обеих формулах при неограниченном росте площади устья или скорости траления коэффициент уловистости стремится к единице, хотя практика промысла не подтверждает подобный вывод. Например, характеристика траления, равная произведению площади устья на скорость буксировки орудия лова, может ограниченно увеличиваться двумя путями: при весь

ма малой скорости за счет увеличения устья или при малой площади устья за счет неограниченного роста скорости. В обоих случаях может произойти не только замедление роста уловистости, но и ее снижение до нуля. В частности, наблюдения за поведением рыбы в зоне действия трала [Ионас, 1967] показывают, что существует минимальное раскрытие трала, при котором как ни велика была бы скорость трала, рыба в трал не попадает.

Практическое применение формул В.А. Ионаса и А.Л. Фридмана для расчета уловистости тралов затруднено и неопределенностью переменных, таких, как «число рыб, среагировавших на трал как на опасность» и «нулевая характеристика». Поэтому А.Л. Фридман [1981] неслучайно, касаясь уловистости трала, пишет «...многие аспекты этого вопроса еще недостаточно ясны, например, возможность обратного выхода рыбы из трала в процессе лова, влияние гидродинамических и мутьевых шлейфов, образуемых кабелями и др.»\*.

Учитывая трудности в определении коэффициента уловистости непосредственно рыболовного орудия, Ф.И. Барановым [1960] было введено понятие «относительная уловистость», т.е. сравнение улавливающих свойств двух тралов относительно друг друга. Это понятие прочно утвердилось среди специалистов и обычно определяется из зависимости, основанной на концепции протраленных объемов. Наиболее типичный вид формулы для расчета относительной уловистости приводит А.Л. Фридман [1981].

$$\varphi = \frac{\Psi_i}{\psi} = \frac{y_i^{Fvt}}{yF_i v_i t_i}, \quad (5)$$

где  $y$ ,  $F$ ,  $v$ ,  $t$  — улов, площадь устья, скорость и время траления одного из тралов.

Коэффициент относительной уловистости, который определяется из сравнительных испытаний тралов в районах промысла, безусловно позволяет отбирать конструкции тралов с большими показателями уловистости, но, к сожалению, не указывает путей к совершенствованию и оптимизации непосредственно конструкции трала и элементов его оснастки, что сводит пути совершенствования тралов к методу проб и ошибок.

И.В. Никоноров, исследуя взаимодействия орудий лова со скоплением рыб [Никоноров, 1973], предложил оценивать отдельно уловистость по зонам действия орудий лова. Аналогичного подхода придерживается и Ю.С. Сергеев [1979], который считает для уловистости трала правоммерным применять формулу:

$$f = uk, \quad (6)$$

где  $k$  — относительный захват,  $u$  — относительное удержание.

Относительный захват при этом равен

$$k = 1 - e^{-\beta(v-v_0)},$$

где  $v$  — скорость траления, м/с;  $v_0$  — нулевая скорость, м/с;  $\beta$  — средний показатель ухода рыбы.

Относительное удержание Ю.С. Сергеев представляет как

$$u = \frac{n}{mt}, \quad (7)$$

где  $n$  — средний улов рыб за время  $t$ ;  $m$  — средняя скорость захвата рыб тралом данной конструкции и размеров при данной скорости траления (число рыб в мин). Средний улов за траление при этом определяется как

$$n = \frac{m}{\alpha} (1 - e^{-\alpha t}), \quad (8)$$

где  $\alpha$  — средняя относительная скорость (интенсивность ухода рыбы от трала).

\* Этот вывод следует из формулы (3), где при  $C = 1$ ,  $v_p = v$  и  $\rho = \rho_1$  (т.е. рыбы не реагируют на трал) при  $r^2 = F$ ,  $\psi = 0$ .

Отсюда относительное удержание равно

$$u = \frac{1}{\alpha t} (1 - e^{-\alpha t}), \quad (9)$$

Таким образом, в соответствии с теорией Ю.С. Сергеева относительный захват является функцией скоростей, а относительное удержание — функцией продолжительности траления.

Исследуя зависимость (8) при неограниченном времени траления, Ю.С. Сергеев приходит к понятию «предельный улов»

$$n_{\text{пр}} = \frac{m}{\alpha} \quad (10)$$

и затем к соотношению

$$\frac{n}{n_{\text{пр}}} = 1 - e^{-\alpha t}. \quad (11)$$

Отсюда можно получить зависимость относительного захвата через отношение улова к его предельному значению, т.е.

$$u = - \frac{\frac{n}{n_{\text{пр}}}}{\ln\left(1 - \frac{n}{n_{\text{пр}}}\right)}. \quad (12)$$

Легко убедиться из последнего соотношения, что при приближении улова к предельному значению относительный захват стремится к нулю.

Определяя неизвестные переменные через статистику уловов, Ю.С. Сергеев показал возможность применения своей теории к оценке эффективности тралов. Тем не менее главным недостатком теории является отсутствие связи коэффициента уловистости с конструктивными особенностями траловой системы.

Наибольший интерес представляет вероятностная теория уловистости Ю.В. Кадильникова [Кадильников, 1973; 1984; 1985], в которой уловистость трала является вероятностью сложного события, которое определяется как:

$$P = P_1 P_2 P_3 P_4 P_5 P_6 P_7 P_8 P_9 P_{10}, \quad (13)$$

где  $P_1$  — вероятность попадания рыбы между подборками трала;  $P_2$  — вероятность попадания рыбы между досками трала;  $P_3$  — вероятность захвата рыбы по трассе траления;  $P_4$  — вероятность попадания рыбы между крыльями трала;  $P_5$  — вероятность попадания рыбы в устье трала;  $P_6$  — вероятность попадания рыбы в зону, облавливаемую мелкоячейной частью;  $P_7$  — вероятность удержания рыбы в трале при тралении;  $P_8$  — вероятность удержания рыбы в мешке;  $P_9$  — вероятность удержания рыбы при подъеме мешка;  $P_{10}$  — вероятность удержания рыбы в трале за время от входа последней стаи до начала подъема трала.

Анализ показывает, что конструкция трала может оказывать влияние только на члены с  $P_4$  по  $P_8$ . Остальные факторы зависят от квалификации экипажа, технического состояния и оснащённости судна, особенностей района и объекта лова.

Теория Ю.В. Кадильникова в отличие от рассмотренных ранее частично учитывает такие параметры, как раскрытия в отдельных частях траловой системы. Слабой стороной теории является отсутствие количественных связей формы трала и сведение поведенческих реакций объекта просто к вероятностным факторам.

В целом следует отметить, что ни один из рассмотренных (известных) подходов к определению коэффициентов уловистости не учитывает **конструкции тралов**.

### **Взаимодействие объекта и орудия в процессе лова**

Процесс лова рыбы любым отцеживающим орудием включает в себя захват скопления, направление в удерживающую часть, а затем в зону накопления, из ко-

торой впоследствии улов попадает на судно. Результативность добычи на каждом из этих этапов зависит как от поведения объекта, так и от конструктивных особенностей орудий и временных факторов, режимов траления.

Подводные наблюдения показывают [Выскребенцев, 1970; Выскребенцев, Аронов, 1970; Коротков, 1969; 1988; 1990; Коротков, Кузьмина, 1972; Обвинцев, 1975; Серебров, Понков, 1982], что независимо от вида рыбы, последняя ведет себя в зоне действия трала в целом однообразно: в устьевой части не испытывает особого беспокойства, затем по мере прохода в сужающуюся часть беспокойство возрастает и достигает степени, когда рыба осуществляет отчаянные попытки уйти из облавливаемого пространства. Практически на всех этапах прохождения вдоль трала особи ориентированы головой в сторону устья (к выходу).

А.Л. Обвинцев [1975] на основе собственных подводных наблюдений выделяет определенные зоны в пространстве облова, в которых проявляются характерные изменения в поведении объекта. В частности, в зоне свободного пространства рыба реагирует на детали орудия (до сечения по гужу); в зоне спугивания (передняя часть трала) — особи отпугиваются поверхностью трала, хотя ячея позволяет свободно проходить; в зоне уплотнения (предмотенные секции и мелкоячейная мотенная часть) вся рыба ориентирована головой вперед и осуществляет попытки уйти, в том числе через поверхность трала. Кроме того, выделены зона накопления и формирования улова (мешок).

Неоднократно наблюдая эффект «воронки», когда в трал-воронку вливается больше, чем может пропустить сливное отверстие, А.Л. Обвинцев пришел к выводу: «Для эффективной работы трала в нем должен быть обеспечен перевод облавливаемой рыбы последовательно из одной зоны в другую и исключено перемещение объекта в обратном направлении. В идеальном случае интенсивность поступления рыбы в трал при установившемся режиме облова во всех зонах должна быть одинаковой».

Далее А.Л. Обвинцев делает важное заключение о том, что **уловистость** зависит прежде всего от **плотности** косяка, в частности, «процесс, при котором рыба принудительно выходит (прожимается) из трала, характеризует скорее размер встреченного косяка, чем уловистость трала».

Таким образом, из подводных наблюдений можно выделить следующие особенности поведения рыбы:

а) по мере прохождения скопления от устья к мешку плотность его увеличивается за счет сокращения дистанции между особями (косяк сжимается);

б) ярко выраженная реакция отпугивания, наблюдаемая в начальный период, по мере уплотнения скопления исчезает и наступает момент, когда преобладает реакция самосохранения, т.е. рыба любыми путями стремится покинуть зону облова.

Во всех подводных наблюдениях на проявление той или иной особенности поведения рыбы оказывали влияние конструкции конкретного трала и режим буксировки (скорость траления).

На основе анализа поведения объектов лова при взаимодействии их с тралом разграничим пространство облова на зоны, исходя из особенностей поведения рыбы и отличительных черт рассматриваемой части пространства облова. При этом характеристиками каждой зоны будет степень изоляции скопления от окружающего пространства, а характеристиками поведения — наличие той или иной реакции и возможность ее осуществления (табл. 1).

Согласно табл. 1 облавливаемое пространство можно условно разделить на четыре зоны. Зона спугивания, располагающаяся от досок до главного сечения (сечение по центру гужа верхней подборы), характеризуется тем, что косяк здесь не полностью изолирован деталями траловой системы от остального пространства: имеется возможность ухода вниз, вверх, между шлейфами досок и крыльями и т.д. В отличие от этой зоны, начиная от гужа до некоторого сечения траловой оболочки, скопление уже полностью изолировано от окружающей среды, рыба может уйти через поверхность орудия, но удерживается за счет сохранения у особей реакции отпугивания. В этой зоне за счет изменяющейся конусности трала происходит уплотнение скопления.

Зоны взаимодействия объекта и трала\*

Зона		Степень изоляции скопления	Доминирующая реакция	Число возможных направлений объекта	
Наименование	Границы			Движение	Уход
Спугивания	Доски – главное сечение	Неполная	Отпугивания	$n_c = 6$	3
Захвата	Главное – критическое сечение	Условно полная	Отпугивания	$n_c = 6$	3
Удержания	Критическое сечение – мешок	Полная	Самосохранения	$6 > n_c \geq 1$	1
Накопления	Мешок	Полная	Самосохранения	$n_c = 1$	0

\*В зоне взаимодействия скорость траления больше скорости движения рыбы.

В момент, когда плотность косяка достигнет некоторого предела, при котором инстинкт самосохранения возьмет верх над реакцией испуга, рыба перестает отпугиваться оболочкой и проявит стремление уйти через нее. Это сечение назовем «критическим», шаг ячеи поверхности трала в этом месте должен воспрепятствовать уходу. Естественно, что после критического сечения остается только одно направление возможного выхода из удерживаемого пространства – вперед по направлению движения трала. В качестве гипотезы можно предположить, что критический момент, т.е. период от реакции оборонительной к самосохранению, у особей появляется тогда, когда степень тесноты скопления начинает стеснять или ограничивать имевшиеся ранее возможные направления движения, например, разворот с минимальным диаметром циркуляции.

Зона удерживания заканчивается наименьшим раскрытием трала: сечением цилиндрической части мешка. К этому моменту теснота скопления может достичь предельного значения, при котором особи, если и сохраняют возможность движения, то только вперед по направлению траления.

Предложенный принцип разграничения на зоны, исходя из вида поведенческой реакции и ограничения степеней свободы перемещения рыбы, легко объясняет такие явления, как, например эффект «воронки», который, несомненно, появится, если теснота скопления достигнет критического значения до подхода мелкочечной части трала либо предельного значения до подхода цилиндрической части мешка.

В зависимости от размеров косяка и его начальной плотности критическое и предельное значения тесноты могут располагаться на разных удалениях от начала зоны захвата (гужа). Например, если уже начальная плотность косяка будет равна предельной, то никакого сжатия скопления не произойдет, и улов может составить только доля, «вырезанная» предельным сечением траловой системы. И, наоборот, начальная плотность скопления может оказаться настолько малой, что даже в цилиндрической части мешка теснота не достигает предельного значения. Из примера следует, что коэффициент уловистости трала при облове косяков разного размера и плотности для одного и того же трала может оказаться различным.

Количественными характеристиками скопления рыбы будем считать:  $2h$  – высота косяка, м;  $l_0$  – длина рыбы модальная, м;  $d_1$  – высота тела особи, м;  $\rho$  – объемная плотность скопления, кг/м<sup>3</sup>;  $d_0$  – дистанция реакции на детали орудия лова, м.

Введем понятие «коэффициент тесноты скопления»

$$f = \frac{S}{d_1}, \quad (14)$$

равный отношению расстояния между соседними особями в стае к наибольшей высоте тела рыбы.

Критическое значение коэффициента тесноты в момент, когда рыбы в скоплении еще не потеряли возможности перемещения по всем направлениям, будет при

$$S_{кр} = 2D_{\rho},$$

где  $D_{\rho}$  – минимальный размер циркуляции.

Выразим минимальный размер циркуляции через длину рыбы

$$D_{\rho} = k_1 l_{\rho},$$

где  $k_1$  – коэффициент ( $k_1 = 2$ ), тогда

$$f_{кр} = 2k_1 \left( \frac{l_{\rho}}{d_1} \right). \quad (15)$$

Предельное расстояние между рыбами некоторые исследователи ограничивают амплитудой размаха хвостового плавника, т.е.

$$S_{кр} = k_2 l_{\rho},$$

где  $k_2$  – отношение между амплитудой размаха хвостового плавника и длиной рыбы ( $k_2 = 0,5$ ). Отсюда

$$f_{пр} = k_2 \frac{l_{\rho}}{d_1}. \quad (16)$$

Таким образом, критический и предельный коэффициенты тесноты скопления зависят в значительной степени от постоянных для каждого вида объекта характеристик. Еще большим постоянством отличается отношение

$$\frac{f_{кр}}{f_{пр}} = 2 \frac{k_1}{k_2}. \quad (17)$$

Если критическая и предельная теснота скопления для каждого вида имеют практически постоянное значение, то коэффициент тесноты скопления, когда рыба находится в естественном состоянии, колеблется в очень широких пределах.

Определим связь между плотностью скопления и коэффициентом тесноты. Так, при расстоянии между рыбами в поперечных направлениях  $S$  объем пространства занимаемый одной особью, равен

$$v_{\rho} = l_{\rho}(S + d_1)^2,$$

а плотность

$$\rho = \frac{1}{v_{\rho}} = \frac{1}{d_1^2 l_{\rho} (1 + f)^2}. \quad (18)$$

Отсюда предельная и критическая плотность скопления равны

$$\rho_{пр} = \frac{1}{d_1^2 l_{\rho} (1 + f_{пр})^2}, \quad \rho_{кр} = \frac{1}{d_1^2 l_{\rho} (1 + f_{кр})^2}. \quad (19)$$

Из (18) и (19) найдем определение плотностей скопления по сечениям к предельной тесноте скопления

$$\rho = \rho_{ор} \left( \frac{1 + f_0}{1 + f} \right)^2, \quad \rho = \rho_{пр} \left( \frac{1 + f_{пр}}{1 + f} \right)^2, \quad \rho_0 = \rho_{пр} \left( \frac{1 + f_{пр}}{1 + f_0} \right)^2, \quad \rho_{кр} = \rho_{пр} \left( \frac{1 + f_{пр}}{1 + f_{кр}} \right)^2. \quad (20)$$

Количество рыб по вертикали, очевидно, будет равно высоте скопления, деленному на расстояние между соседними рыбами, включая высоту тела особи, т.е.

$$N = \frac{2h}{S + d_1}.$$

Если принять условие, что размеры трала оптимальны, отсутствует эффект «воронки», то имеем одинаковое количество рыб по высоте при прохождении каждого сечения, поэтому

$$\frac{h_0}{S_0 + d_1} = \frac{h}{S + d_1}, \quad (21)$$

где  $h_0$ ,  $S_0$  – полувысота косяка и расстояние между рыбами в главном сечении. Таким образом, степень сжатия скопления в каждый момент

$$E = \frac{h}{h_0} = \frac{1 + f}{1 + f_0}, \quad (22)$$

а высота скопления в каждый момент независимо от характера прохождения рыбы (порциями или непрерывно) равна

$$h = h_0 \frac{1 + f}{1 + f_0}. \quad (23)$$

В критическом и предельном сечениях получим

$$h_{кр} = h_0 \frac{1 + f_{кр}}{1 + f_0}, \quad h_{пр} = h_0 \frac{1 + f_{пр}}{1 + f_0}. \quad (24)$$

Отсюда получаем условие, необходимое для прохождения скопления захвата и удерживающей зон без эффекта «воронки»

$$h = h_{пр} \frac{1 + f}{1 + f_{пр}}. \quad (25)$$

Полученные условия не являются достаточными, так как в зависимости от скорости траления косяк может просто не успеть сжаться, чтобы пройти через то или иное сечение трала и часть рыбы либо «просеется» через поверхность, если такая ситуация произошла до критического сечения, либо «лишняя» рыба будет неизбежно выливаться перед удерживающей зоной, если это случилось между критическим и предельным сечениями. Ниже будет рассмотрено дополнительное достаточное условие для беспрепятственного прохождения скопления по всей длине трала, которое определит необходимое расстояние между главным, критическим и предельным сечениями.

### Уловистость трала

**Эталонная форма направляющей и удерживающей зон.** Улавливающая способность зоны захвата зависит от ряда факторов, среди которых наиболее важное значение имеют следующие:

- а) скорость и направление косяка до попадания в зону захвата;
- б) размеры и пространственное расположение косяка;
- в) квалификация, опыт судоводительского состава судна;
- г) оснащённость судна гидроакустическими приборами и их совершенство;
- д) скорости траления;
- е) соотношение размеров и раскрытий устья с размерами скопления, а также конструкция элементов трала (доски, кабели и т.д.).

Осуществим попытку определить такую форму зон захвата, удерживающей и накопления, для которой исключается выход рыбы через поверхность оболочки. Тогда, приняв эту форму за эталон, путем сравнения ее с формой реальных тралов появляется реальная возможность рассчитать выход рыбы из этих зон действия, т.е. оценить уловистость промысловых орудий.

На основе принятых условий [Карпенко и др., 2000] вертикальное раскрытие трала (рис. 1) должно быть не меньше, чем

$$H \geq 2z_0 = 2(h_0 + d_0), \quad (26)$$

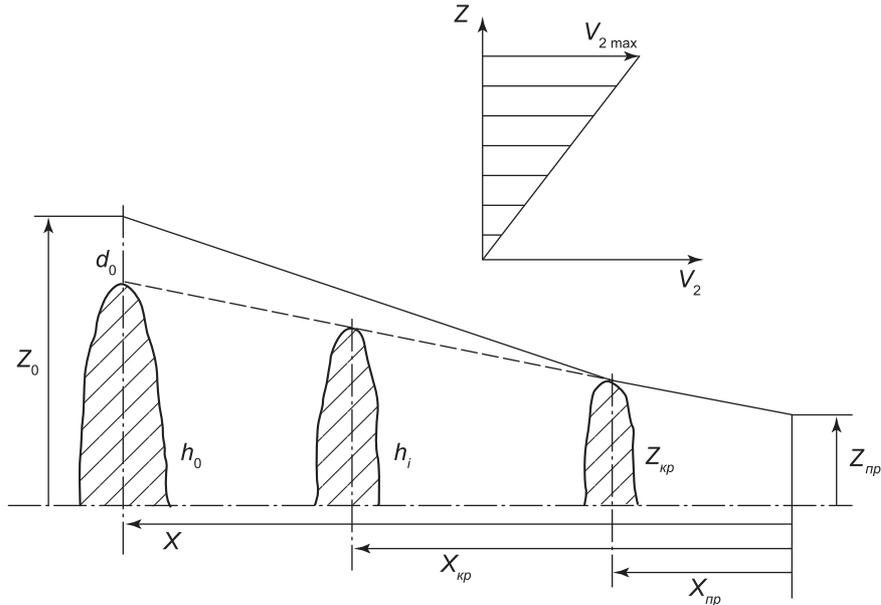


Рис. 1. Схема прохождения скопления через зоны захвата, удерживающую и накопления

где  $z_0$  — полураскрытие в главном сечении, м;  $h_0$  — полувысота скопления, м;  $d_0$  — дистанция реагирования рыбы на детали трала, м.

Поскольку объект лова до достижения критической плотности отпугивается поверхностью, в зоне захвата раскрытие эталонной оболочки может превышать размеры скопления, т.е. на этом участке имеет место условие

$$z > h. \quad (27)$$

В критическом сечении реакция отпугивания изменяется на реакцию самосохранения, поэтому в последующих зонах удержание рыбы происходит за счет размера ячеей. При этом эффект «воронки» исключен при условиях

$$z_{пр} \geq h_{кр}, \quad z_{кр} \geq h_{пр}. \quad (28)$$

Наибольший шаг ячеей в критическом сечении определяется из зависимости

$$a_{кр} \leq 0,5l_i \left( 0,3 \frac{v}{v_1} \cos^2 \alpha_{тр} + \frac{m_i}{\sin \beta} \right), \quad (29)$$

где  $m_i$  — отношение высоты тела рыбы  $d_i$  к ее длине  $l_i$ ;  $\beta$  — посадочный угол в критическом скоплении;  $v_1, v$  — скорости рыбы и траления, м/с;  $\alpha_{тр}$  — угол атаки сетного полотна в критическом сечении, °.

Из условий (26), (27) и (28) с учетом ранее полученных зависимостей получаем

$$z_0 = h_0 + d_0, \quad z_{пр} = h_0 \frac{1 + f_{пр}}{1 + f_0}, \quad z_{кр} = h_0 \frac{1 + f_{кр}}{1 + f_0}, \quad \frac{z_{пр}}{z_{кр}} = h_0 \frac{1 + f_{кр}}{1 + f_{пр}}. \quad (30)$$

Площадь сечения в любой части рассматриваемых зон равна

$$\Omega_h = \pi h^2 \quad (31)$$

или на основании (22)

$$\Omega_h = \pi h_0^2 \left( \frac{1 + f}{1 + f_0} \right)^2, \quad (32)$$

а минимальная площадь главного сечения будет

$$\Omega_o = \pi (h_0 + d_0)^2. \quad (33)$$

Интенсивность процесса сжатия скопления при прохождении вдоль трала зависит от физиологических возможностей рыбы. А.Л. Фридман [Серебров, Понков, 1982] отмечает, что скорость перемещения различных рыб по вертикали не превышает  $v_{2max} = 0,7$  м/с.

Наряду с этим, видимо, следует ожидать, что по мере возрастания тесноты косяка скорость сжатия будет убывать и при достижении предельной тесноты вертикальное перемещение особей прекратится. Принимая уменьшение скорости сжатия косяка по вертикали линейному закону (см. рис. 1), можно положить

$$\frac{h}{h_0} = \frac{v_2}{v_{2max}}, \quad (34)$$

где

$$v_2 = -\frac{dh}{dt}. \quad (29)$$

При скорости траления  $v = dx/dt$ , исключая время получим

$$\frac{h}{h_0} = -\left(\frac{v_2}{v_{2max}}\right) \frac{dh}{dx} \quad \text{или} \quad \frac{dh}{h} = -\left(\frac{v_{2max}}{v}\right) \frac{dx}{h_0}.$$

Интегрируя в пределах  $[0, x]$  и  $[h_0, h]$  находим форму образующей эталона зон взаимодействия от главного сечения до предельного

$$h = h_0 e^{-\frac{v_{2max} x}{v h_0}}. \quad (35)$$

Поскольку угол образующей равен

$$\alpha = \text{arctg}\left(\frac{dh}{dx}\right),$$

то

$$\alpha = \text{arctg}\left(\frac{v_{2max} h}{v h_0}\right). \quad (36)$$

В критическом и предельных сечениях углы атаки эталона равны

$$\alpha_{кр} = \text{arctg}\left(\frac{v_{2max}}{v} \frac{h_{кр}}{h_0}\right), \quad \alpha_{пр} = \text{arctg}\left(\frac{v_{2max}}{v} \frac{h_{пр}}{h_0}\right) \quad (37)$$

или

$$\alpha_{кр} = \text{arctg}\left(\frac{v_{2max}}{v} \frac{1+f_{кр}}{1+f_0}\right), \quad \alpha_{пр} = \text{arctg}\left(\frac{v_{2max}}{v} \frac{1+f_{пр}}{1+f_0}\right). \quad (38)$$

Таким образом, эталонная форма зон захвата и удержания определяется высотой косяка, его начальной плотностью, максимальной физиологической скоростью погружения рыбы и скоростью траления.

Из исследования определяем достаточное условие отсутствия эффекта «воронки» при лове. Так, из (35) получим

$$x = -h_0 \frac{v}{v_{2max}} \ln\left(\frac{h}{h_0}\right) \quad (39)$$

или

$$x = -h_0 \frac{v}{v_{2max}} \ln\left(\frac{1+f}{1+f_0}\right), \quad (40)$$

т.е. в любом сечении захвата и удерживающей зон уплотнение косяка связано с расстоянием этого сечения от гужа и скоростью траления. При этом чем больше начальная плотность косяка или скорость траления, тем длиннее должен быть трал, а угол атаки пластей меньше. В пределе, если бы начальная плотность косяка была равной предельной, для избежания эффекта «воронки» трал должен быть в виде цилиндра с основанием равным главному сечению.

Рассмотрим выход рыбы из трала на участке главного сечения — зона накопления путем сравнения формы поверхности эталона, рассмотренной выше, и реальной оболочки трала (см. рис. 1). Как видно по рисунку, если реальная форма трала не совпадает с формой эталона или не перекрывает ее, то следует ожидать неизбежного выхода рыбы из пространства облова.

Допустив, что через главное сечение уходит  $N_1$  количества рыбы, рассмотрим прохождение порции скопления высотой в главном сечении  $2h_0$  вдоль трала. Введем коэффициент захвата, равный отношению массы захваченной рыбы и входившей в трал

$$\psi_1 = \frac{Q_2}{Q_1} = \frac{Q_1 - N_1}{Q_1} = 1 - \frac{N_1}{Q_1},$$

где секундная масса входившей рыбы —  $Q_1 = \rho_1 \Omega_{h_0} v$ , а секундная масса выходившей рыбы —  $N_1 = \rho_2 \Omega_{h_0} (v_1 - v)$ ,  $\rho_1$  и  $\rho_2$  — плотность скоплений,  $1/\text{м}^3$ .

Отсюда коэффициент захвата равен

$$\psi_1 = 1 - \frac{\rho_2}{\rho_1} \left( \frac{v_1}{v} - 1 \right). \quad (41)$$

Решим уравнение относительности скорости траления

$$v = \frac{v_1}{1 + \frac{\rho_1}{\rho_2} (1 - \psi_1)}. \quad (42)$$

Найдем предельные скорости траления. Нулевая скорость, очевидно, соответствует нулевому коэффициенту захвата, т.е.

$$v_0 = \frac{v_1}{1 + \frac{\rho_1}{\rho_2}}. \quad (43)$$

Наибольшее же значение скорости траления, которую имеет смысл поддерживать, не принимая во внимание экономические соображения, соответствует  $\psi_1 = 1$ , иначе  $v_{max} = v_1$ .

Нулевая скорость в процессе лова также не остается постоянной. При начале лова, когда в трал заходят первые порции рыбы,  $\rho_1 = \rho_2$  и  $v_0 = v_1/2$ , а затем с ростом концентрации в трале нулевая скорость повышается.

Анализ формулы (40) показывает, что интенсивность захвата по мере роста улова уменьшается и (при  $\rho_1 = \text{const}$   $v = \text{const}$ ), когда концентрация в устье достигнет

$$\rho_{2max} = \frac{\rho_1}{\frac{v_1}{v} - 1}, \quad (44)$$

процесс захвата прекращается. Этот вывод подтверждается практикой лова и рассмотренными выше исследованиями. Причем, как следует из (44), момент «насыщения» наступает тем быстрее, чем выше скорость траления или начальная плотность скопления.

Трудности использования формулы (41), где неизвестны плотности скопления (поступающая и в трале), усугубляются переменным значением  $\rho_2$ . Заменим отношение плотностей их средним значением

$$\left(\frac{\rho_1}{\rho_2}\right)_{\text{ср}} = \frac{1}{2} \left(1 + \frac{\rho_1}{\rho_{2\text{max}}}\right).$$

Тогда после подстановки в формулу (42) среднее значение коэффициента захвата устья равно

$$\Psi_1 = \frac{2v}{v_1} - 1, \quad (45)$$

где скорость рыбы обычно является функцией ее длины. Например, В.Н. Мельников рекомендует для донных рыб  $v_1 = (3\div 4)l_p$ , а для пелагических  $v_1 = (6\div 12)l_p$ .

По Н.Н. Андрееву [1970], максимальная скорость движения рыбы (м/с), длиной равной или более 7 см, определяется по следующей формуле:

$$v_1 = \frac{k_1 l_p + k_2}{100}, \quad (46)$$

где  $l_p$  — общая длина рыбы (от начала рыла до конца хвостового плавника);  $k_1, k_2$  — эмпирические коэффициенты для рыб разных групп.

Таблица 2

Значения эмпирических коэффициентов для рыб разных групп

Номер группы	Характеристика рыб группы	Типичные представители	Численные значения коэффициентов	
			$k_1$	$k_2$
1	Быстрые, сильные, крупные рыбы	Тунец, лосось, пелагида, скумбрия, ставрида	4	220
2	Стайные и хищные рыбы	Сельдь, сардина, тресковые, кефаль	3	65
3	Частиковые рыбы	Сазан, карась, карп, лугиановые, скарповые	2	50
4	Малоподвижные рыбы	Бычки, налимы, морские окуни	1	25

Максимальная скорость рыб (м/с) длиной менее 7 см может быть определена по формуле Ю.В. Кадильникова [1984]

$$v_1 = 0,04l_p^{1,18}. \quad (47)$$

Таким образом, доля рыбы, вышедшей из трала в направлении траления, зависит только от скорости траления.

Коэффициент удержания является функцией длины, максимальной и вертикальной скоростей рыб каждого размера, высоты скопления в данном сечении оболочки трала, а также геометрических характеристик секций трала (раскрытий, шага ячей, коэффициентов посадки, углов атаки полотна).

Определение коэффициентов удержания в той или иной части трала проводят путем сравнения формы эталона (траектория рыбы данного размера, находящейся на границе скопления вдоль трала) с формой трала в данном сечении (рис. 2), т.е. условия

$$\alpha_\rho < \alpha_{\text{тр}}$$

где  $\alpha_{\text{тр}}$  — угол атаки сетного полотна;  $\alpha_\rho$  — угол наклона траектории рыбы к оси трала.

При этом принято, что рыбы каждого размера имеют равную вероятность оказаться по краю скопления, а скорость вертикального перемещения рыбы (сжатие косяка) по центральной оси трала равна нулю.

Коэффициенты удержания имеют следующие значения для различных вариантов (см. рис. 2):

$$1 \text{ вариант} \quad \begin{matrix} X_{\text{тр.кр}} \geq X_{\text{эт.кр}} \\ Z_{\text{тр.кр}} \geq h_{\text{эт.кр}} \\ Z_{\text{тр.нр}} \geq h_{\text{эт.нр}} \end{matrix} \quad \psi_2 = 1,0$$

2 вариант	$X_{mp.кр} \geq X_{эм.кр}$ $Z_{mp.кр} \geq h_{эм.кр}$ $Z_{mp.нр} < h_{эм.нр}$	$\psi_2 = Z_{mp.нр}^2 / h_{эм.нр}^2$
3 вариант	$X_{mp.кр} < X_{эм.кр}$ $Z_{mp.кр} < h_{эм.кр}$ $Z_{mp.нр} < h_{эм.нр}$	$\psi_2 = Z_{mp.нр}^2 / h_{эм.нр}^2$
4 вариант	$X_{mp.кр} \geq X_{эм.кр}$ $Z_{mp.кр} < h_{эм.кр}$ $Z_{mp.нр} \geq h_{эм.нр}$	$\psi_2 = Z_{mp.кр}^2 / h_{эм.кр}^2$

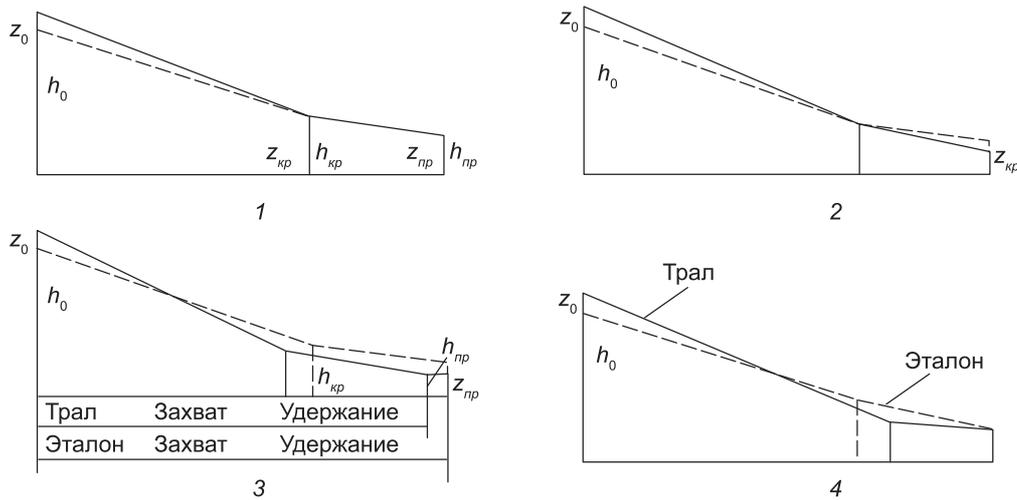


Рис. 2. Варианты захвата и удержания рыбы тралом

В критическом сечении реакция отпугивания изменяется на реакцию самосохранения, поэтому в последующих частях трала удержание происходит за счет размера ячеи. Наибольший шаг ячеи в критическом сечении определяют из зависимости (29).

Вышесказанное касается направляющей и удерживающей зон, в аккумулярующей зоне (мешке) принимается во внимание отсеивание рыб через ячею, поскольку часть рыб, находящихся внутри косяка, не имела возможности выйти через поверхность:

$$\Psi_3 = \frac{1}{1 + e^{\frac{l_{\max}(l_{50} - l_i)}{a l_{\min}}}}, \quad (48)$$

где  $l_{\max}$ ,  $l_{\min}$ ,  $l_{50}$  — соответственно максимальная, минимальная длина рыб в улове и длина, при которой отсеивается 50% рыб;  $a$  — шаг ячеи.

Длина рыб при отсеиве 50%

$$l_{50} = k_s B = 2ak_s, \quad (49)$$

где  $k_s$  — коэффициент селективности;  $B$  — внутренний размер ячеи.

Для практических расчетов можно принять, что

$$l_{50} = (0,7 - 0,9) \left( \frac{l_{\max} + l_{\min}}{2} \right). \quad (50)$$

**Дифференциальная уловистость трала.** Дифференцированные коэффициенты уловистости для рыб разной длины  $\varphi_i$  определяются произведением коэффициентов захвата, удержания и отсева рыб из мешка:

$$\varphi_i = \psi_1 \psi_2 \psi_3, \quad (51)$$

Зависимость дифференцированных коэффициентов уловистости от длины рыб определяет кривую дифференциальной уловистости трала

$$\varphi_i = f(l_i). \quad (52)$$

## Выводы

1. Масса обловленного скопления  $P_o$  определяется с использованием кривой дифференциальной уловистости

$$P_o = \sum P_{oi} = \sum \frac{P_{yли}}{\varphi_i} = \sum \frac{P_{yли} n_i G_i}{\varphi_i \sum (n_i G_i)}, \quad (53)$$

где  $P_{oi}$  – масса рыб длиной  $l_i$  в скоплении;  $P_{yли}$  – масса рыб длиной  $l_i$  в улове;  $n_i$  – количество рыб длиной  $l_i$  в пробе улова;  $G_i$  – масса рыбы длиной  $l_i$ .

2. Размерный состав скопления по массе определяется как

$$\frac{P_{oi}}{\sum P_{oi}} 100\% = f(l_i).$$

3. Количество рыб длиной  $l_i$  в скоплении определяется как

$$n_{oi} = \frac{P_{oi}}{G_i}.$$

4. Размерный состав скопления определяется следующим образом:

$$\frac{n_{oi}}{\sum n_{oi}} 100\% = f(l_i).$$

## Литература

- Андреев Н.Н.** 1970. Проектирование кошельковых неводов.— М.: Пищевая промышленность.— 278 с.
- Баранов Ф.И.** 1960. Техника промышленного рыболовства.— М.: Пищевая промышленность.— 966 с.
- Выскребенцев Б.Ф.** 1970. Поведение рыб в зоне действия тралящих орудий лова // Биологические основы управления поведением рыб.— М.: Наука.— С. 267–302.
- Выскребенцев Б.Ф., Аронов М. П.** 1970. Подводные наблюдения в зоне действия орудий лова // Рыбное хозяйство. № 2.— С. 40–43.
- Заферман М. Л.** 1976. Измерение коэффициента уловистости тралящих орудий лова // Рыбное хозяйство. № 3.— С. 51–52.
- Ионас В. А.** 1967. Производительность трала.— М.: Пищевая промышленность.— 52 с.
- Кадильников Ю.В.** 1973. Основные направления вероятностного подхода к оценке эффективности орудий рыболовства и определения зон их действия с использованием теории поиска // Обзорная информация ЦНИИТЭИРХ.— 67 с.
- Кадильников Ю.В.** 1984. Статистический метод определения интенсивности вылова и зачем нужно знать обловленный объем // Рыбное хозяйство. № 8.— С. 62–65.
- Кадильников Ю.В.** 1985. В. Основные положения и результаты статистической теории рыболовных тралов: Теория промышленного рыболовства и проектирование орудий лова // Труды ВНИРО.— М.: ВНИРО.— С. 37–53.
- Карпенко Э.А., Лапшин О.М., Акишин В.В.** 2000. Определение размерного состава скопления по характеристикам улова.— М.: МДС.— 32 с.
- Коротков В. К.** 1969. Поведение некоторых видов рыб в трале // Вопр. ихтиологии. Т. 9. Вып. 6.— С. 1110–1117.
- Коротков В.К., Кузьмина А.С.** 1972. Трал, поведение объекта и наблюдения за ними.— М.: Пищепромиздат.— 269 с.
- Коротков В.К.** 1990. Поведение ставриды в зоне облова разноглубинного трала // Совершенствование орудий промышленного рыболовства в связи с поведением гидробионтов // Труды ВНИРО.— М.: ВНИРО.— С. 23–32.
- Коротков В.К.** 1988. Реакция рыб на трал, технология их лова.— Калининград: Страж Балтики.— 397 с.
- Никоноров И.В.** 1973. Взаимодействие орудий лова со скоплениями рыб.— М.: Пищевая промышленность.— 235 с.

- Обвинцев А.Л.* 1975. О взаимодействии объекта лова с тралом // Рыбное хозяйство. № 1.— С. 48–51.
- Сергеев Ю.С.* 1979. Основы теории лова ставными неводами и тралами.— М.: Пищевая промышленность.— 142 с.
- Серебров Л.И., Понков Г.В.* 1982. Определение коэффициента уловистости донного трала с помощью БПА «Тетис» // Рыбное хозяйство. № 8.— С. 59–61.
- Фридман А.Л.* 1981. Теория и проектирование орудий промышленного рыболовства.— М.: Легкая и пищевая промышленность.— 328 с.

УДК 639.2.081.117.004.17:639.223.5

---

## **Оценка уловистости тралов на промысле минтая и определение структуры его облавливаемых скоплений**

*Э.А. Карпенко (ВНИРО)*

Оценка уловистости трала проводится на основе известных стереотипов поведения рыбы в орудии лова, все параметры которого известны [Карпенко и др., 1997].

Процесс лова рыбы любым отцеживающим орудием включает захват скопления, направление в удерживающую часть, а затем в зону накопления, из которой впоследствии улов попадает на судно. Результативность добычи на каждом из этих этапов зависит как от поведения объекта, так и от конструктивных особенностей орудий лова и временных факторов, режимов работы.

Подводные наблюдения показывают [Коротков, Кузьмина, 1972; Обвинцев, 1975], что независимо от вида рыба ведет себя в зоне действия трала в целом одинаково: в устьевой части не испытывает особого беспокойства, затем по мере прохода в сужающуюся часть трала ее беспокойство возрастает и достигает такой степени, что она предпринимает отчаянные попытки уйти из облавливаемого пространства. Практически на всех этапах прохождения вдоль трала особи ориентированы головой в сторону устья (к выходу).

Известен эффект «воронки», когда в трал входит водо-рыбной смеси больше, чем ее может пропустить сливное отверстие — «куток». Поэтому для эффективной работы трала должен обеспечиваться перевод облавливаемой рыбы последовательно из одной зоны в другую во избежание перемещения объекта в обратном направлении. В идеальном случае интенсивность поступления рыбы в трал при установившемся режиме облова во всех зонах должно быть одинаковой [Обвинцев, 1975].

Пространство облова было нами разграничено на зоны исходя из особенностей поведения рыбы и отличительных черт рассматриваемой части пространства облова. При этом характеристикой зоны является степень изоляции скопления от окружающего пространства, а характеристиками поведения служат наличие той или иной реакции и возможность ее осуществления.

Облавливаемое пространство можно условно разделить на четыре зоны. **Зона спугивания**, располагающаяся от досок до сечения по центру верхнего гужа характеризуется тем, что косяк рыбы здесь не полностью изолирован элементами траловой системы от остального пространства: имеется возможность ухода вверх, между шлейфами досок и крыльями и т.д. В отличие от зоны спугивания в зоне, начиная от гужа до некоторого сечения траловой оболочки, косяк уже полностью изолирован от окружающей среды, рыба может уйти через поверхность орудия, но удерживается за счет сохранения у особей оборонительной реакции.

В этой зоне в результате сужения конуса трала происходит уплотнение косяка, т.е. ее можно назвать **зоной захвата**.

В момент, когда плотность косяка достигнет предела, рыба перестает отпугиваться траловой оболочкой и проявляет стремление через нее уйти. Если размер ячеей позволяет, то рыбы выходят из трала или объеживаются. Часть трала, в которой рыбы проявляют сильное беспокойство, получила название «критическая зона», а сечение трала в этом месте «критическое» [Карпенко и др., 1977]. Естественно, если шаг ячеей препятствует уходу рыбы, то после «критического» сечения (начала **зоны удержания**) у рыбы остается только одно направление возможного выхода из удерживающего пространства – вперед по направлению движения трала. Очевидно, что «критическая зона» возникает тогда, когда степень сжатия косяка начинает стеснять или ограничивать имевшиеся ранее возможные направления движения, например, разворот с минимальным диаметром циркуляции.

**Зона удержания** заканчивается наименьшим раскрытием трала – сечением цилиндрической части мешка. К этому моменту теснота рыб в скоплении может достичь предельного значения, при котором особи, если и сохраняют возможность движения, то только вперед по направлению траления (**зона накопления**).

Изложенный принцип разграничения трала на зоны, исходящий из особенностей поведенческой реакции и ограничения степеней свободы перемещения рыбы, легко объясняет такие явления, как, например эффект «воронки», который, несомненно, появится, если теснота рыб в скоплении достигнет критического значения до подхода мелкоячейной части трала либо цилиндрической части мешка.

В зависимости от размеров косяка и его начальной плотности критическое и предельное значения тесноты могут располагаться на разных расстояниях от начала зоны захвата (гужа). Например, если уже начальная плотность косяка будет равна предельной, то никакого сжатия скопления не произойдет, и улов может составить только доля, «вырезанная» предельным сечением трала. И наоборот, может оказаться начальная плотность скопления настолько малой, что даже в цилиндрической части мешка теснота не достигнет предельного значения. Из примера следует, что показатель уловистости трала при облове косяков разных размеров и плотности для одного и того же трала может оказаться различным.

Улавливающая способность зоны захвата зависит от ряда факторов, среди которых наиболее важное значение имеют следующие:

- скорость и направление движения косяка до попадания в зону захвата;
- размеры и пространственное расположение косяка;
- квалификация и опыт судоводителей;
- оснащенность судна гидроакустическими приборами и их совершенство;
- скорость траления;
- соотношения размеров и раскрытий трала в различных нормальных сечениях с размерами скопления, а также конструкция элементов трала (доски, кабели и т.д.).

Из перечня факторов видно, что все они, за исключением последнего, практически не имеют к конструкции трала никакого отношения. Об этом свидетельствует практика совместной работы судов разных типов в одном районе и на одном объекте, когда суда меньшей мощности имеют уловы не меньше, чем супертраулеры. Об этом же свидетельствуют суточные данные об уловах однотипных судов, в которых разница в уловах обычно колеблется порой от 30 до 50%. Совсем иначе обстоит дело с конструкциями непосредственно тралов. Неоднократные испытания тралов и сравнение их уловов показывают, что при практически равных раскрытиях устья и одинаковой оснастке тралов уловистость изменяется в значительном диапазоне.

Учитывая эти обстоятельства, была предпринята попытка определить такую форму зон захвата, удержания и накопления, при которой исключается выход рыбы через поверхность оболочки трала. Тогда, приняв эту форму за эталон и сравнивая ее с формой реальных тралов, можно рассчитать выход рыбы из этих зон действия, т.е. оценить общую и дифференцированную (по длине или возрас-

ту) уловистость трала, определить массу и размерно-массовый состав облавливаемых скоплений и изучить влияние на уловистость конструктивных элементов и режима буксировки трала.

Поставленная задача реализована при наличии двух видов информации:

- технической документации на трал и показателей режима траления;
- эксплуатационно-биологических данных (улов за траление, продолжительность траления, начальная высота скопления, размерно-массовый состав пробы из улова, отношение высоты тела рыбы к ее длине, дистанция реагирования объекта на детали орудия).

Формирование эталонной формы осуществлялось при следующих предпосылках:

- тяга судна не ограничена;
- ядро (центр) скопления при подходе к главному сечению (гужа) находится на оси симметрии трала;
- раскрытия поперечных сечений от главного сечения до предельного гарантируют прохождение скопления с учетом его сжатия;
- наибольшая степень сжатия скопления в любом сечении не превышает предельной.

Дифференцированные по длинам  $l_i$  или возрастам  $T^+$  рыб коэффициенты уловистости  $\varphi_i$  определяются как произведение коэффициентов захвата  $\psi_{1i}$ , удержания в критической зоне  $\psi_{2i}$  и селективности  $\psi_{3i}$ .

Коэффициент захвата определен как функция максимальной скорости рыбы длиной  $l_p$ , скорости траления, размеров косяка, дистанции реагирования на детали орудия лова, раскрытий трала.

Среднее значение коэффициента захвата выражается следующим образом:

$$\psi_{1i} = 2V/V_{li} - 1,$$

где  $V$  – скорость траления, м/с;  $V_{li}$  – максимальная скорость рыбы длиной  $l_i$ , м/с.

Максимальная скорость рыб может быть определена для тресковых рыб по формуле Н.Н. Андреева [Обвинцев, 1975]:

$$V_{li} = (3l_i + 0,65).$$

Коэффициент удержания является функцией длины, вертикальной и горизонтальной скоростей перемещения рыб от сетного полотна к оси трала, высоты и ширины скопления в данном сечении оболочки трала, а также геометрических характеристик секций трала (раскрытий, шага ячеи, коэффициентов раскрытия ячеи, углов атаки сетного полотна).

Определение коэффициентов удержания в той или иной части проведено путем сравнения формы эталона (траектории рыбы данного размера, находящейся на границе скопления вдоль трала) с формой трала в данном сечении, т.е. условия  $\gamma_p < \gamma_{mp}$  ( $\gamma_p$  – угол наклона траектории рыбы к оси трала;  $\gamma_{mp}$  – угол атаки сетного полотна).

При этом принято, что рыбы каждого размера имеют равную вероятность оказаться на краю скопления, а скорость вертикального и горизонтального перемещения (сжатия косяка) по оси трала равна нулю.

Расчет параметров сжатия косяка по нормальным сечениям оболочки трала производился по формулам:

$$h_j = h_{j-1} \times \exp[-(V_{2j}/V) \times (x_j/h_{j-1})]$$

$$b_j = b_{j-1} \times \exp[-(V_{3j}/V) \times (x_j/b_{j-1})],$$

где  $h_j$  и  $b_j$  – половина высоты и ширины косяка и  $j$ -том сечении (отсчет  $j = 0, 1, 2, 3 \dots n$  ведется от сечения по верхнему гужу);  $\Delta x_j$  – горизонтальное расстояние между сечениями;  $v_{2j}$  и  $v_{3j}$  – вертикальная и горизонтальная скорости перемещения рыбы от сетного полотна к оси трала при сжатии косяка соответственно, м/с. С учетом обеспечения условий сгона рыб от оболочки трала к его оси эти скорости приняты равными:

$$V_{2(3)} = [V \sin \gamma \cos (90^\circ + \gamma)] / [\sin (270^\circ - \gamma) / 2],$$

где  $\gamma$  – угол атаки верхней (нижней) или боковой пластины трала.

Следует отметить, что указанные скорости ухода рыб от сетного полотна хорошо согласуются с результатами исследования поведения рыб при взаимодействии с элементами тралов в модельных условиях [Карпенко и др., 1977]:

$$V_2 = 0,72h_0 V \operatorname{tg} \gamma_0 / 0,72h_0 + r;$$

$$V_3 = 0,72b_0 V \operatorname{tg} \gamma_2 / 0,72b_0 + r,$$

где  $h_0$  и  $b_0$  — половина высоты и ширины коска рыбы в устье трала соответственно;  $r$  — дистанция реакции объекта лова (минтая) на детали орудия лова, принята равной 1,5 м [Коротков, Кузьмина, 1972; Белов и др., 1987].

Коэффициент удержания определялся следующим образом:

$$\psi_2 = \psi_{2z} \times \psi_{2\theta},$$

где  $\psi_{2z}$  и  $\psi_{2\theta}$  — коэффициенты удержания рыб в горизонтальной и вертикальной плоскостях трала соответственно. Эти коэффициенты определяются отношением площади горизонтальной (вертикальной) проекции трала от критического сечения до цилиндрического сечения кутка ко всей площади горизонтальной (вертикальной) проекции трала от нулевого сечения (по гужу) до сечения по кутку:

$$\psi_{2z} = [b_0 \exp(-V_{3j}/V \times x_j/b_{j-1}) + r] \times (L_{mp} - L_x) / (b_0 + d_p + r) \times L_{mp}$$

$$\psi_{2\theta} = [h_0 \exp(-V_{2j}/V \times x_{j-1}) + r] \times (L_{mp} - L_x) / (h_0 + d_p + r) \times L_{mp}.$$

Отсев рыб через ячею аккумуляющей зоны трала (мешка) определялся по формуле:

$$\psi_{3i} = 1 / 1 + \exp[l_{max}(l_{50\%} - l_i) / l_{min} \times a],$$

где  $l_{max}$ ,  $l_{min}$ ,  $l_{50\%}$  — длина рыб в улове максимальная, минимальная и длина, при которой отсеивается 50% рыб соответственно;  $a$  — шаг ячеи.

Длина рыб при отсеиве 50%

$$l_{50\%} = k_s B \cong 2ak_s,$$

где  $k_s$  — коэффициент селективности;  $B$  — внутренний размер ячеи.

Иначе  $l_{50\%}$  можно выразить эмпирической формулой:

$$l_{50\%} = x(l_{max} + l_{min}) / 2.$$

По данным исследований селективности траловых мешков из монопропилена в Беринговом море на промысле минтая,  $k_s = 3,54$  и соответственно  $x = 0,98$ .

Общий коэффициент уловистости равен:

$$\varphi = P_{ул} / P_0,$$

где  $P_{ул}$  — масса улова, т;  $P_0'$  — масса обловленного скопления, определяемая выражением:

$$P_0' = [P_{ули} / \varphi_i] = [(P_{ул} \times n_i G_i) / (\varphi_i \sum n_i G_i)],$$

где  $P_{ули}$  — масса рыб длиной  $l_i$  в улове;  $n_i$  — количество рыб длиной  $l_i$  в пробе из улова;  $G_i$  — масса рыб длиной  $l_i$ .

## Результаты и обсуждение

Используя указанную выше необходимую информацию о применяемых орудиях лова на том или ином судне, режимах их работы и эксплуатационно-биологических характеристиках, определили дифференциальную и общую уловистость некоторых тралов, что позволило уточнить (а, вернее, определить) структуру облавливаемых скоплений минтая в Беринговом и Охотском морях.

Графики дифференциальной уловистости трала 120/1120 м, размерного состава улова, полученного в июле 1995 г. в Наваринском районе Берингова моря, и размерный состав скопления показали, что общая уловистость трала составляла  $\varphi = 0,109$ .

Аналогичные графики приведены по Олюторскому району Берингова моря также за июль 1995 г., где общая уловистость того же трала была  $\varphi = 0,197$ , и Северо-Охотоморскому в апреле 1995 г.  $\varphi = 0,203$ .

Из полученных результатов следует, что размерные составы уловов и скоплений существенно отличаются друг от друга, что, на наш взгляд, необходимо учи-

тывать при анализе состава популяции объекта лова. При облове донных скоплений это различие тоже наблюдается, но имеет несколько иной характер. Размерный состав скоплений по-прежнему смещен влево, однако доля мелких рыб уменьшается, хотя их все равно больше, чем в улове. Интересно отметить, что при определении уловистости японских донных тралов на промысле минтая, прослеживается четкая зависимость показателей уловистости от медианы размерного состава улова, аппроксимируемая уравнением с высокой степенью корреляции (0,98):

$$\varphi = -0,0149l_m + 1,3665,$$

где  $l_m = (l_{min} + l_{max})/2$  — медиана структуры улова.

Следует напомнить, что структура обловленных скоплений определена теоретически на основе учета общих стереотипов поведения рыбы в трале. Адекватность результатов неоднократно подтверждалась экспериментами на промысле разных объектов (ставриды и скумбрии ЦВА, ЮВА, ставриды ЮВТО, сельди Балтики и окуня-клювача моря Ирмингера).

Многочисленные промысловые испытания тралов свидетельствуют, что орудия лова, близкие по своим параметрам и режимам работы, на одной и той же рыбе часто показывают разную структуру уловов. Это объясняется неоднородностью облавливаемых стай и подтверждает, что для анализа состояния популяции необходимо сопоставлять структуры уловов с конкретной информацией о применяемых орудиях лова.

Что касается весьма распространенного в ихтиологических исследованиях приравнивания при траловых съемках коэффициента уловистости единице, полагая, что оценка запаса при этом будет минимальной, то следует отметить следующее.

Во-первых, строго говоря, никакого коэффициента уловистости не существует. Коэффициент предполагает наличие некоторой стабильности, константы. Уловистость орудия лова — это вероятность попадания промыслового объекта в зону действия орудия за определенное время его работы. Поэтому оценка уловистости всегда дискуссионна. Уловистость меняется на протяжении суток, сезона, и экспериментальная ее оценка весьма затруднительна, хотя такие методы и есть.

Во-вторых, доказано, что уловистость, равная единице, может быть только у идеального орудия лова, зона действия которого стремится к бесконечности [Кадильников, 1988]. Поэтому оценку уловистости (но не коэффициента) необходимо осуществлять либо по каждой промысловой операции, либо по осредненной величине из нескольких операций, либо по максимально полученной.

Поскольку между длиной рыбы и возрастом имеется тесная связь, то при анализе состояния популяции и запасов необходимо учитывать различие в структурах улова и скопления.

## **Выводы**

Определение дифференциальной уловистости тралов позволяет уточнить (вернее, определить) структуру облавливаемых скоплений промысловых объектов. Структура скоплений смещена влево, в сторону малоразмерных рыб, что необходимо учитывать при анализе состояния запаса рыб и популяции в целом.

Возрастной состав запаса должен ориентироваться на структуру скоплений.

В целях оценки интенсивности вылова, представляющего собой отношение вылова к запасу, необходим мониторинг использования орудий лова (наименование, оснастку, режим работы, чертеж), а также регулярное определение размерно-массового состава улова.

Для определения селективности орудия лова, являющегося одним из элементов уловистости, необходимы биометрические измерения рыб (длины рыб общей, по Смиту, промысловой; высоты, толщины и обхвата тела рыбы).

Отсутствие указанных данных не обеспечит объективности результатов исследования состояния популяции изучаемого объекта.

## Литература

- Андреев Н.Н.* 1972. Проектирование кошельковых неводов.— М.: Пищевая промышленность.— 277 с.
- Белов В.А. и др.* 1987. Буксируемые орудия лова.— М.: Агропромиздат.— 200 с.
- Кадыльников Ю.В.* 1988. Об оценке запасов промысловых объектов методом траловых съемок // Доступность морских промысловых объектов для орудий лова и технических средств наблюдений: Сб. науч. тр.— Калининград: АтлантНИРО.— С. 30–43.
- Карпенко Э.А., Лапшин О.М., Герасимов Ю.В.* 1997. Экспериментальные исследования поведения рыб при взаимодействии с элементами трала в модельных условиях // Вопр. ихтиологии. Т. 37.— С. 253–260.
- Коротков В.К., Кузьмина А.С.* 1972. Трал, поведение объекта лова и подводные наблюдения за ним.— М.: Пищевая промышленность.— 269 с.
- Мельников В.Н.* 1983. Биотехнические основы промышленного рыболовства.— М.: Легкая и пищевая промышленность.— 216 с.
- Обвинцев А.Л.* 1975. О взаимодействии объекта лова с тралом // Рыбное хозяйство. № 1.— С. 48–51.

УДК 639.2.081.117:639.223.5 (265.53)

---

## Характеристики уловов минтая крупнотоннажного траулера в охотоморской экспедиции 2002 г.

*А.И. Шевченко, С.Э. Астафьев (ТИНРО-центр);  
В.А. Татарников (ВНИРО)*

Минтай является основным объектом промысла на ДВ бассейне как по объемам вылова, что обусловлено его массовостью, так и по востребованности продукции на внутреннем и внешнем рынках. Охотоморский преднерестовый минтай представляет особую ценность в связи с наличием икры, приводящей к увеличению стоимости.

В последнее десятилетие под воздействием ряда негативных факторов природного и антропогенного происхождения биомасса охотоморского минтая значительно снизилась. К началу 1990-х гг. наметилась тенденция снижения запасов, связанная с ухудшением условий воспроизводства и появлением ряда неурожайных поколений. Негативную роль на состояние запасов минтая оказывает и промысел, если он ведется на недостаточном селективном уровне. Как показали исследования, проводившиеся на некоторых видах рыб, в частности на балтийской сельди [Шевцов и др., 1986; Efanov, 1981], селективный уровень промысла в значительной мере определяет формирование размерно-возрастного состава промыслового стада.

В 1998–2001 гг. были предприняты меры по повышению селективного уровня специализированного промысла минтая на Дальнем Востоке: увеличился минимальный размер ячеи в зависимости от материала тралового мешка до 100–110 мм; обязательно используется селективная вставка с квадратным расположением ячеек. Кроме того, регламентирована длина поясов на траловом мешке и посадка сетного полотна на топенанты с таким расчетом, чтобы обеспечивалось раскрытие ячеек с коэффициентами 0,5/0,87. С 2001 г. минимальный промысловый размер минтая увеличен с 30 см до 35 см с одновременным увеличением допустимого прилова минтая непромысловой длины с 8 до 20%. В дальнейшем под выражениями «молодь» или «малоразмерные рыбы» подразумевается минтай промысловой длины менее 35 см.

Однако анализ современного состояния селективности промысла минтая показал, что из официальной отчетности о работе промысловых судов невозможно

установить соответствие фактического размерного состава уловов требованиям «Правил рыболовства». При постоянно снижающемся ОДУ минтая появился дефицит промысловых квот и как следствие нецелесообразность использования мелкоразмерного минтая в счет выделенных квот, особенно при выработке дорогих видов продукции: икры и филе. Мелкоразмерные рыбы зачастую выбрасываются за борт и исчезают из статистических показателей вылова.

Полученная нами статистика фактического прилова молоди по отдельным локальным районам, в которых велся массовый промысел минтая в зимнюю путину 2002 г. на крупнотоннажном промысловом судне типа БАТМ, на наш взгляд, способна дать представление об общем селективном уровне промысла минтая в Охотском море. Величина уловов на усилие (улов на 1 ч траления) объективно характеризует промысловую обстановку в рассматриваемых районах лова минтая.

Промысел осуществлялся в трех подзонах Охотского моря, на долю которых приходится основной вылов минтая: Камчатско-Курильской (102 траления), Западно-Камчатской (16 тралений) и Северо-Охотоморской (111 тралений). Всего за период рейса собрана статистика по уловам 229 тралений в период с 1 января по 3 апреля 2002 г. На промысле использовалась традиционная техника и тактика лова минтая. Величина улова определялась объемным методом, по рыбным бункерам, в которые улов сливался перед обработкой. Затем общий улов за траление пересчитывался на 1 ч лова. Из каждого улова на массовый промер отбиралась проба, состоящая не менее чем из 300 экз. минтая. Соотношение рыб промысловой длины и молоди в улове рассчитывалось поштучно, в соответствии с «Правилами рыболовства».

Обобщенные данные по величине уловов минтая на усилие по отдельным районам работ показаны на рис. 1, а, б, в, г, а на рис. 1, д — в целом для Охотского моря за весь период промысла. Уловы на усилие приведены с дискретностью 5 т.

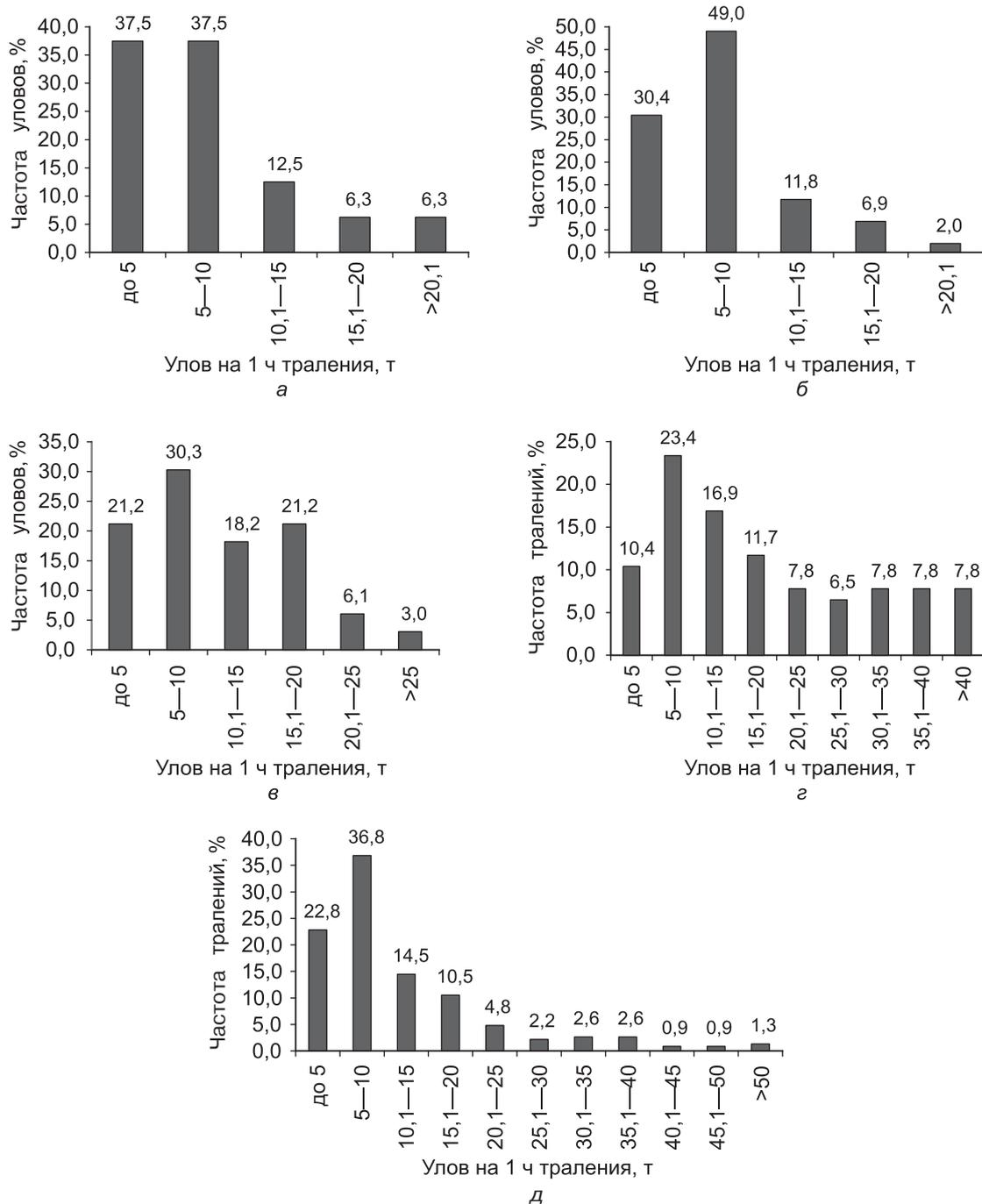
Из гистограмм распределения уловов по величине на усилие в Западно-Камчатской подзоне (см. рис. 1, а) следует, что тралений с уловами до 5 т/ч и с уловами от 5 до 10 т/ч в этом районе оказалось поровну, что составило 37,5% на каждый из этих диапазонов. Доля тралений с уловами 10–15 т/ч составила всего 12,5%.

В Камчатско-Курильской подзоне уловы были значительно ниже, и основное количество тралений имело улов от 5 до 10 т/ч. Таких тралений отмечено чуть менее половины (49%). Около 30% тралений имели улов до 5 т/ч. Траления с уловами более 20 т/ч отмечались единично, а в сумме они составили 2% (см. рис. 1, б).

В связи с резким различием размерного состава облавливаемых скоплений данные по Северо-Охотоморской подзоне были разделены на два локальных района промысла, условно обозначенными нами как западный, охватывающий акваторию в координатах от 54°50' до 55°58' с.ш. и от 148°12' до 150°27' в.д., и восточный — в координатах от 53°55' до 55°58' с.ш. и от 151°34' до 153°29' в.д. На западе Северо-Охотоморской подзоны (см. рис. 1, в) основное количество тралений имело улов от 5 до 10 т, таких уловов наблюдалось 30,3% от всего количества. Малые уловы (до 5 т) наблюдались в каждом пятом тралении (21,2%) — столько же, сколько и в диапазоне уловов от 15 до 20 т. Таким образом, уловы в этом районе до 10 т/ч и уловы более 10 т/ч распределились почти поровну 51,2% — до 10 т/ч и 48,9% — более 10 т/ч. Уловы более 20 т/ч отмечались довольно часто и составили 9,1%.

Наибольшие уловы в путину 2002 г. отмечались в восточной части Северо-Охотоморской подзоны (см. рис. 1, г). На уловы до 5 т/ч в этом районе приходится всего 10,4%. Максимум уловов в этом локальном районе приходился на диапазон 5–10 т/ч, но это всего 23,4%, зато в сумме на диапазоны уловы более 20 т/ч составили более трети от всех тралений (37,7%).

На рисунке 1, д приведено соотношение тралений с различной величиной уловов в целом по Охотскому морю за весь период работ. Как видно из рисунка, основная доля уловов приходится на диапазон 5–10 т/ч. Таких уловов за весь рейс



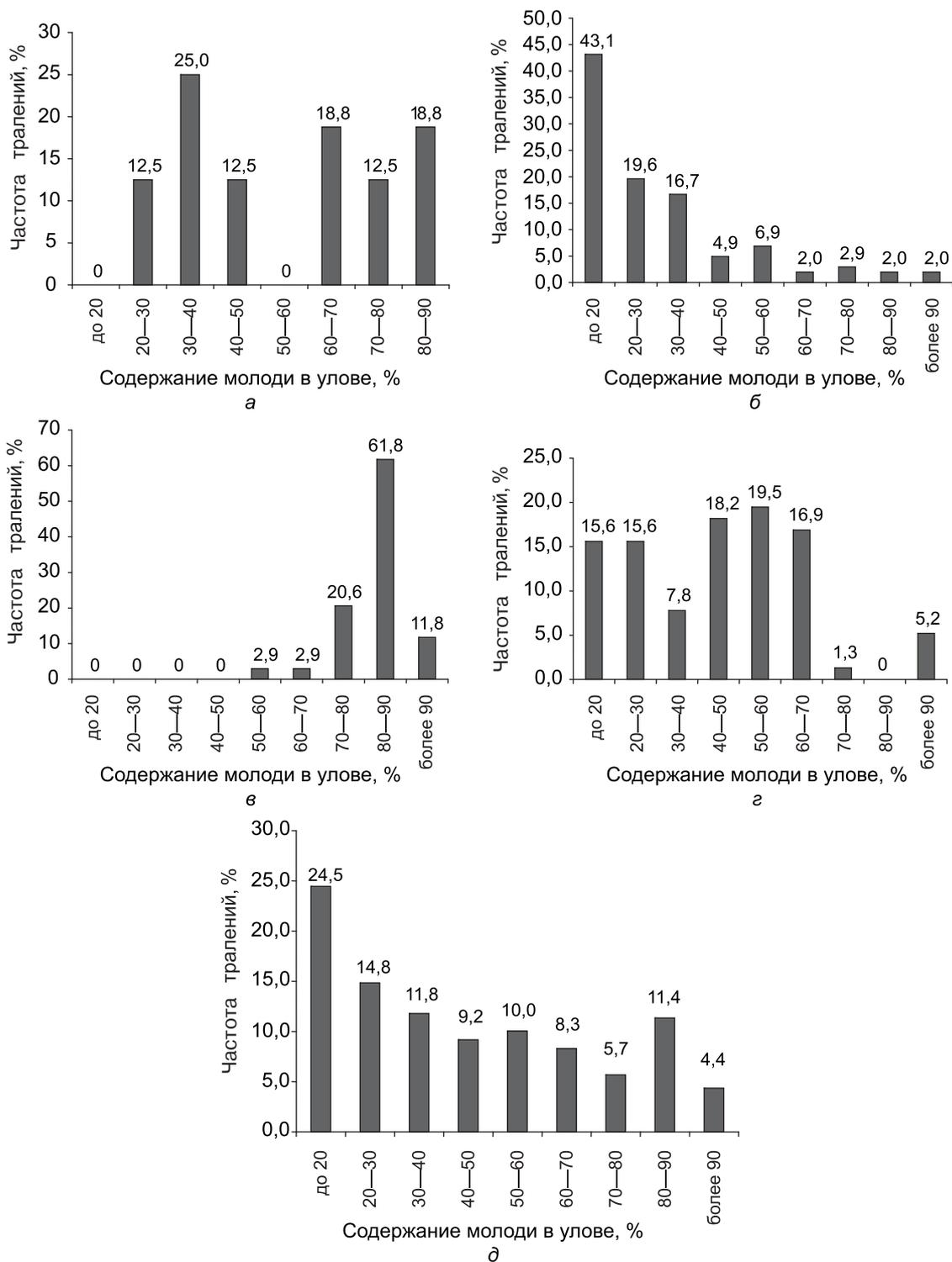
**Рис. 1.** Уловы на усилие по районам промысла Охотского моря

было около 36%, сопоставимое с этой величиной количество тралений имело улов, не превышающий 5 т/ч. Таким образом, доля тралений с уловом до 10 т/ч составляла подавляющее большинство — 67,7%. Каждое пятое траление имело улов от 10 до 20 т/ч. Тралений с большими уловами на усилие значительно меньше и их трудно назвать закономерными.

Размерный состав промыслового стада минтая естественно находит отражение в размерном составе уловов, который корректируется селективным уровнем промысла. Нами предпринята попытка анализа размерного состава уловов по тем же локальным районам промысла, для которых выше приведена статистика уловов на усилие. Целью наших исследований являлось: путем анализа величины прилова молодежи оценить соответствие требованиям «Правил рыболовства» фак-

тических уловов промыслового флота, а так же установить зависимость средней длины минтая в уловах от величины прилова молодежи.

Наиболее благополучная ситуация с приловом молодежи складывалась в Курило-Камчатской подзоне (рис. 2, б), где «Правилам рыболовства» соответствовало 43,1% траления, в которых прилов молодежи не превышал 20% от общего количества рыб в улове. Также относительно велика доля тралений с приловом 20–30%, которая составляла 19,6%. Прилов молодежи 30–40% отмечался в 16,7% уловов. Общее количество тралений с приловом молодежи более 40% составило 20,7%.



**Рис. 2.** Соотношение тралений с различным приловом молодежи минтая в Охотском море

В Западно-Камчатской подзоне ситуация с приловом молоди складывалась гораздо сложнее (см. рис. 2, а), так как за период промысла здесь не наблюдалось ни одного траления, размерный состав улова которого соответствовал бы требованиям «Правил рыболовства» по прилову молоди. Четверть тралений имела прилов молоди от 30 до 40%. Так же из общего ряда выделяются группы тралений с приловом молоди 60–70% и 80–90%, доля каждой этой группы составляет 18,8%.

Резкое отличие по прилову молоди наблюдалось в локальных районах промысла в Северо-Охотоморской подзоне. Так, если на западе подзоны (см. рис. 2, в) тралений с приловом молоди менее 50% не отмечено вообще, а 61,8% уловов содержал 80–90% молоди, более 20% тралений имели прилов минтая непромысловой длины от 70 до 80%, а в 11,8% тралений прилов превышал 90%, то на востоке подзоны (см. рис. 2, г) 15,6% тралений содержали в улове менее 20% молоди и соответствовали требованиям «Правил рыболовства». В таком же количестве тралений прилов не превышал 30%. Тем не менее 54,6% тралений имели прилов непромысловых рыб от 40 до 70%, а 5,2% уловов содержали более 90% молоди, что нельзя признать удовлетворительным. Если обратиться к гистограмме на рис. 2, д, где результаты тралений за весь период промысла объединены по всему Охотскому морю, то видно, что прилов молоди, соответствовавший действующим «Правилам рыболовства» наблюдался в менее четверти уловов (24,5%). Группы тралений с другим процентным содержанием рыб непромысловой длины не столь резко отличаются по количеству от отдельных локальных районов и имеют характер нисходящей регрессии от тралений с меньшим приловом к большему.

Известно, что одной из важнейших характеристик промысла является средняя длина рыб в улове [Трещев, 1974]. Очевидно, что средняя длина минтая в улове зависит от величины прилова молоди. Анализ полученного материала показал, что такая зависимость существует (рис. 3) и описывается логистической кривой следующего вида:

$$y = 5,514 \cdot 10^{-3} + \frac{106,6}{1 + 3,362 \cdot 10^{-8} \cdot e^{0,4607x}}$$

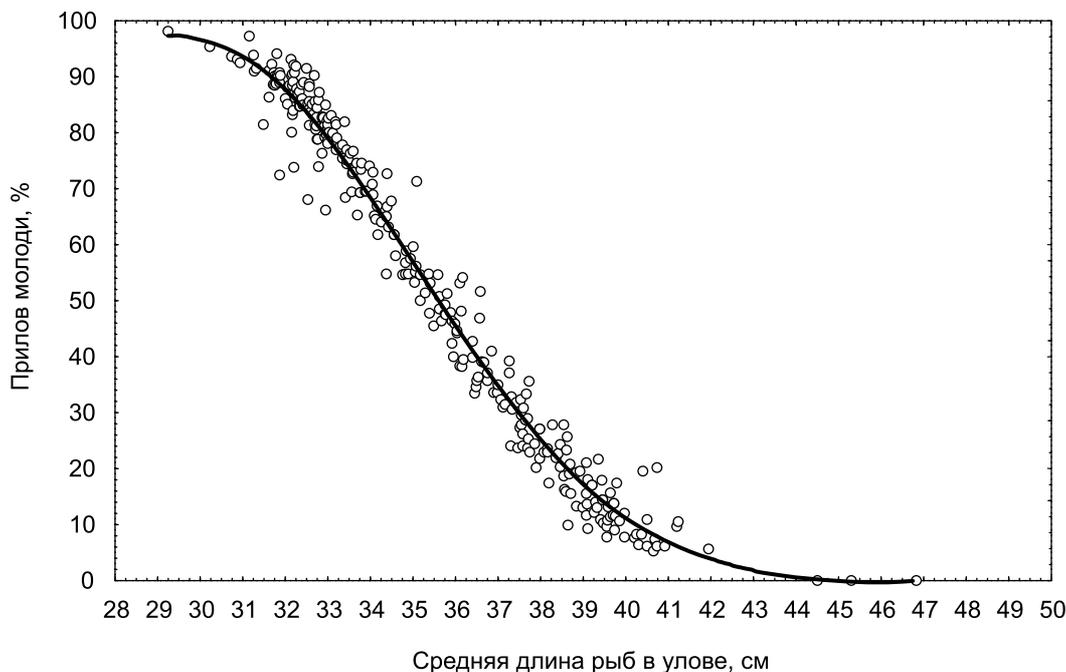


Рис. 3. Зависимость среднего размера минтая в улове от величины прилова молоди

Коэффициент корреляции между двумя этими величинами составляет 0,99, т.е. эту взаимосвязь можно считать статистически достоверной. Из графика на рис. 3 можно видеть, что прилову молоди в 20% соответствует средняя промысловая длина рыб в уловах не менее 38,5 см. При меньшем среднем размере минтая в улове прилов молоди будет заведомо выше допустимого предела.

## Выводы

В путину 2002 г. наилучшая промысловая обстановка на минтае складывалась в восточной части Северо-Охотморской подзоны. На основании полученных данных представляется обоснованным объединение Камчатско-Курильской и Западно-Камчатской подзон при промысле минтая.

Результаты анализа прилова молоди минтая в Охотморской экспедиции 2002 г. показывают, что современный селективный уровень специализированного промысла минтая чрезвычайно низок и не обеспечивает размерный состав уловов промысловых судов в соответствии с требованиями существующих «Правил рыболовства». При имеющемся размерно-возрастном составе скоплений минтая в основных районах промысла Охотского моря необходимо повысить селективный уровень специализированного промысла минтая.

Предпочтительным путем повышения селективного уровня промысла является направление разработки специальной техники промысла минтая за счет реализации биотехнического подхода к технике промысла, через использование особенностей поведения объекта, образования промысловых скоплений по пути создания специализированных тралов и траловых мешков, которые способны облавливать в скоплениях крупноразмерных рыб. Использование таких тралов, оснащенных селективными устройствами, позволит значительно повысить селективный уровень специализированного промысла минтая, будет способствовать сохранению молоди, в частности, и всей популяции в целом.

Между средним размером минтая в уловах и приловом молоди существует высоко достоверная зависимость ( $r = 0,99$ ), обусловленная сложившейся размерно-возрастной структурой промыслового стада в Охотском море в 2002 г. и современным уровнем селективности.

## Литература

- Трещев А.И. 1974. Основы селективного рыболовства.— М.: Пищевая промышленность.— 416 с.  
Шевцов С.Е. и др. 1986. Селективность орудий рыболовства как фактор формирования оптимальной размерно-возрастной структуры стада рыб (на примере балтийской сельди *Clupea harengus membras* L.) // Динамика численности промысловых рыб.— М.: Наука.— С. 92–102.  
Ефанов S.F. 1981. Herring of the Gulf of Riga: the problem of escapement and mechanical impact of the trawl. ICES, C.M. N. 7.— P. 16.

УДК 639.2.081.117:639.223.5

---

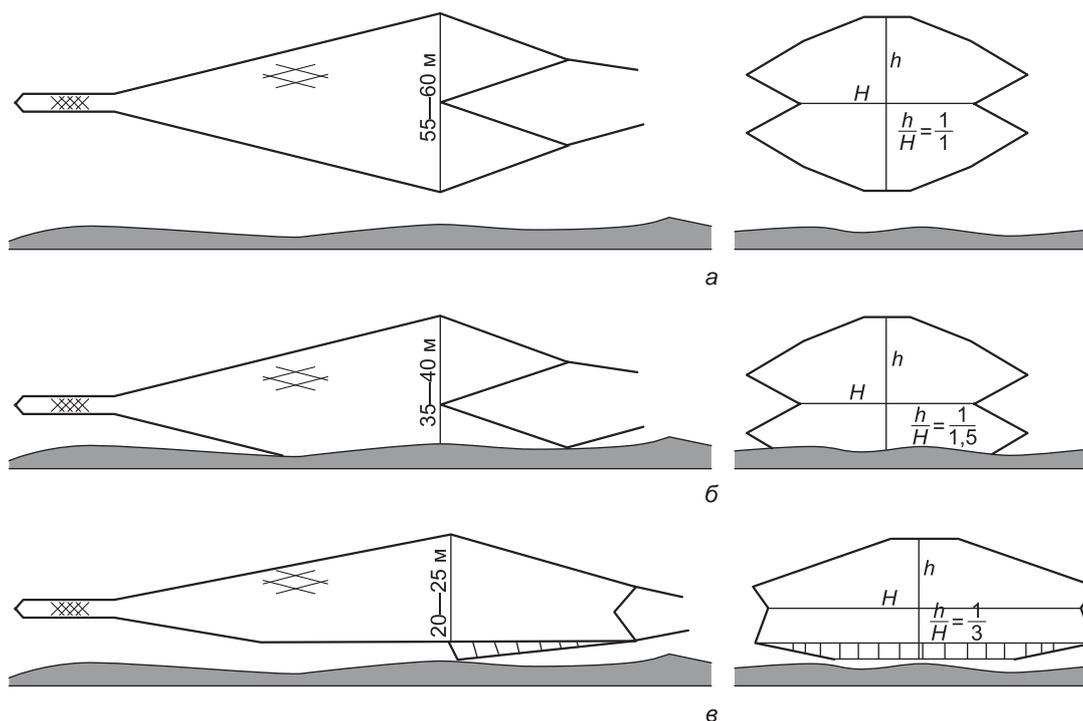
## Ресурсосберегающая технология промысла минтая

А.И. Шевченко, С.Э. Астафьев, В.М. Волотов  
(ТИНРО-центр);  
В.А. Татарников (ВНИРО)

Рыболовство по своему характеру является процессом избирательным (селективным), т.е. способным изымать из промысловых запасов как определенную часть рыб разных видов из облавливаемого скопления особей смешанной популяции, так и определенного размерного состава особей из одновидовой популяции [Трещев, 1974].

Отбирающая способность промысла разделяется на селекцию, обусловленную спецификой ведения промысла (виды и способы лова в пространстве и времени, уровень и степень поиска концентраций) и промыслово-биологическими особенностями объектов лова (ареал обитания на разных стадиях их жизненного цикла, направление и протяженность миграций, периоды образования плотных скоплений, уязвимость по отношению к промыслу, способность определенным образом реагировать на различные естественные и искусственные раздражители), и селекцию, производимую используемыми орудиями лова. В свою очередь специфика промысла и промыслово-биологические особенности объектов лова при ведении рационального рыболовства неотделимы друг от друга и лежат в основе его внешней селекции, выражающей собой закономерности отбора объектов для облова. Селективность орудий лова, дифференцированный отбор особей из числа попавших в их накопитель также входят в общее понятие «селективность рыболовства», являясь его «внутренней» составной частью. Однако это совершенно разные процессы. Как следует из вышесказанного, одним из факторов селективного рыболовства является биотехническая особенность промысла. Применительно к минтаю это заключается в использовании природного фактора обитания и высокой концентрации его старших возрастных групп в непосредственной близости от грунта.

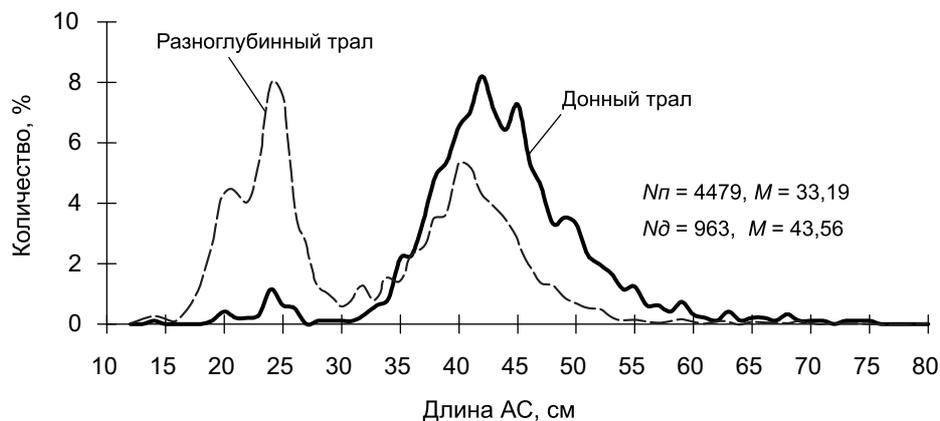
Анализируя технику современного тралового промысла минтая, можно видеть, что лов минтая осуществляется тралами, предназначенными для работы в разноглубинном варианте. Однако минтай в традиционных районах промысла Охотского моря облавливается в придонных горизонтах, и разноглубинные тралы присаживаются на грунт с деформацией входного устья трала на 30–50%, что позволяет облавливать более крупных особей (рис. 1).



**Рис. 1.** Схема работы разноглубинного трала: *а* – в пелагиали; *б* – его присаженный на грунт вариант; *в* – работа специализированного трала

Для изучения закономерности распределения минтая различных размерных групп около грунта и на грунте была выполнена серия экспериментальных тралений донным и разноглубинным тралами. Оба трала имели в траловых мешках мелкоячеистую вставку. Во время исследований использовался метод чередующихся тралений [Трещев, 1974] и методики ВНИРО для сбора данных и обработки результатов [Сергеев, 1973; Трещев и др., 1983].

Анализируя размерный состав уловов минтая, полученного из донного и разноглубинного тралов (рис. 2), можно сделать вывод о том, что максимальный прилов молоди наблюдается при использовании разноглубинного.



**Рис. 2.** Размерный состав минтая при тралениях разноглубинным и донным тралами в Охотском море

На основании результатов экспериментальных работ были обоснованы исходные данные для разработки конструкции специализированного трала при промысле крупноразмерного минтая:

- вертикальное раскрытие 20–25 м;
- горизонтальное раскрытие трала соотносится с вертикальным раскрытием не менее как 3:1;
- нижняя пластина трала должна идти параллельно грунту и иметь угол атаки сетного полотна  $0^\circ$ ;
- оснастка нижней подборы обеспечивает плотное прилегание нижней подборы к грунту и производит минимальное воздействие на грунт.

По приведенным выше исходным данным была разработана техническая документация и построена экспериментальная конструкция трала для специализированного промысла крупноразмерного минтая.

Предлагаемая тактика промысла специализированным тралом показана на рис. 1, в.

Результаты сравнительных испытаний специализированного и промыслового тралов приведены в табл. 1.

Таблица 1

**Сравнительные характеристики тралений специализированного и промыслового тралов при чередующихся тралениях**

Параметры тралений	Разноглубинный трал 154/700 м (контрольный)	Специализированный трал 174/468 м (экспериментальный)
Скорость траления, м/сек	2,2–2,3	2,2–2,3
Агрегатное сопротивление траловой системы, тс	7,5–8,0	5,5
Горизонтальное раскрытие, м	60–70	70–80
Вертикальное раскрытие, м	45–50	25–30
Количество тралений	6	6
Улов на ч траления, т	22,4	18,7
Средний размер, см	38,59	40,01
Содержание молоди менее 32 см (АС), %	10,1	0,8
Содержание молоди менее 37 см (АС), %	32,9	19,6

Представленные данные показывают увеличение среднего размера минтая в ловах специализированного трала 174/468 м на 1,42 см и уменьшение прилова молоди минтая (менее 37 см по АС) на 13,3% до уровня требований «Правил рыболовства».

Кроме того, из табл. 1 следует: при одних и тех же условиях агрегатное сопротивление экспериментального трала по сравнению с промысловым снижается на 30%, что позволяет снизить энергозатраты и использовать на промысле суда, имеющие менее мощные силовые установки, и вести промысел минтая на глубинах, ранее для них недоступных.

Как уже указывалось, селективность орудий лова заключается в дифференцированном отборе особей из числа попавших в накопитель, в данном случае – траловый мешок. Уровень селективности тралового мешка определяется как параметрами внутренней и внешней геометрии тралового мешка, размера ячеи, ее рабочей формы, материала, длины и периметра мешка, так и размерным составом рыб облавливаемого стада. Повышение селективного уровня промысла минтая и как следствие снижение процента прилова маломерных рыб за счет простого увеличения ячеи в траловом мешке, как правило, ведет также к потерям рыб промысловых размеров.

В настоящее время на промысле минтая применяются траловые мешки с трехслойной структурой сетной оболочки. Первый слой тралового мешка – рубашка является рабочей частью, обеспечивающей селективный отбор объекта промысла. Второй и третий слои служат для сохранения рабочей формы и увеличения прочности тралового мешка. В каждом последующем слое размер ячеи в два раза превышает предыдущий.

Используемая трехслойная структура оболочки не оптимальна, так как в ней происходит блокирование ячей удерживающего слоя дели канатами силового покрытия и сокращается число свободных ячей, через которые возможен выход рыб. Очевидно, что траловый мешок, имея двухслойную или однослойную структуру удерживающей оболочки по всей площади, будет обладать значительно лучшими селективными качествами.

На рис. 3 представлены два варианта расположения трех слоев сетной оболочки тралового мешка относительно друг друга. В первом случае (см. рис. 3,а) показан вариант идеального расположения трех слоев дели, когда отбор объекта промысла обеспечивают все ячеи рубашки тралового мешка. Если рассмотреть элементарный участок тралового мешка, соответствующий участку, околонтурному одной ячейе силового покрытия, то в селективном отборе обловленных рыб участвует 16 ячей основной удерживающей оболочки тралового мешка.

Во втором случае (см. рис. 3,б) представлено наиболее неудовлетворительное расположение трех слоев сетной оболочки тралового мешка со смещением силового покрытия и каркаса. При таком расположении сетных оболочек на элементарном участке отбор рыб обеспечивает лишь одна ячей основной удерживающей оболочки тралового мешка, а отбирающая способность тралового мешка снижается в 16 раз.

В других вариантах, когда смещение сетных оболочек по отношению друг к другу меньше, в селективном отборе может участвовать либо 8 ячей, либо 4 ячеи. При этом отбирающая способность тралового мешка уменьшается в 2–4 раза.

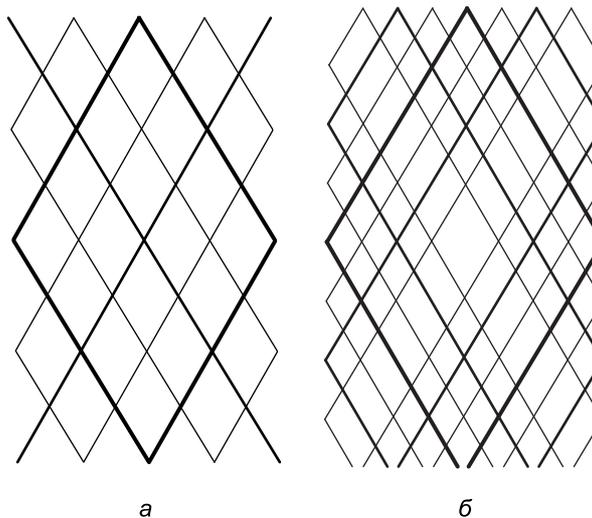
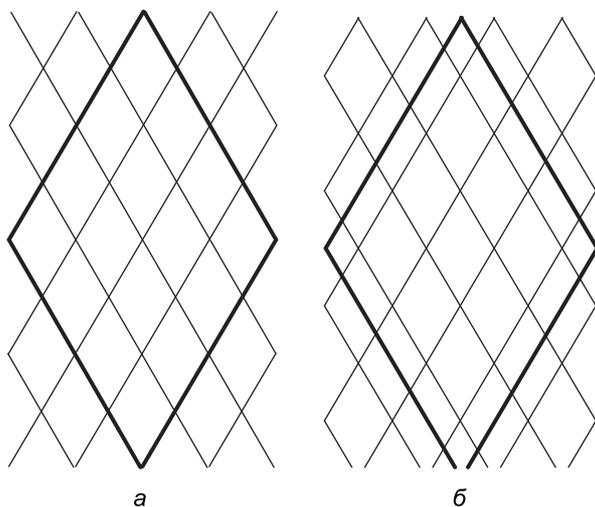


Рис. 3. Изменение селективных качеств тралового мешка с трехслойной структурой: а – работают 16 ячей, б – работает одна ячей

С учетом выше сказанного была сделана попытка увеличения отбирающих свойств тралового мешка на промысле минтая путем удаления одного слоя силовой оболочки с размером ячеей, превышающем размер ячеей основного сетного полотна в два раза. При этом конструкция имеет двухслойную структуру, состоящую из основного слоя сетного полотна и силового покрытия в соотношении 1:4 размеров их ячеей (рис. 4).



**Рис. 4.** Изменение селективных качеств тралового мешка с двухслойной структурой: *а* – работают 16 ячеей, *б* – работает 9 ячеей

В такой конструкции при совмещении нитей основного сетного полотна и силового покрытия создается наиболее благоприятный режим для отсева. В этом случае селективный отбор на элементарном участке обеспечивают 16 ячеей основного сетного полотна тралового мешка (см. рис. 4,*а*). При смещении силового покрытия относительно основного сетного полотна в селективном отборе участвуют 9 ячеей (см. рис. 4,*б*). Аналогичные результаты получаются и при других вариантах смещения. Иными словами, в отборе рыб при двухслойной структуре тралового мешка будет участвовать не менее 57% площади его оболочки при любом смещении силового покрытия относительно основного сетного полотна. При сравнении траловых мешков с трехслойной и двухслойной структурой со смещением сетных оболочек относительно друг друга отбирающая способность тралового мешка с двухслойной структурой сетной оболочки возрастает в 3–12 раз по сравнению с трехслойной структурой.

На основании полученных данных совместно со специалистами ПЭБ (г. Находка) была разработана специализированная конструкция двухслойного тралового мешка, который имеет один слой основной дели и один слой силовой рубашки с соотношением размеров ячеей 1:4.

Результаты проведенных серий чередующихся тралений промыслового и экспериментального траловых мешков представлены в табл. 2.

Таблица 2

**Характеристика уловов минтая по серии сравнительных тралений траловыми мешками с различным силовым покрытием**

Параметры тралений	Промысловый траловый мешок (три слоя)	Двухслойный траловый мешок	Промысловый траловый мешок (три слоя)	Двухслойный траловый мешок
	С селективной вставкой		Без селективной вставки	
Улов на час, т	30,4	20,7	20,0	11,4
Уменьшение уловистости, раз		1,5		1,7
Средний размер, см	35,0	37,0	36,5	38,1
Молодь до 37 см, %	66,0	47,9	52,9	38,1
Уменьшение прилова		1,4 раза		1,4 раза

Представленные в таблице данные характеризуют эффективность использования на промысле минтая тралового мешка с одним слоем силового покрытия с шагом ячеей, превышающий шаг ячеей основной дели мешка в четыре раза (в на-

шем случае,  $a = 240$  мм). Освобождая большее количество ячеек основного удерживающего сетного полотна тралового мешка для свободного выхода из него рыб непромысловых размеров, можно добиться снижения прилова маломерного минтая в 1,4 раза как при использовании на промысле селективных вставок, так и без нее. Отсутствие существенного эффекта от использования селективной вставки при эксплуатации двухслойного тралового мешка, по нашему мнению, объясняется повышением фильтрующей способности мешка, снижением обратного гидродинамического подпора и как следствие отсутствием «выброса» маломерных рыб в районе селективной вставки.

Рассмотренная ресурсосберегающая технология промысла, использующая внешние и внутренние факторы селекции рыболовства, позволит повысить его селективный уровень, а после авторской доработки и введения ее в «Правила рыболовства», несомненно, уменьшит масштаб негативного влияния промыслового пресса на ресурсы минтая.

#### Литература

- Сергеев Ю.С.* 1973. Оценка промысловых качеств тралов.— М.: Пищевая промышленность.— 40 с.
- Трецов А.И.* 1974. Научные основы селективного рыболовства.— М.: Пищевая промышленность.— 446 с.
- Трецов А.И. и др.* 1983. Методические указания по сбору данных по селективности тралов и травматической гибели рыб, прошедших сквозь ячейку тралового мешка.— М.: ВНИРО.— 20 с.

УДК 639.2.081.11

---

## Сравнительный анализ результатов ловов икры и личинок минтая сетями ИКС-80 и Бонго

*С.С. Григорьев (Камчатский филиал  
Тихоокеанского института географии  
ДВО РАН)*

### Введение

Одним из основных методов определения численности промысловых рыб и прогнозирования колебаний их запасов с целью ведения рационального промысла является метод ихтиопланктонных съемок. Так, с помощью регулярных ихтиопланктонных съемок в течении нескольких десятилетий учитывается численность икры и личинок минтая — наиболее многочисленного промыслового вида в северной части Тихого океана. Результаты этих съемок также использовались для оценки численности основных промысловых видов камбал [Grigorev, Fadeev, 1995].

В северо-западной части Тихого океана ихтиопланктонные съемки по учету численности икринок и личинок минтая выполняются российскими исследователями с помощью вертикальных ловов ихтиопланктонной конической сети ИКС-80 с диаметром входного отверстия 80 см без применения счетчика потока. В северо-восточной части Тихого океана учет численности этого вида осуществляется американскими исследователями с применением косых ловов двойной сети Бонго с диаметром входного отверстия 60 см и с использованием счетчика потока и прибора глубины погружения сети. В течение ряда лет в различных районах северо-восточной части Тихого океана выполнялись совместные советско-американские ихтиопланктонные съемки с применением данных орудий лова. Однако

до настоящего времени в литературе отсутствуют сведения, которые позволили бы ответить на вопрос: какое из сравниваемых орудий лова является более результативным?

Для получения объективной информации было бы полезно сопоставить разнокачественный материал, собранный с помощью различных орудий лова. Идея сравнительного анализа принадлежит д-ру биол. наук Н.С. Фадееву, который любезно согласился предоставить материалы, положенные в основу данной статьи. Предварительные результаты данного исследования в кратком виде ранее представлялись на конференции по промысловому прогнозированию [Григорьев, 1995].

Методические исследования сравнительного анализа материалов, собранных вертикальным и поверхностным способами лова сети ИКС-80, были выполнены в 1980-е гг. [Булатов, 1982].

### **Материал и методика**

В работе использованы результаты двух ихтиопланктонных съемок, выполненных весной 1988 и 1991 гг. в юго-восточной части Берингова моря (от Бристольского залива до о. Унимак) над районами шельфа и свала. Учитывались только станции с результативными ловами и выполненные в близкие сроки. Влияние метеоусловий на результаты не учитывалось.

В период с 11 по 25 апреля 1988 г. на НИС «Дарвин» были выполнены ихтиопланктонные исследования, использованы данные 42 станций. Вторая съемка была выполнена в более позднее время – с 13 апреля по 8 мая 1991 г. на НИС «Млечный Путь», использованы данные также 42 станций.

Методика сбора материала была стандартной. Сетью ИКС-80 выполнялся один вертикальный лов от глубины 200 м до поверхности, на меньших глубинах – от дна до поверхности. Сетью большое Бонго (MARMAR) выполнялся «косой» лов в течение 15 мин., максимальная глубина погружения сети достигала 300 м. Глубина погружения сети ИКС-80 определялась с учетом угла отклонения троса. Ихтиопланктонные пробы для анализа брались автором из одного сетного мешка двойной сети Бонго, а из другого – американскими исследователями. Результаты количественного и качественного состава уловов по американским пробам были любезно предоставлены д-ром А.В. Кендалом (США).

Для более корректного сравнения количество икры и личинок, отмеченное разными орудиями лова, приводилось к стандартной единице площади – 1 м<sup>2</sup>. Для вертикальных ловов сети ИКС-80 с площадью входного отверстия 0,5 м<sup>2</sup> количество пойманных на станции икры и личинок умножалось на два. При пересчете уловов сетей Бонго на единицу площади использовался стандартный фактор лова, учитывающий диаметр входного отверстия сети, глубину ее погружения, объем профильтрованной воды.

Пробы ихтиопланктона, собранные сетью ИКС-80, разбирались и обрабатывались в морских условиях, а пробы из сети Бонго – на берегу, в ТИНРО-центре. Математическая обработка данных выполнена на компьютере с применением пакета статистических программ «STATGRAPHICS». Для сравнения принимались во внимание только икра и личинки минтая, прочие виды не учитывались из-за их малочисленности в уловах.

### **Результаты**

Сопоставление фактических уловов икры и личинок показало, что уловы сети Бонго, профильтровывавшей больший объем воды, чаще превышали уловы сети ИКС-80. Средние уловы сетью Бонго в целом оказались выше, кроме одного случая с икрой, отмеченного на НИС «Млечный путь» (табл. 1).

Однако фактические абсолютные уловы данных орудий лова не вполне подходят для сравнения, так как уловы сетью Бонго в каждом случае зависели от условий, выраженных стандартным фактором лова. Поэтому для получения достоверного сравнения результатов, полученных с использованием разных типов сетей,

Таблица 1

**Сравнительная характеристика уловов икринок и личинок минтая сетями ИКС-80 и Бонго**

Показатели	НИС «Дарвин»				НИС «Млечный путь»			
	Икра		Личинки		Икра		Личинки	
	ИКС-80	Бонго	ИКС-80	Бонго	ИКС-80	Бонго	ИКС-80	Бонго
Количество ловов	39	39	39	39	34	34	23	23
Наибольший улов, экз.	4932	13637	579	3432	59563	18368	6	49
Средний улов, экз.	655	1932	34	367	2001	859	0,7	4,3

используем расчетные плотности икринок и личинок на стандартную единицу площади — количество в экземплярах под 1 м<sup>2</sup>.

Для материалов НИС «Дарвин» среднее значение выборки по икре минтая примерно одинаково для каждого из орудий лова. Однако средняя плотность личинок по данным сети ИКС-80 почти в три раза ниже, чем по данным сети Бонго как для российских, так и для американских проб (табл. 2; рис. 1, 2).

Таблица 2

**Статистика результатов ловов икринок и личинок минтая сетями ИКС-80 и Бонго (российские и американские данные) на НИС «Дарвин» в 1988 г., экз/м<sup>2</sup>**

Показатели	Бонго (Россия)	Бонго (США)	ИКС-80
<b>Икра</b>			
Среднее значение	911,821	804,476	874,571
Стандартное отклонение	1690,41	1462,59	1935,24
Ошибка среднего	260,836	225,682	298,614
<b>Личинки</b>			
Среднее значение	182,029	171,574	63,476
Стандартное отклонение	464,058	396,91	202,674
Ошибка среднего	71,6057	61,2446	31,2733

В материалах НИС «Млечный Путь» на станции с наибольшими уловами икринок величина их плотности, рассчитанная по данным сети ИКС-80, оказалась почти на порядок выше. Средние значения плотности икринок, по данным ИКС-80, были в несколько раз больше, чем по данным сети Бонго; тогда как для личинок получены сходные значения (табл. 3; рис. 3, 4).

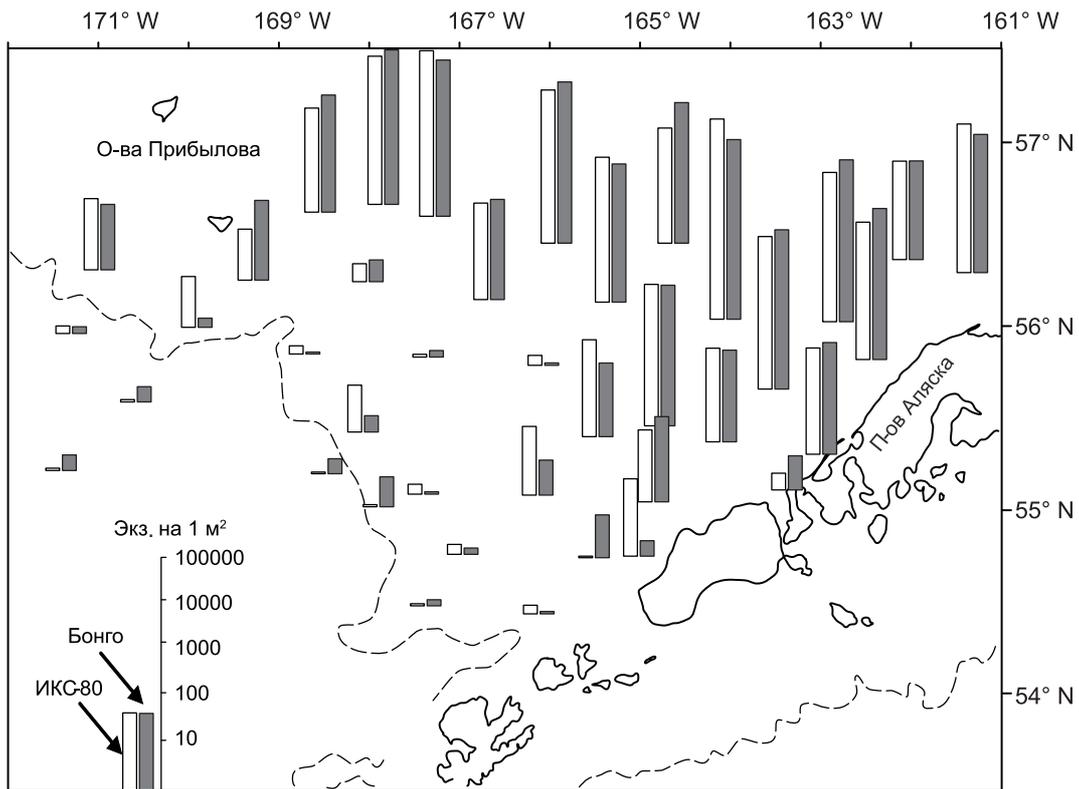
Таблица 3

**Статистика результатов ловов икринок и личинок минтая сетями ИКС-80 и Бонго на НИС «Млечный Путь» в 1991 г., экз/м<sup>2</sup>**

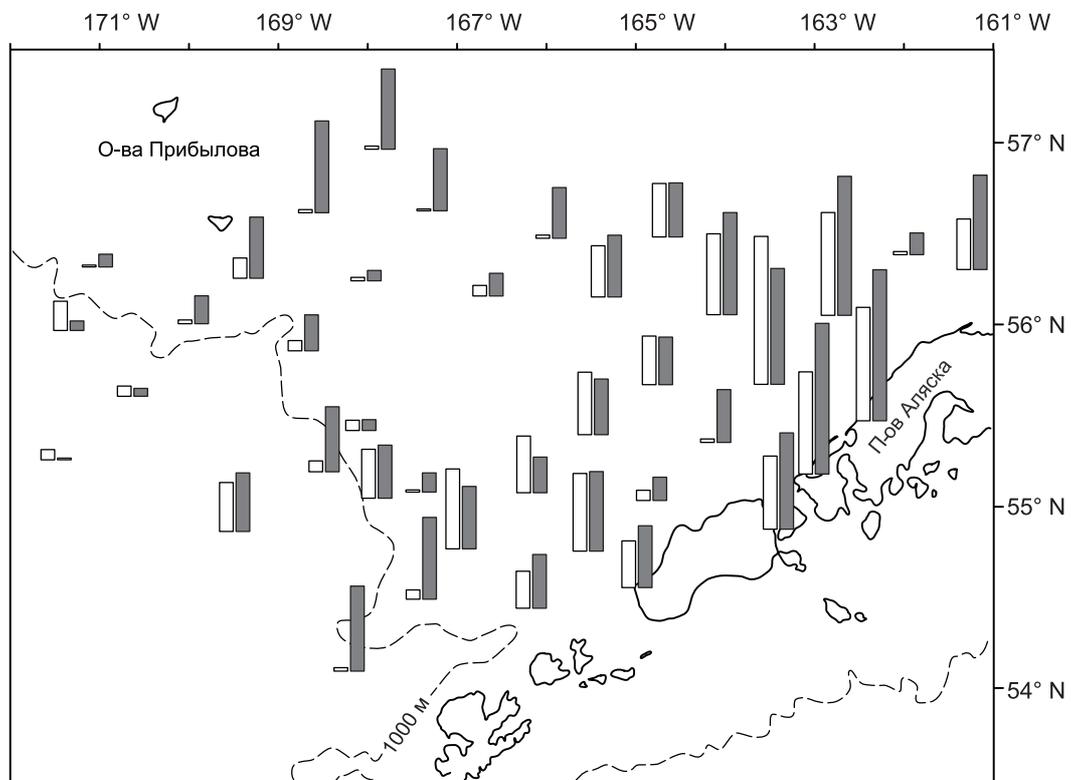
Показатели	Икра		Личинки	
	Бонго	ИКС-80	Бонго	ИКС-80
Среднее значение выборки	394,384	2668,39	0,992	0,745
Стандартное отклонение	1814,76	16697,7	2,317	2,077
Ошибка среднего	254,117	2338,14	0,3244	0,2908

Представленные в табл. 2, 3 основные статистические показатели свидетельствуют о разнокачественности данных и неоднородности их по отношению к нормальному распределению.

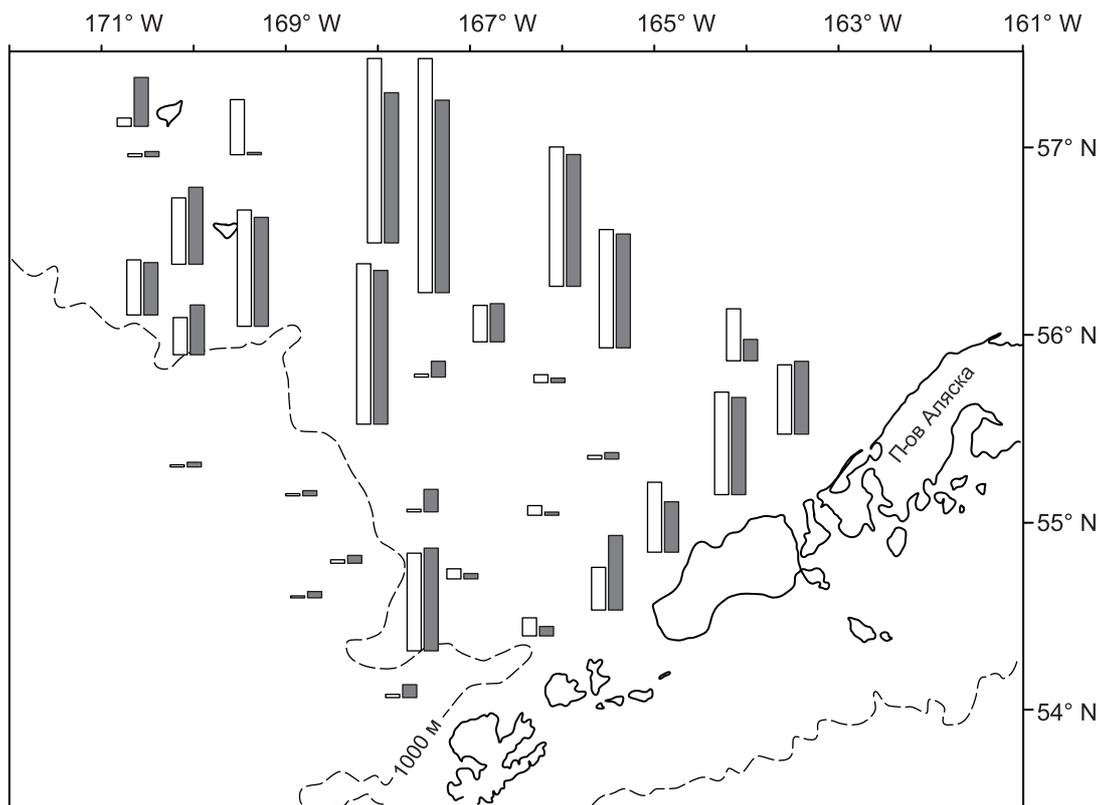
Графическое оформление тех же данных [Myer, Kendall, 1994] с добавлением американской части парных проб Бонго представлено на рис. 5. Кроме того,



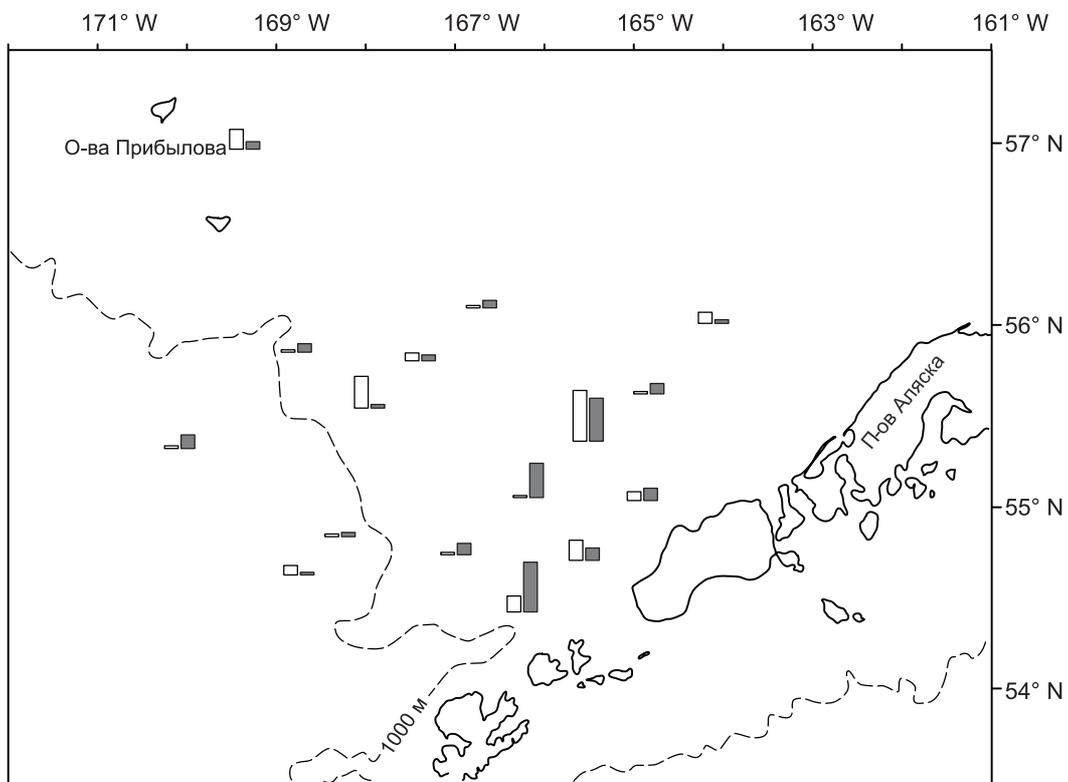
**Рис. 1.** Распределение сравнительных ловов икры минтая (экз./м<sup>2</sup>) в юго-восточной части Берингова моря (по логарифмической шкале). НИС «Дарвин», 11–25 апреля 1988 г. Положение станций в основаниях пар прямоугольников



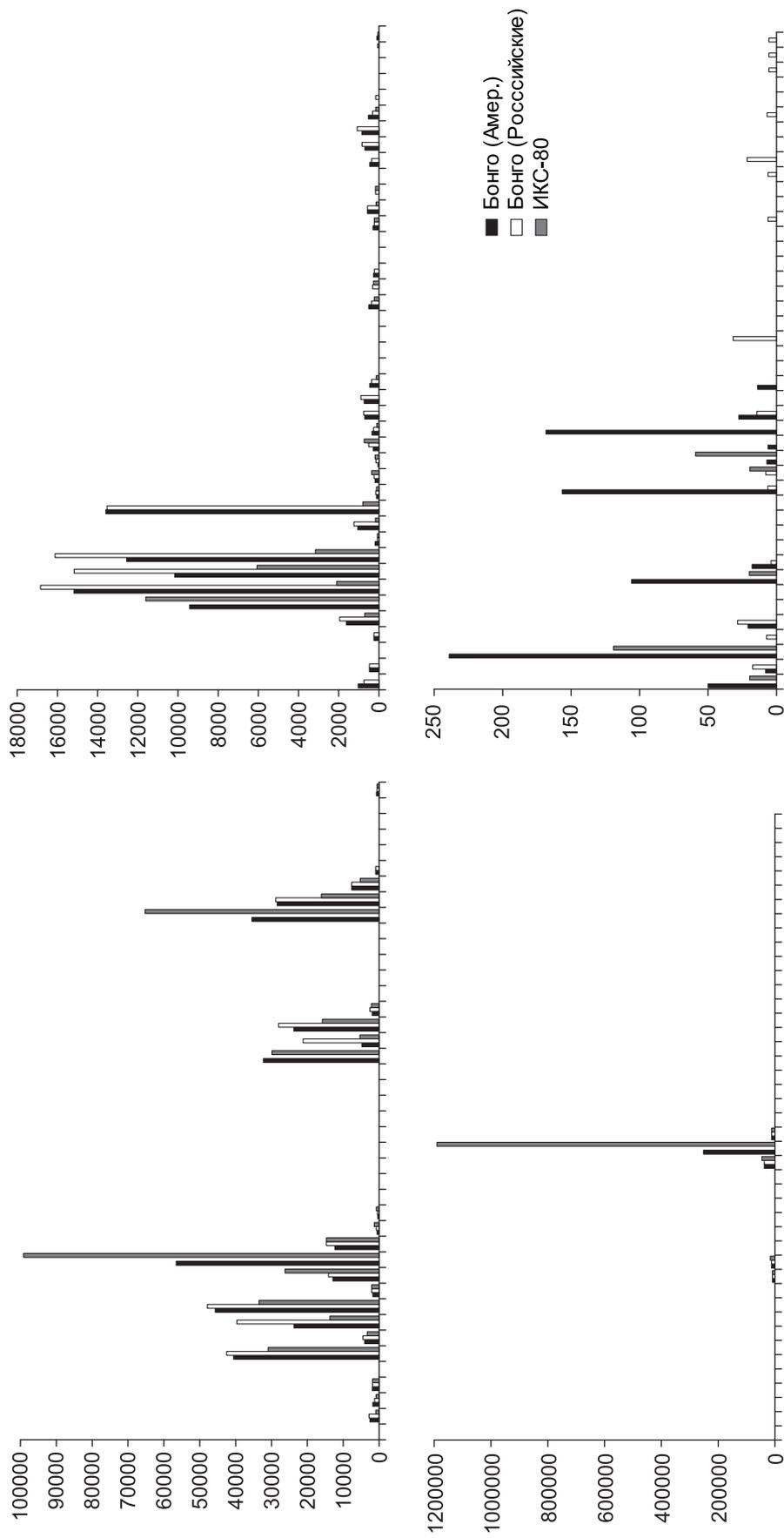
**Рис. 2.** Распределение сравнительных ловов личинок минтая (экз./м<sup>2</sup>) в юго-восточной части Берингова моря (по логарифмической шкале). НИС «Дарвин», 11–25 апреля 1988 г. Обозначения, как на рис. 1



**Рис. 3.** Распределение сравнительных ловов икры минтая (экз/м<sup>2</sup>) в юго-восточной части Берингова моря (по логарифмической шкале). НИС «Млечный Путь», 13 апреля – 8 мая 1991 г. Обозначения, как на рис. 1



**Рис. 4.** Распределение сравнительных ловов личинок минтая (экз/м<sup>2</sup>) в юго-восточной части Берингова моря (по логарифмической шкале). НИС «Млечный Путь», 13 апреля – 8 мая 1991 г. Обозначения, как на рис. 1



**Рис. 5.** Американское представление данных по сравнительной уловистости сетей ИКС-80 и Бонго [по Мур, Кендалл, 1994]. По вертикали: уловы экз. икринок и личинок в пересчете на 10 м<sup>2</sup> поверхности моря, по горизонтали: ихтиопланктонные станции в порядке выполнения

уловы пересчитаны на 10 м<sup>2</sup> в соответствии с принятой в США системой учета икринок и личинок. На этом рисунке в сравнении показаны на каждой станции уловы обеих частей парных сетей Бонго и уловы ИКС-80. Заметно, что уловы, полученные на одних и тех же станциях практически одновременно, иногда существенно различаются. Причем, различаются даже уловы из двух смежных сетей, образующих Бонго. Уловы Бонго и ИКС-80, пересчитанные на единицу площади, иногда различались очень значительно, но стабильного преобладания уловов какой-либо из сетей не выявлено.

При сравнении результатов ловов необходимо иметь в виду, что сравниваемые материалы обрабатывались разными специалистами в различных условиях. Так, общее количество икринок и личинок в уловах сети ИКС-80 подсчитывалось в полевых, а в уловах сети Бонго – в лабораторных условиях. В данном случае невозможно учесть влияние различных условий обработки на полученные результаты, но существующий субъективный фактор, влияющий на результаты обработки, можно проверить путем сопоставления результатов парных проб Бонго, полученных российскими и американскими учеными на НИС «Дарвин».

Для оценки достоверности сходства между результатами ловов использовали обычно применяемую в биометрии нулевую гипотезу (H<sub>0</sub>) на 5-процентном уровне значимости [Урбах, 1964, Лакин, 1980, Готов и др., 1982], а для проверки нулевой гипотезы использовался двухвыборочный *t*-критерий (критерий Стьюдента) (табл. 4).

Таблица 4

**Результаты двухвыборочного анализа российских и американских уловов икринок и личинок сетями Бонго («Дарвин», 1988 г.), экз/м<sup>2</sup>**

Показатели	Икра	Личинки
Число наблюдений	42+42=84	42+42=84
Среднее значение	911,8+804,5=858,1	182,0+171,6=176,8
Дисперсия	2,857+2,139=2,498	215350+157538=186444
Стандартное отклонение	1690+1463=1581	464,1+396,9=431,8
Тест гипотезы (H <sub>0</sub> )		
Вычисленная статистика	0,311	0,111
Уровень значимости	0,756	0,912
Нулевая гипотеза	Не отвергается	Не отвергается

Как следует из табл. 4, нулевая гипотеза, подразумевающая отсутствие различия между сравниваемыми величинами, не отвергается ни для икры, ни для личинок. Следовательно, разница между результатами, полученными при обработке парных проб Бонго различными специалистами статистически недостоверна, и незначительные различия между ними носят случайный характер. Таким образом, субъективным фактором влияния различных специалистов на результаты обработки можно пренебречь, и в дальнейшем для сравнительного анализа можно использовать результаты, полученные исключительно российскими специалистами.

Для сравнения плотностей икринок и личинок минтая, рассчитанных по данным различных орудий лова на одних и тех же станциях, использовался также двухвыборочный анализ проверки нулевой гипотезы на 5%-м уровне значимости с помощью критерия Стьюдента (табл. 5).

Результаты показали, что нулевая гипотеза по общепринятым критериям ее проверки не отвергается ни в одном случае, что означает отсутствие достоверных различий между сравниваемыми выборками. Следовательно, различия между плотностями икры и личинок, полученными с помощью сетей ИКС-80 и Бонго, носили скорее случайный характер. Приведенная выше статистика показала несоответствие «нормальному» распределению данных, что требует дополнительного анализа парных наблюдений с учетом индивидуальности условий при выполнении каждой пары сравниваемых ловов.

Таблица 5

**Результаты двухвыборочного анализа уловов сетей ИКС-80 и Бонго по данным НИС «Дарвин» в 1988 г. и НИС «Млечный путь» в 1991 г., экз/м<sup>2</sup>**

Показатели	Икра	Личинки
<i>НИС «Дарвин»</i>		
Число наблюдений	42+42=84	42+42=84
Среднее значение	875+911=893	63,5+182,0=122,8
Дисперсия	3,75+2,86=3,30	41077+215350=12821
Стандартное отклонение	1935+1690=1816	202,7+464,1=358,1
Тест гипотезы (H <sub>0</sub> ):		
Вычисленная статистика	-0,09	-1,52
Уровень значимости	0,925	0,133
Нулевая гипотеза	Не отвергается	Не отвергается
<i>НИС «Млечный путь»</i>		
Число наблюдений	51+51=102	51+51=102
Среднее значение	2668+394=1531	0,75+0,99=0,87
Дисперсия	2,79+3,29=1,41	4,31+5,37=4,84
Стандартное отклонение	16698+1814=11877	2,08+2,32=2,2
Тест гипотезы (H <sub>0</sub> ):		
Вычисленная статистика	0,97	-0,57
Уровень значимости	0,34	0,57
Нулевая гипотеза	Не отвергается	Не отвергается

Сравнение плотностей икры и личинок минтая, подсчитанных по результатам ловов двух различных орудий лова, позволит рассчитать переводной коэффициент по следующей формуле:

$$K = N(\text{ИКС}) / N(\text{Бонго}),$$

где  $N(\text{ИКС})$  – плотность икринок или личинок (экз/м<sup>2</sup>), рассчитанная по результатам ловов сетью ИКС-80;  $N(\text{Бонго})$  – плотность икринок или личинок (экз/м<sup>2</sup>), рассчитанная по результатам ловов сетью Бонго.

Для расчета этого коэффициента в случаях отсутствия улова одним из орудий лова плотность условно принималась равной 0,5 экз/ м<sup>2</sup>.

Сводная статистика переводного коэффициента показывает неоднородность его значений. Так, средние значения этого коэффициента, рассчитанные по икре для двух рейсов, показывают превышение плотности по данным сетей ИКС-80 в 1,5–2 раза. Сходный результат показали данные по личинкам в материалах НИС «Млечный Путь», однако в материалах НИС «Дарвин» среднее значение переводного коэффициента показывает более высокие результаты для сетей Бонго. В целом статистические показатели свидетельствуют о большом разбросе данных и отклонении их от «нормального» распределения (табл. 6).

Таблица 6

**Сводная статистика переводного коэффициента для уловов сетей ИКС-80 и Бонго**

Показатели	«Дарвин», 1988 г.		«Млечный путь», 1991 г.	
	Икра	Личинки	Икра	Личинки
Число наблюдений	39	39	35	23
Среднее значение	2,326	0,74	1,583	1,81
Медиана	0,99	0,25	0,83	0,83
Мода	4	0,01	0,71	0,83
Геометрическое среднее	0,993	0,203	0,816	0,94
Дисперсия	21,706	1,97	4,073	7,323
Стандартное отклонение	4,659	1,404	2,018	2,706
Ошибка среднего	0,746	0,223	0,341	0,564
Коэффициент эксцесса	27,574	13,401	6,227	9,278

Для определения достоверности среднего превышения результатов, рассчитанных по данным уловов сетей ИКС-80, использовался одновыборочный  $t$ -критерий (критерий Стьюдента) (табл. 7).

Таблица 7

**Результаты одновыборочного анализа переводного коэффициента  
для уловов сетей ИКС-80 и Бонго**

Показатели	«Дарвин», 1988 г.		«Млечный путь», 1991 г.	
	Икра	Личинки	Икра	Личинки
Число наблюдений	39	39	35	23
Доверительный интервал (для среднего значения)	0,815–3,836	0,285–1,19	0,889–2,276	0,639–2,98
Степени свободы	38	38	34	22
Доверительный интервал (для среднего отклонения)	14,496–36,07	1,316–3,27	2,665–6,995	4,379–14,67
Степени свободы	38	38	34	22
Тест гипотезы (H <sub>0</sub> ):				
Вычисленная статистика	3,117	3,291	4,639	3,207
Уровень значимости	3,47	2,161	5,022	4,065
Нулевая гипотеза	Отвергается	Отвергается	Отвергается	Отвергается

Одновыборочный анализ переводного коэффициента показал систематический характер его различий во всех случаях (нулевая гипотеза отвергается). Таким образом, изменчивость этого коэффициента не позволяет вывести какую-либо достоверную зависимость между уловами сетей ИКС-80 и Бонго.

### Обсуждение результатов

Анализ этих данных со сходной целью был выполнен американцами [Myer et Kendall, 1994]. Используя логарифмическое преобразование данных, они получили нормальное распределение по икринкам и выполнили вариационный анализ, в результате которого взаимосвязь между уловами ИКС-80 и Бонго выразилась уравнением (средним по двум рейсам):

$$LN Y = 0,474 + 0,935 (LN X) \text{ или упрощенно } LN Y = LN X,$$

где  $Y$  – уловы икринок сетью ИКС-80,  $X$  – уловы икринок сетью Бонго.

Результаты американских ученых показывают характер изменений уловов, близкий к прямой зависимости, которая стремится к уравнению  $Y = X$ , что подтверждает отсутствие достоверных различий и совпадает с результатами наших исследований. Однако практическое использование такого уравнения представляется сомнительным, так как гипотетические данные часто будут значительно отличаться от эмпирических по причине «ненормального» распределения действительных данных.

Сравнительный анализ показал, что влияние условий обработки проб на результаты также не имело систематического характера. Разборка проб как российскими, так и американскими исследователями была выполнена на одном качественном уровне.

Исследования выявили, что сетью ИКС-80 улавливается в среднем в 1,5–2 раза больше икры минтая, чем сетью Бонго, тогда как количество улавливаемых личинок было обычно ниже. Сравнительный анализ не выявил достоверного различия между фактическими результатами ловов икры и личинок сетями ИКС-80 и Бонго. Различия относительных уловов сетей ИКС-80 и Бонго можно объяснить как неравномерностью распределения икринок и личинок в воде, так и неточным расчетом объема профильтрованной воды сетью ИКС-80 в результате отсутствия счетчика потока и приблизительного определения угла отклонения троса. Различия в результатах ловов могли быть вызваны в значительной степе-

ни неравномерным распределением икринок и личинок в местах их наибольших концентраций (уровень изменчивости показывают дисперсия, доверительный интервал и стандартное отклонение). Ранее такое явление, получившее название «эффект пятна», было отмечено в Вислинском заливе Балтийского моря Н.В. Красовской и Л.С. Шапиро [1982] для личинок салаки и сельди. Замечено, что это явление отражалось на уловах намного сильнее прочих факторов. Судя по значительной разнице между уловами двух параллельно тралящих частей сети Бонго, размер «пятен» может быть очень маленьким (вероятно, менее 1 м в диаметре).

Различия в значениях относительной численности икринок и личинок, вероятнее всего, были вызваны применением различных способов лова (сетью ИКС-80 выполнялся вертикальный лов, тогда как сетью Бонго – «косой»). Ранее проведенные исследования показали, что в горизонтальном распределении планктона существует неравномерность и могут образовываться крупномасштабные скопления, концентрация планктона в которых на порядки превышает фоновую. Это приводит к тому, что вертикальные ловы часто не дают адекватного представления о составе и концентрации планктона в том или ином районе. Предполагается, что вертикально протягиваемая сеть может случайно или попасть в такое скопление, или пройти мимо него. Хотя считается, что «косой» лов, позволяющий наиболее полно облавливать весь исследуемый слой, дает более достоверные результаты [Билева, 1979; Современные методы ..., 1983], однако выполненным в нашем случае анализом достоверность таких результатов не подтверждена.

Отсутствие достоверных различий (что подтверждается случаями, когда нулевая гипотеза не отвергается) между плотностями икры и личинок, полученными с помощью сетей ИКС-80 и Бонго, показывает допустимость использования простой и удобной в обращении модели ИКС-80, не оборудованной счетчиком потока, для учета численности массовых промысловых рыб на ранних стадиях развития. При этом нужно учитывать, что на результаты ловов оказывает влияние элемент случайности, и не всегда уловы отражают реальную концентрацию икринок или личинок.

Неравномерность распределения икринок и личинок показывает, что применение стандартной сетки для ихтиопланктонных станций не всегда целесообразно. Видимо, частота расположения станций должна изменяться в зависимости от концентрации икринок и личинок, и в местах их наибольшей концентрации необходимо выполнение локальных микросъемок.

## Выводы

1. ИКС-80 более результативна при сборе икры и имеет примерно одинаковые по сравнению с Бонго возможности при сборе личинок. Отсутствие достоверных различий между плотностями икры и личинок, полученными с помощью сетей ИКС-80 и Бонго, показывает допустимость использования простой и удобной в обращении модели ИКС-80 для учета численности массовых промысловых рыб.

2. При выполнении ихтиопланктонных съемок и обработке их результатов отсутствует субъективный подход, так как между сравниваемыми выборками обнаружены статистически недостоверные отличия.

## Литература

*Билева О.К.* 1979. Основные черты сукцессии зоопланктонного сообщества по мере «старения» вод прибрежного апвеллинга в Юго-Восточной Атлантике. Автореф. дис. ... канд. биол. наук.— Севастополь: ИНБЮМ, АН УССР.— 21 с.

*Булатов О.А.* 1982. Сравнительный анализ результатов поверхностных и вертикальных обловов ихтиопланктона сетью ИКС-80 // Биология моря. № 6.— С. 46–49.

*Глотов Н.В. и др.* 1982. Биометрия.— Л.: Наука.— 264 с.

*Григорьев С.С.* 1995. Сравнение результатов ловов икры и личинок минтая сетями ИКС-80 и Бонго // Тезисы докладов IV всероссийской конференции по проблемам промыслового прогнозирования, 4–6 октября 1995 г.— Мурманск: Изд-во ПИНРО.— С. 37–39.

*Красовская Н.В., Шапиро Л.С.* 1982. Факторы, влияющие на уловистость ихтиопланктонной сети // Гидробиологический журнал. Т. 18. № 2.— С. 42–47.

*Лакин Г.Ф.* 1980. Биометрия.— М.: Высшая школа.— 294 с.

*Современные методы* количественной оценки распределения морского планктона. 1983 / Под ред. М.Е. Виноградова.— М.: Наука.— 280 с.

*Урбах В.Ю.* 1964. Биометрические методы.— М.: Высшая школа.— 416 с.

*Шуваев Ю.Д.* 1985. Изменение величины улова сетью ИКС-80 на дрейфовых станциях в зависимости от скорости ветра // *Вопр. ихтиологии*. Т. 25. Вып. 4.— С. 697–699.

*Grigorev S.S., Fadeev N.S.* 1995. Distribution of Alaska plaice, flathead sole, and Bering flounder eggs in the Eastern Bering Sea during April–July, 1988–1990 // *Proceedings of the International Symposium on North Pacific Flatfish, Alaska Grant Sea College Program*.— P. 89–100.

*Myer K., Kendall A.W.* 1994. Comparisons of Soviet and United States ichthyoplankton sampling // *AFCS processed report 94-04, September 1994. NOAA, NMFS. Seattle*.— P. 1–30.

УДК 639.2.053.8

---

## **Состав уловов и возможная схема многовидового прогноза ОДУ в Карагинской подзоне**

*П.А. Балыкин, Д.А. Терентьев (КамчатНИРО)*

### **Введение**

Несовершенство управления биоресурсами состоит, прежде всего, в одновидовом подходе, когда каждый промысел считается специализированным, а все остальные виды считаются приловом (в том числе и являющиеся целевыми видами на других промыслах). Разрешенный прилов рыб, не поименованных в разрешении на промысел, в настоящее время ограничен 2% по весу за промысловое усилие [Правила промысла ..., 1989] без учета реального соотношения видов (изменяющегося в зависимости от нескольких условий). Очевидно, что реальная структура уловов зависит как от состава эксплуатируемых сообществ, так и от селективности применяемых орудий лова. Кроме того, величина и видовой состав прилова изменяются в зависимости от диапазона глубин ведения промысла [Винников, Терентьев, 1999].

Поскольку традиционный одновидовый подход к прогнозированию запасов и величин изъятия объектов промысла в настоящее время себя не оправдывает [Кузнецов, Кузнецова, 1995; Борец, 1997], необходимо определять оптимальный объем общего улова и его состав по видам для каждой конкретной ситуации (сезону, району и глубине промысла). При этом должны учитываться структура и продукционные возможности сообщества, тенденции в их динамике, устойчивость к различным промысловым нагрузкам.

Переход к стратегии рационального многовидового рыболовства требует существенной корректировки действующих «Правил промысла ...» [1989], разработки системы распределения ОДУ, учитывающей структуру уловов на промысле и внедрение разрешительной системы (по районам, типам судов и орудиям лова), при которой в разрешении на промысел учитываются все вылавливаемые виды [Каредин, Храпова, 1998; Каредин, 2000]. Одним из решений может стать механизм сблокированных квот. Для его реализации необходимо иметь объективную информацию о составе и структуре уловов [Пальм, Чикилев, 2000], а также учитывать тип используемого орудия лова [Датский, Батанов, 2000].

Учитывая вышеизложенное, целью настоящей статьи является анализ имеющихся данных с точки зрения возможности перехода к многовидовому прогнозу ОДУ на примере подзоны Карагинская.

## Материал и методика

Материалом для работы послужили данные по количественному и качественному составу уловов, собранные сотрудниками КамчатНИРО на научно-исследовательских и промысловых судах в Карагинской подзоне в 1999–2002 гг. При составлении таблиц были использованы «Обзоры промысловой обстановки в Дальневосточном бассейне» за 2000–2002 гг. ТИПРО-центра, а также данные информационных систем «Рыболовство» и «Мониторинг» 2000–2002 гг.

## Результаты исследований и обсуждение

Карагинская рыбопромысловая подзона включает в себя три залива юго-западной части Берингова моря: Озерной, Карагинский и Олюторский. С юга она граничит с подзоной Петропавловско-Командорской, а на севере примыкает к Западно-Беринговоморской зоне. Оценивая оправданность такого деления с позиций биогеографического районирования, следует признать его довольно удачным, в отличие от некоторых других случаев. Указанные заливы (главным образом Карагинский и Олюторский) являются ареалом или центром ареала практически всех обитающих в районе промысловых морских рыб. Их список по данным 2000–2002 гг. приведен в табл. 1.

Таблица 1  
Видовой и относительный состав уловов в подзоне Карагинская в 2000–2002 гг., по данным «Обзора промысловой обстановки в Дальневосточном бассейне» (ТИПРО-центр)

Объект промысла	Видовой состав улова, т			Относительный состав улова, %
	2000 г.	2001 г.	2002 г.	2000–2002 гг.
Минтай	15140	13564	7651	10,41
Сельдь	78700	81018	51065	60,40
Треска ярус	4640	5283	3421	3,82
Треска трал	9770	8397	6337	7,02
Бычки	2985	1342	1860	1,77
Камбалы	10880	8195	7299	7,56
Окуни	90	129	164	0,11
Палтусы	730	484	747	0,56
Терпуги	254	410	755	0,41
Навага	11210	7906	6974	7,47
Макрусуры	0	680	519	0,34
Корюшки	0	4	0	+
Мойва	10	0	226	0,07
Скаты	48	101	30	0,05
Ерш	1	2	0	+
Ленок	22	1	0	0,01
Угольная	1		4	+
Ликоды	0	13	0	+
Прочие	0	5	0	+
Итого	134481	127534	87052	100,00

\* Менее 0,01 %.

Следует отметить, что относительный вклад Карагинской подзоны в общий объем добычи рыб (включая лососей) в Дальневосточном бассейне в 2000–2002 гг. составлял 6,0; 8,8 и 6,2%, соответственно. Таким образом, район следует считать весьма важным для рыбной промышленности России.

Наибольшее промысловое значение здесь в настоящее время имеет корфо-карагинская сельдь. Доля минтая в общем вылове по сравнению с 2000 г. уменьши-

лась в два раза. С 2001 г. был введен запрет на его специализированный промысел, после чего вторым по значимости видом стала треска. Велика также роль камбал и наваги. Все другие виды рыб вылавливаются в значительно меньшем количестве. Снижение объемов добычи минтая и сельди повлекло за собой сокращение суммарного вылова почти на 50 тыс. т. Положительные тенденции на промысле других видов рыб, гораздо менее численных, не могут компенсировать этих потерь (см. табл. 1).

В настоящее время в Карагинской подзоне можно выделить следующие виды промыслов морских рыб:

- траловый разноглубинный (сельдь);
- снюрреводный (камбала, треска, навага, бычки);
- ярусный (треска).

Из перечисленных к специализированным можно отнести лов сельди; другие промыслы можно считать многовидовыми. Об этом свидетельствуют результаты наблюдений за видовым составом уловов. Располагая информацией о составе улова (табл. 2), можно рассчитать величину заблокированных квот на каждом виде промысла (табл. 3).

Таблица 2

**Видовой состав уловов (% от массы уловов) при разных видах промысла в подзоне Карагинская, по данным морских экспедиционных работ (контрольный лов)**

Промысловый вид	Вид промысла		
	Траловый (сельдь)	Снюрреводный (донные пищевые)	Ярусный (треска)
Сельдь	77,0	–	–
Минтай	21,0	17,8	1,0
Треска	–	21,1	31,2
Навага	–	7,5	–
Мойва	2,0	–	–
Терпуги	–	3,2	8,4
Камбалы	–	41,3	3,7
Палтусы	–	0,3	–
Бычки	–	5,5	3,2
Скаты	–	0,7	9,8
Макрурусы	–	–	20,7
Бельдюги	–	–	0,2
Морские окуни	–	–	18,6
Прочие	–	2,6	3,2

Таким образом, при некоторых видах промысла величина прилова приближается к улову основного вида (ярусный) или даже превосходит его (снюрреводный). Интересно сравнить табл. 3 с аналогичной, составленной по отчетности промысловых судов (см. табл. 4). Хотя в этом случае для двух из трех видов промысла результаты получились скромнее, необходимость выделения «блокированных» квот подтверждается даже данными официальной статистики.

Если не принимать в расчет минтая, сельдь и мойву, при промысле которых обычно применяются пелагические орудия лова, то вероятный состав улова выглядит вполне правдоподобно. Наибольшая разница между табл. 4 и 5 наблюдается либо для неквотируемых видов (прочие), либо для рыб, не пользующихся популярностью у рыбаков: терпуг, бычки, скаты.

Кроме вышеизложенных, по крайней мере на первом этапе, возможен и другой подход, в основу которого положена статистика по изъятию отдельных видов теми или иными орудиями лова.

Простой анализ данных систем «Рыболовство» и «Мониторинг» показывает очевидность разделения промыслов по используемым орудиям лова, обладающим

Таблица 3

**Прилов (т) на 100 т основного вида при разных видах промысла  
в подзоне Карагинская, по данным морских экспедиционных работ (контрольный лов)**

Промысловый вид	Вид промысла		
	Траловый (сельдь)	Снюрреводный (донные пищевые)	Ярусный (треска)
Сельдь	100,0	–	–
Минтай	27,3	43,0	1,7
Треска	–	51,2	100,0
Навага	–	18,2	–
Мойва	2,6	–	–
Терпуги	–	7,7	10,4
Камбалы	–	100,0	–
Палтусы	–	0,7	14,9
Бычки	–	13,3	5,5
Скаты	–	1,6	3,6
Макрурусы	–	–	29,4
Морские окуни	–	–	1,0
Прочие	–	6,3	6,4
Итого	129,9	242,2	173,0

Таблица 4

**Прилов (т) на 100 т основного вида при разных видах промысла  
в подзоне Карагинская по данным «Обзора промысловой обстановки  
в Дальневосточном бассейне» (ТИНРО-центр) за 2001 г.**

Промысловый вид	Вид промысла		
	Траловый (сельдь)	Снюрреводный (донные пищевые)	Ярусный (треска)
Сельдь	100,0	–	–
Минтай	2,6	5,4	2,9
Треска	0,1	71,8	100,0
Навага	–	85,5	–
Мойва	–	2,6	–
Терпуги	–	2,0	10,4
Камбалы	–	100,0	–
Палтусы	–	1,7	6,5
Бычки	–	15,4	5,5
Скаты	–	–	1,6
Макрурусы	–	–	16,1
Морские окуни	–	0,3	3,7
Прочие	–	4,3	–
Итого	102,7	289,0	146,7

определенной селективностью (табл. 6). Выделив виды промысла (по орудиям лова и районам), мы сможем распределить прогнозируемые величины ОДУ по видам рыб исходя из их доли изъятия тем или иным способом лова.

Понятно, что вышеописанная процедура дает адекватное представление о составе улова только при наличии полной информации по всем видам промыслов для всех его специализаций, районов и сезонов. Также вполне очевидно, что достаточная информация имеется далеко не всегда. Поэтому, на наш взгляд, практически значим ответ на вопрос о возможности применения результатов траловых съемок при прогнозировании видового состава уловов. В Карагинской подзоне таковая была выполнена осенью 2002 г. Доля основных промысловых рыб и вероятный состав улова для тралово-снюрреводного промысла с учетом этих данных показаны в соответствующей таблице (см. табл. 5).

Таблица 5

**Видовой состав улова (% от массы уловов) по данным донной траловой съёмки 2002 г. и возможный прилов (т) на 100 т основного вида на тралово-снюрреводном промысле в Карагинской подзоне**

Вид	Видовой состав	Прилов на 100 т камбалы
Сельдь	3,22	25,2
Минтай	35,52	277,7
Треска	6,46	50,5
Навага	7,36	57,5
Мойва	15,75	123,1
Терпуги	4,45	34,8
Корюшка	0,32	2,5
Камбалы	12,79	100,0
Палтусы	1,37	10,7
Бычки	8,88	69,4
Скаты	0,36	2,8
Морские окуни	0,05	0,4
Прочие	3,47	27,1
Итого	100,0	781,7
Без пелагических	355,7	

Таблица 6

**Вклад различных промыслов в общий вылов (рыбы) и их доля в вылове отдельных видов в Карагинской подзоне по данным информационной системы «Рыболовство», 2001 г., %**

Вид	Орудие лова							
	Не определено	Невод кошельковый	Невод ставной	Дрифтерные сети	Снюрревод	Донный трал	Трал разно-глубинный	Ярус
Минтай	0,57	0,27	0,00	0,00	7,84	3,07	86,08	2,18
Акулы	16,09	0,00	0,00	0,00	0,00	83,91	0,00	0,00
Бычки	0,00	0,19	0,00	0,24	68,65	0,23	30,68	0,00
Камбала	0,34	0,53	0,00	0,03	85,44	0,30	13,35	0,00
Мойва	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00	0,00	0,00	0,00
Макрурус	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	8,14	91,86
Навага	0,03	0,00	0,18	0,09	91,50	0,00	8,20	0,00
Окунь морской	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	8,66	0,48	90,86
Палтус	0,00	0,00	0,00	0,05	13,25	4,30	2,47	79,93
Сельдь	0,66	3,40	0,00	0,01	0,11	0,06	95,77	0,00
Скаты	0,02	0,00	0,00	0,00	0,13	1,20	76,13	22,51
Терпуг	0,00	0,00	0,00	0,00	0,07	85,33	14,31	0,29
Треска	0,07	0,00	0,00	0,18	28,40	0,27	8,69	62,39
Угольная рыба	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ерш длинноперый	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00
Ленок	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00
Кета	4,43	0,00	0,07	95,50	0,00	0,00	0,00	0,00
Кижуч	0,00	0,00	0,00	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Нерка	0,23	0,00	0,02	99,75	0,00	0,00	0,00	0,00
Чавыча	0,07	0,00	0,00	99,93	0,00	0,00	0,00	0,00
Горбуша	88,91	0,00	3,23	7,86	0,00	0,00	0,00	0,00
Голец	94,09	0,00	5,91	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Прочие	0,00	0,00	0,00	11,08	26,22	0,00	62,70	0,00
Итого	1,38	2,35	0,04	5,20	9,67	0,63	74,46	6,28

Конечно, такой подход представляется достаточно упрощенным, однако он все же более оправдан, чем одновидой и вполне может быть применен на первом этапе перехода к многовидовому рыболовству.

## **Выводы**

Проведенный анализ имеющихся данных официальной промысловой статистики и морских научно-исследовательских работ, проведенных КамчатНИРО, позволяет сделать вывод о том, что переход на многовидовое прогнозирование ОДУ для Карагинской подзоны возможен уже в настоящее время. Также очевидна необходимость введения сблокированных квот, в которых будет учтена структура уловов на различных видах промысла. Однако для решения этой задачи следует значительно увеличить объем наблюдений за составом уловов непосредственно на промысловых судах.

## **Литература**

- Борец Л.А.* 1997. Донные ихтиоцены российского шельфа дальневосточных морей: состав, структура, элементы функционирования и промысловое значение.— Владивосток: ТИНРО-центр.— 217 с.
- Винников А.В., Терентьев Д.А.* 1999. Современные донные промыслы в прикамчатских водах с позиции действующих «Правил ведения рыбного промысла в экономической зоне, территориальных водах и на континентальном шельфе ...» // Проблемы охраны и рационального использования биоресурсов Камчатки: Тез. докл. обл. науч.-практ. конф.— Петропавловск-Камчатский.— С. 107–108.
- Датский А.В., Батанов Р.Л.* 2000. О возможности видового рыболовства на шельфе в северо-западной части Берингова моря // Вопр. рыболовства. Т. 1. № 2–3. Ч. 1.— С. 111–112.
- Каредин Е.П., Храпова П.С.* 1998. Проблема прилова на дальневосточных промыслах // Тез. докл. 7 Всероссийской конф. по проблемам промыслового прогнозирования.— Мурманск: Изд-во ПИ-НРО.— С. 109–110.
- Каредин Е.П.* 2000. Сырьевая база рыбной промышленности Дальневосточного бассейна на период до 2015 г. и условия ее полного освоения // Вопр. рыболовства. Т. 1. № 2–3. Ч. 1. С. 158–163.
- Кочиков В.Н.* 1998. От прогнозирования ОДУ к комплексному управлению ресурсами // Тез. докл. 7 Всероссийской конф. по проблемам промыслового прогнозирования.— С. 123–127.
- Кочиков В.Н.* 2000. Приловы и выбросы в мировом рыболовстве // Рыбное хозяйство. № 5.— С. 24–26.
- Кузнецов В.В., Кузнецова Е.Н.* 1995. Система регулирования изъятия при многовидовом промысле // Рыбное хозяйство. № 1.— С. 31–32.
- Пальм С.А., Чикилев В.Г.* 2000. О возможности видового рыболовства на материковом склоне в северо-западной части Берингова моря // Вопр. рыболовства. Т. 1. № 2–3. Ч. 2.— С. 84–85.
- Правила* промысла водных биоресурсов для российских юридических лиц и граждан в исключительной экономической зоне, территориальном море и на континентальном шельфе Российской Федерации в Тихом и Северном Ледовитом океанах. Утверждены приказом Минрыбхоза СССР № 458 от 17 ноября 1989 г. с изменениями и дополнениями, внесенными приказом Госкомрыболовства России № 467 от 11 декабря 2002 г.

УДК 639.221.23 (265)

---

## **К вопросу организации многовидового рыболовства в Дальневосточном бассейне**

*Ю.К. Ермаков (ТИНРО-центр)*

Многовидовое рыболовство в небольших пресноводных водоемах давно является нормой. Однако с переходом на крупномасштабный промысел в морях при избыточных рыбопромысловых ресурсах рыбакам было экономически выгодно

специализироваться на вылове какого-то одного вида, а других, попавшихся попутно, не использовать для выработки товарной продукции.

При повсеместном истощении сырьевой базы основных промысловых видов приловы и выбросы стали привлекать к себе внимание, так как предполагалось, что за их счет возможно получение дополнительной рыбопродукции [Кочиков, 2000]. Особенно перспективным казалось вовлечение в переработку приловов и выбросов в Дальневосточном бассейне, где специализированный промысел имеет наибольшие масштабы. При этом реальной картины масштабов данных явлений, даже по основным промыслам бассейна, ни у рыбохозяйственной науки, ни у органов, регулирующих промысел, нет. Существуют разрозненные наблюдения и рыбопромысловая статистика, которые пока не обработаны и не обобщены. Настоящая статья является одной из попыток систематизировать имеющуюся информацию.

### **Материал и методика**

На основании первичных данных из архива ТИНРО-центра проанализирован состав прилова следующих основных промыслов:

- тралового лова минтая в Охотском и Беринговом морях;
- тралового лова нагульной сельди в Охотском море и в Карагинской подзоне;
- тралового лова нерестовой сельди в Охотском море;
- тралового и снюрреводного лова донно-пищевых рыб в Камчатско-Курильской и Западно-Камчатской подзонах;
- ярусного лова трески от Берингова до Японского моря;
- ярусного лова черного палтуса в Охотском и Беринговом морях;
- ярусного лова морских окуней в Карагинской подзоне;
- сетного лова черного палтуса в Охотском и Беринговом морях;
- сетного лова шиповца в Восточно-Сахалинской подзоне.

В качестве первичной информации использованы карточки тралового, сетного и ярусного лова, заполненные наблюдателями института в названных промысловых экспедициях. Эти материалы предварительно прошли жесткий контроль при участии экспертов института. Обычно не пригодной для использования признавалось 40–60% названных карточек из-за неполного фиксирования в них прилова или по другим причинам.

Оставленные карточки заполнены наблюдателями по принятой в ТИНРО методике: от улова отбиралась какая-то его доля, которая подвергалась тщательному исследованию по качественному и количественному составу, редкие виды отделялись членами экипажа на конвейере при обработке всего улова. Полученные значения видового состава в штучном исчислении умножались на средний вес с целью определения веса каждого вида в улове, а затем устанавливался общий вес улова. Кроме того, вес улова определялся объемным методом — по заполнению мерных емкостей (бункеры, сепарация и т.п.) и полученные значения дополнительно контролировались по выходу готовой продукции.

В отдельных таблицах не приводятся данные о количестве использованного материала в тех случаях, когда количество траловых, ярусных или сетных карточек превышало 100. В том случае, если их количество было меньше, указывалась информация о количестве.

Названия рыб на русском языке в настоящей статье приводятся в соответствии с недавно опубликованными каталогами [Каталог, 2000; Федоров и др., 2003].

### **Результаты и обсуждение**

Совершенствование техники лова и использование знаний по биологии объектов рыбного промысла может способствовать сведению прилова к минимуму. Ярким примером тому служит история развития тралового промысла минтая, который в настоящее время в Охотском и Беринговом морях является высокоселективным [Ермаков, Карякин, в печати].

Однако при других способах специализированного моновидового промысла избежать прилова не всегда удастся, особенно когда он складывается из ценных ви-

дов, реализация которых позволяет получить дополнительную прибыль. Так, при промысле сельди в Охотском море в отдельные моменты в прилове встречается довольно много минтая, хотя экипажи судов, ведущих этот лов, имеют оборудование, позволяющее вести прицельные траления [Ермаков, 2002]. Все дело в том, что цена минтая в два–три раза выше сельди.

Таблица 1  
Состав траловых уловов при промысле донно-пищевых рыб в Камчатско-Курильской подзоне в ноябре–декабре 1998 г.

Вид	Доля от улова, %
Камбала Надежного	0,07
Азиатский стрелозубый палтус	+
Остроголовая камбала	+
Малорот Стеллера	+
Палтусовидная камбала	0,36
Белокорый палтус	0,34
Двухлинейная камбала	0,17
Желтоперая камбала	84,28
Хоботная камбала	+
Сахалинская камбала	0,2
Звездчатая камбала	+
Четырехбугорчатая камбала	0,79
Агономал хоботной	+
Угольная рыба	+
Сельдь	0,01
Треска	1,01
Шлемоносный бычок	1,42
Получешуйный бычок	+
Зайцеголовый терпуг	+
Ликоды	+
Липарисы	0,01
Бычок-керчак	1,39
Корюшка-зубатка	0,99
Одноперый терпуг	+
Лисичка	0,9
Скаты	0,02
Голубой окунь	+
Минтай	0,86
Прочие	7,16

\*Менее 0,1 %.

Еще большую долю в отношении улова трески прилов имеет на юге Дальневосточного бассейна. У Юго-Западного Сахалина при ярусном лове трески на него приходится почти половина улова (табл. 5).

Такой же большой прилов отмечается в подзоне Приморье (табл. 6). В этих участках в прилове преобладают скаты, которые пока для российских рыбаков не представляют экономического интереса, но могут реализовываться на рынках стран Юго-Восточной Азии по довольно высокой цене и давать прибыль не меньшую, чем дает промысел самой трески.

При анализе уловов на границах промысловых скоплений трески также заметно значительное увеличение прилова, причем зачастую за счет ценных рыб. Например, в мае 2000 г. в Западно-Камчатской подзоне на глубинах более 200 м тре-

Типичным многовидовым промыслом в Дальневосточном бассейне оказался траловый и снюрреводный лов так называемых донно-пищевых рыб на западнокамчатском шельфе.

По нашим наблюдениям, в октябре–ноябре 1998 г. в уловах средних траулеров, ведущих промысел донными тралами, 86% по весу составляли камбалы, среди которых почти 98% по весу приходилось на желтоперую камбалу. Далее по убывающей в этой группе следовали четырехбугорчатая, палтусовидная камбалы, белокорый палтус, сахалинская и двухлинейная камбалы [Ермаков, Кодолов, в печати]. Значительную долю, особенно в дневных уловах, составляли навага и зубатая корюшка – 7,13 и 1,4% соответственно. Бычки давали 3% улова, а на долю трески приходилось около 15% (табл. 1).

По судовым донесениям, состав уловов при промысле донно-пищевых рыб меняется в течение года (табл. 2), но при этом камбалы постоянно доминируют. В отдельные периоды возрастает доля минтая, трески, наваги, однако, по нашим наблюдениям, не всегда даже эти виды идут на выработку продукции. Бычки из прилова на данном промысле практически всегда традиционно выбрасываются за борт. Вряд ли в дальнейшем при промысле донно-пищевых рыб удастся добиться одновидового состава уловов, так как здесь траления ведутся неприцельно.

К промыслам, при которых прилов и в дальнейшем существенно снизить не удастся, следует отнести лов трески ярусами. Нами установлено, что в отдельные месяцы доля прилова при промысле трески ярусами в Западно-Беринговоморской зоне и Карагинской подзоне доходит до 25–30%, причем основу его составляют минтай, белокорый палтус, ряд бычков (табл. 3, 4).

Таблица 2

## Результаты промысла пищевых рыб в Камчатско-Курильской подзоне в 2001 г., %

Месяц	Судо-сутки лова	Бычки	Камбалы	Минтай	Навага	Треска	Палтусы	Терлуг	Корюшка	Окуни	Сельдь	Кальмары	Прочие
<i>Трал</i>													
Январь	75	0,0	91,0	0,2	6,1	0,2	0,1	0,0	2,4	0,0	0,0	0,0	0,0
Февраль	66	0,3	53,8	27,6	6,4	1,6	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	10,1
Март	41	2,3	54,1	41,0	0,6	1,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,6
Апрель	204	3,5	64,1	24,5	5,5	0,8	0,8	0,0	0,6	0,0	0,0	0,0	0,1
Май	464	1,6	54,9	9,0	20,2	0,7	1,7	0,0	0,1	0,0	1,0	0,0	10,7
Июнь	143	0,0	80,4	6,6	10,6	0,2	0,0	1,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,8
Июль	78	0,9	68,2	4,2	3,8	3,7	0,1	0,0	0,0	0,0	0,6	0,0	18,4
Август	45	0,5	29,2	28,6	0,0	2,4	2,8	0,0	0,0	0,0	0,6	25,6	10,3
Сентябрь	26	3,8	74,1	2,6	10,7	3,8	0,0	0,0	0,0	2,0	0,0	0,0	3,0
Октябрь	46	0,0	42,3	23,8	24,7	4,6	0,0	0,0	3,5	0,0	0,0	0,0	1,1
Ноябрь	50	0,7	39,5	0,0	53,1	5,8	0,0	0,0	0,6	0,0	0,0	0,0	0,3
Декабрь	104	0,0	59,3	9,4	18,2	0,8	0,2	0,0	12,0	0,0	0,0	0,0	0,1
Итого	1342												
В среднем		1,4	61,1	13,5	13,8	1,1	0,8	0,1	2,4	0,0	0,4	0,8	4,6
<i>Сюррревод</i>													
Январь	215	26,3	22,2	6,5	3,8	39,6	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,6
Февраль	131	22,2	41,0	14,9	4,9	15,4	1,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2
Март	185	24,7	50,0	15,6	0,4	5,9	1,9	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	1,1
Апрель	414	21,1	40,2	18,5	6,7	11,5	1,7	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3
Май	628	22,0	46,9	16,3	9,1	4,8	0,1	0,0	0,1	0,0	0,3	0,0	0,3
Июнь	330	17,2	42,4	7,9	13,4	18,2	0,6	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,1
Июль	431	13,4	43,5	14,8	14,9	12,7	0,6	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Август	307	19,3	44,9	18,7	3,4	10,1	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,1
Сентябрь	190	18,2	46,3	17,3	6,5	10,9	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,7
Октябрь	52	24,8	51,4	5,6	8,7	6,5	1,7	0,0	1,4	0,0	0,0	0,0	0,0
Ноябрь	85	23,7	55,3	4,3	7,7	6,2	2,5	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,1
Декабрь	153	11,6	36,1	17,1	10,9	23,1	1,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Итого	3121												
В среднем		19,3	43,7	14,6	8,9	12,0	0,9	0,1	0,1	0,0	0,1	0,0	0,3

**Состав уловов при ярусном лове трески в Западно-Беринговоморской зоне (61.01)  
в 1992–2001гг., %**

Вид	Месяцы							
	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Треска	92,877	82,090	87,470	89,436	91,207	70,319	84,355	88,478
Минтай	1,266	4,136	4,168	6,957	4,684	15,591	9,324	1,636
Белокорый палтус	0,318	5,375	3,005	1,854	1,958	3,023	2,072	0,397
Черный палтус	–	0,225	0,436	–	0,201	0,071	0,030	0,072
Стрелозубый палтус	–	1,228	0,039	–	0,021	–	0,097	0,058
Скаты	2,982	2,266	1,584	1,316	0,683	1,431	0,774	1,144
Бычки-керчаки	0,176	2,291	1,020	0,397	0,400	2,454	0,566	4,691
Получешуйные бычки	2,111	0,015	0,439	–	0,529	6,914	2,084	2,947
Шлемоносные бычки	–	0,008	–	–	–	–	–	0,005
Мягкий бычок	0,009	–	0,001	–	0,001	0,020	0,331	0,002
Малоглазый макрурус	0,056	1,335	0,047	–	–	–	–	–
Двухлинейная камбала	–	–	0,001	–	0,010	–	0,009	0,004
Морские окуни	–	1,086	0,086	–	–	–	–	0,015
Шипощеки	–	0,009	–	–	–	–	–	0,005
Зайцеголовый терпуг	0,205	0,036	–	–	–	0,042	–	0,415
Липарисы	–	0,001	0,003	–	0,001	–	0,001	0,002
Ликоды	–	–	0,027	–	0,002	–	0,001	–
Дальневосточные лососи	–	–	0,001	–	–	–	–	–
Полярная акула	–	0,268	1,165	–	0,025	–	–	–
Колючая акула	–	0,090	0,001	–	–	–	–	–
Краб камчатский	–	0,054	–	–	0,015	–	0,003	0,001
Краб синий	–	0,050	0,050	–	0,213	–	0,296	0,042
Крабы-стригуны	–	0,173	0,005	–	0,017	–	0,002	0,020
Осьминоги	–	0,014	0,420	–	0,003	–	0,024	0,047
Прочие виды	–	0,002	0,020	–	0,001	0,020	0,011	0,002

ска давала менее четверти улова, а черный палтус – почти треть. Скаты на этих глубинах составляли почти пятую часть улова, а на ликодов (в основном на ценного в пищевом отношении ликода Солдатова) по весу приходилось почти 10% улова (табл. 7).

Сходными по видовому разнообразию были уловы при ярусном лове трески в мае 2000 г. в Северо-Курильской зоне, но уже на глубинах менее 200 м (табл. 8). Здесь прилов белокорого палтуса достигал 50% от улова трески, а прилов скатов превышал улов трески более, чем в полтора раза. На долю бычков-керчаков приходилось более трети улова.

Очень разнообразен прилов при ярусном лове черного палтуса в Северо-Охотоморской подзоне. Здесь доля ликода Солдатова доходит до 50% от улова черного палтуса. Столь же высок прилов скатов. Существен прилов и такого «валютного» объекта, как шипошек (табл. 9).

При промысле морских окуней в Карагинской подзоне ярусами прилов доходит до 50–60% от всего улова. Причем на долю трески приходится до 10% улова, а на долю белокорого палтуса – до 7% (табл. 10).

Лов донными сетями, как показывает практика его ведения в Дальневосточном бассейне, позволяет путем изменения размера ячеи управлять не только размерным составом улова основного объекта, но и качественным и количественным составом прилова. Наши исследования уловов при сетном лове черного палтуса на восточно-сахалинском склоне показали, что здесь самый большой (около 42%)

Таблица 4

**Состав уловов при ярусном лове трески в Карагинской подзоне (61.02.1)  
в 1992–2001 гг., %**

Вид	Месяцы									
	I	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
Треска	90,483	96,022	94,804	89,206	83,036	77,662	72,050	73,783	93,069	
Минтай	1,481	0,051	1,265	4,533	7,312	6,940	12,952	8,242	0,736	
Белокорый палтус	0,820	0,046	1,152	2,675	1,238	4,543	0,976	0,514	1,680	
Черный палтус	–	–	0,030	0,072	0,113	–	0,092	0,003	–	
Стрелозубый палтус	–	0,004	0,056	0,032	0,044	0,031	0,015	0,012	0,242	
Скаты	0,094	0,328	0,988	1,834	3,247	0,549	0,149	0,948	3,545	
Бычки-керчаки	0,457	0,068	0,228	0,705	0,297	5,508	2,001	0,821	–	
Получешуйные бычки	4,055	3,336	0,811	0,716	0,637	8,448	8,705	9,297	–	
Шлемоносные бычки	–	–	0,001	0,003	0,005	0,076	0,016	–	–	
Мягкий бычок	–	–	0,03	0,002	0,005	0,020	–	0,001	–	
Малоглазый макрурус	–	–	0,281	0,005	0,003	0,025	2,018	0,818	–	
Двухлинейная камбала	0,007	–	0,004	0,013	0,027	0,002	0,001	0,001	–	
Четырехбугорчатая камбала	–	–	0,001	–	–	–	–	–	–	
Желтоперая камбала	–	–	0,013	0,071	–	–	–	–	–	
Морские окуни	–	0,085	0,277	0,039	–	0,082	0,022	0,450	–	
Шипошеки	–	–	0,001	–	–	0,018	0,001	–	–	
Зайцеголовый терпуг	1,387	0,057	0,051	0,012	0,003	0,007	0,869	5,062	0,326	
Одноперый терпуг	0,004	–	0,001	0,007	0,004	0,033	–	0,003	–	
Липарисы	–	–	–	0,001	–	–	0,001	0,001	–	
Угольная рыба	–	–	0,013	–	–	–	–	–	–	
Круглопер шаровидный	–	–	0,001	–	–	–	–	0,001	–	
Навага	–	–	–	–	–	0,002	–	–	–	
Дальневосточные лососи	–	–	–	–	–	0,003	–	–	–	
Краб камчатский	0,557	–	–	0,003	0,001	0,034	0,011	0,001	–	
Крабы-стригуны	–	0,003	0,004	0,024	0,002	0,015	0,004	–	–	
Осьминоги	0,076	–	0,015	0,945	0,017	–	0,027	0,003	–	

Таблица 5

**Состав уловов при ярусном лове трески у юго-западного Сахалина (61.06.2)  
в марте 1993 г. (6 ярусопостановок, улов 28971 кг)**

Вид	Доля от всего улова, %	Процент от улова трески
Треска	52,314	100,000
Минтай	9,330	17,834
Скаты	29,426	56,248
Бычки-керчаки	3,369	6,440
Получешуйные бычки	0,038	0,072
Палтусовидная камбала	3,169	6,057
Одноперый терпуг	0,221	0,422
Ликоды	1,167	2,230
Прочие виды	0,966	1,847

Таблица 6

**Состав уловов при ярусном лове трески в подзоне Приморье (61.06.1)  
в 2000 г., %**

Вид	Июнь, 34 ярусопостановок, улов 18970 кг		Июль, 107 ярусопостановок, улов 55458 кг	
	Доля от всего улова	Доля от улова трески	Доля от всего улова	Доля от улова трески
Треска	58,118	100,000	56,620	100,000
Минтай	0,369	0,635	1,857	3,280
Белокорый палтус	–	–	0,058	0,102
Скаты	37,675	64,825	17,087	30,178
Бычки-керчаки	0,327	0,562	18,910	33,398
Шлемоносные бычки	0,120	0,206	0,598	1,056
Получешуйные бычки	–	–	0,022	0,038
Бычки волосатики	0,043	0,074	–	–
Морские окуни	–	–	0,022	0,038
Палтусовидная камбала	1,921	3,305	2,349	4,150
Желтоперая камбала	–	–	0,141	0,249
Надежная камбала	0,256	0,440	0,139	0,246
Одноперый терпуг	0,490	0,843	0,053	0,093
Липарисы	0,005	0,008	0,004	0,008
Ликоды	0,093	0,16	0,183	0,323
Стихеи	–	–	0,072	0,127
Колючая акула	0,339	0,584	0,967	1,707
Голубая акула	0,084	0,145	–	–
Горбуша	0,005	0,008	–	–
Краб камчатский	0,063	0,109	0,446	0,788
Крабы-стригуны	0,022	0,038	–	–

Таблица 7

**Видовой состав уловов при ярусном лове в Западно-Камчатской подзоне  
в мае 2000 г. на глубинах более 200 м (55 ярусопостановок, улов 54595 кг)**

Вид	Доля в общем улове, %	Доля от улова трески, %
Треска	23,330	100,000
Минтай	5,136	18,129
Черный палтус	32,831	115,885
Белокорый палтус	5,480	19,344
Стрелозубые палтусы	0,727	2,567
Скаты	18,326	64,686
Ликоды	7,574	26,734
Бычки-керчаки	1,573	5,554
Палтусовидные камбалы	0,022	0,079

Таблица 8

**Состав уловов при ярусном лове на глубинах менее 200 м в мае 2000 г.  
в Северо-Курильской зоне (61.03) (9 ярусопостановок, улов 4255 кг)**

Вид	Доля от общего улова, %	Доля от улова трески, %
Треска	22,609	100,000
Минтай	1,057	4,678
Белокорый палтус	11,445	50,624
Черный палтус	0,047	0,208
Скаты	26,298	116,320
Бычки-керчаки	36,592	161,850
Получешуйные бычки	1,481	6,549
Бычки шлемоносные	0,141	0,624
Ликоды	0,298	1,320
Желтоперая камбала	0,026	0,104

Таблица 9

**Состав уловов при ярусном лове черного палтуса в Северо-Охотоморской подзоне  
в 1996–2001 гг., %**

Вид	Месяцы							
	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI
Черный палтус	46,444	51,563	47,630	47,652	67,941	64,317	50,081	69,454
Ликод Солдатога	25,005	20,652	19,528	25,200	14,887	11,512	18,094	13,609
Шипощеки	0,502	0,753	0,417	0,466	0,618	3,321	0,348	0,887
Скаты	22,978	23,223	25,115	20,399	8,090	13,777	30,748	15,624
Белокорый палтус	0,374	0,492	0,221	0,076	0,080	0,012	0,057	0,004
Малоглазый макрурус	3,808	2,294	6,838	6,076	8,195	6,942	0,175	0,226
Минтай	0,071	0,031	0,001	0,001	–	0,001	0,014	0,052
Треска	0,038	0,012	0,010	0,009	–	–	0,009	0,002
Морские окуни	0,007	0,031	0,036	0,030	0,011	0,012	0,021	0,030
Стрелозубые палтусы	–	–	0,001	0,025	0,004	0,017	0,126	0,043
Коричневый слизеголов	–	–	0,012	0,033	0,083	0,059	0,017	0,056
Антимора	0,001	0,001	0,001	0,001	0,002	0,005	–	0,001
Липарисы	0,001	0,001	0,004	0,002	–	0,001	0,050	–
Бычки-керчаки	–	–	–	0,005	0,002	–	0,007	0,005
Получешуйные бычки	–	–	–	0,001	–	0,004	–	–
Мягкий бычок	0,005	0,027	0,015	0,001	0,003	0,001	0,001	0,001
Зетихтис	–	0,0076	0,132	–	–	–	–	–
Запроса	–	–	–	–	–	–	0,002	–
Лягушка-рыба	–	–	–	–	–	–	0,001	–
Сельдь	–	–	0,001	–	–	–	–	–
Палтусовидная камбала	–	–	0,001	0,002	–	0,001	0,001	–
Бородавчатая камбала	–	–	–	0,001	–	–	–	–
Кета	–	–	0,002	0,002	0,001	–	–	–
Угольная рыба	–	–	–	–	–	0,001	0,001	–
Полярная акула	0,863	0,840	0,018	–	0,004	–	–	–
Крабы	–	0,001	0,005	0,016	0,013	0,005	0,038	0,001
Трубачи	–	0,003	0,018	0,027	0,011	0,013	0,011	0,003
Осьминоги	–	–	0,001	0,001	0,004	–	0,001	–

**Состав уловов при ярусном лове морских окуней в Карагинской подзоне (61.02.1)  
в 1992–1994 гг., %**

Вид	Июль, 17 ярусопостановок, улов 58245 кг		Август, 49 ярусопостановок улов 391782 кг		Сентябрь, 43 ярусопоста- новки, улов 222023 кг	
	Доля во всем улове	Доля от улова север- ного окуня	Доля во всем улове	Доля от улова север- ного окуня	Доля во всем улове	Доля от улова север- ного окуня
Северный окунь	43,690	100,000	34,060	100,000	28,930	100,000
Алеутский окунь	0,127	0,290	0,130	0,380	0,280	0,970
Тихоокеанский окунь	0,026	0,059	0,004	0,011	0,006	0,021
Шипоцек	0,594	1,360	0,324	0,950	0,834	2,890
Треска	10,032	22,960	0,890	2,610	4,290	14,820
Минтай	2,143	4,900	1,330	3,920	2,550	8,830
Белокорый палтус	7,100	16,250	2,660	7,810	7,950	27,490
Стрелозубый палтус	1,274	2,910	0,680	2,000	1,181	6,270
Черный палтус	0,857	1,960	0,490	1,430	0,880	3,040
Малоглазый макрурус	21,760	49,770	52,988	162,000	44,780	154,780
Скаты	11,070	25,330	3,590	10,550	6,940	23,980
Бычок-керчак	0,185	0,420	0,200	0,580	0,200	0,700
Получешуйный бычок	0,122	0,280	0,004	0,012	–	–
Мягкий бычок	0,250	0,570	0,158	0,463	0,143	0,490
Бычки- шлемоносцы	–	–	0,001	0,003	–	–
Угольная рыба	0,247	0,560	0,150	0,443	0,190	0,650
Ликоды	0,031	0,070	0,003	0,010	0,005	0,017
Липарисы	–	–	0,046	0,136	0,013	0,043
Зайцеголовый терпуг	0,122	0,280	0,004	0,012	–	–
Дальневосточ- ные лососи	0,036	0,082	0,004	0,012	0,002	0,008
Двухлинейная камбала	0,012	0,027	0,020	0,050	–	–
Полярная акула	0,106	0,240	0,018	0,050	0,040	0,138
Антимора	0,022	0,051	0,002	0,007	0,011	0,040
Равношипый краб	–	–	0,001	0,002	0,006	0,020
Краб-стригун	0,003	0,008	0,024	0,070	0,024	0,080
Осьминоги	0,103	0,236	0,029	0,080	0,001	0,003
Трубачи	–	–	0,005	0,013	–	–
Чайки	0,200	0,460	0,001	0,002	0,099	0,342

прилов отмечался в августе, а самый низкий – в сентябре. В 1995 г. при лове черного палтуса в этом районе до 8,5% по весу прилавливалось белокорого палтуса. Скаты постоянно составляют 13–15% от веса всего улова. Максимальный прилов крабов-стригунов (около 10%) отмечается в августе, а равношипного краба – в июле и августе (табл. 11).

При промысле черного палтуса донными сетями в Западно-Камчатской и Северо-Охотоморской подзонах наблюдался минимальный прилов (табл. 12), что,

по-нашему мнению, связано с тем, что здесь облавливаются его преднерестовые и нерестовые скопления. В осенние сезоны в Камчатско-Курильской подзоне доля прилова составляет более 12%, а в Западно-Беринговоморской – более 33%.

Особенно нежелателен для экипажей, занимающихся сетным промыслом черного палтуса, прилов крабов, так как их выпутывание очень трудоемко, а оставшиеся в сетях их фрагменты могут являться причиной аварийных постановок по-

Таблица 11

**Сезонная изменчивость уловов при сетном лове шипошека у юго-восточного побережья о. Сахалин в 1997 г., %**

Вид	Месяцы						
	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Шипошек	68,13	63,86	68,52	76,28	68,26	71,95	72,06
Коричневый слизеголов	0,9	3,48	1,03	3,03	4,52	1,7	1,21
Черный палтус	2,9	3,48	4,36	2,27	4,12	1,61	1,76
Бородавчатая камбала	0,14	0,16	0,12	0,05	0,29	0,59	0,9
Макрурусы	18,48	19,3	17,42	13,37	14,42	15,0	14,37
Ликод Солдатова	0,12	0,21	1,5	0,16	0,42	0,2	0,08
Скаты	0,61	0,32	0,21	0,14	1,0	0,54	1,11
Антимора	2,08	3,26	1,31	1,19	0,75	0,39	1,44
Морские окуни	0,71	0,82	0,98	0,45	3,34	0,27	0,2
Командорский кальмар	2,05	2,16	1,53	2,27	0,46	1,21	0,82
Крабы глубоководные	3,14	1,98	2,61	0,37	0,87	3,01	3,59
Крабы-стригуны	0,74	0,97	0,41	0,42	1,55	3,53	2,46

Таблица 12

**Состав уловов при промысле черного палтуса донными жаберными сетями в Дальневосточном бассейне, % от веса улова**

Вид	Камчатско-Курильская подзона, осень	Западно-Камчатская подзона, осень	Северо-Охотоморская подзона, осень	Восточно-Сахалинская подзона, осень	Западно-Берингоморская зона, лето
Черный палтус	88,5	93,47	99,08	66,02	66,6
Белокорый палтус	-	0,11	-	3,74	1,7
Стрелозубые палтусы	-	-	-	-	1,1
Бородавчатая камбала	-	-	-	0,03	-
Малорот Стеллера	-	-	-	0,06	+
Шипошеки	0,1	0,04	0,03	0,05	+
Морские окуни	0,3	+	+	0,02	0,26
Малоглазый макрурус	-	+	+	2,31	-
Треска	-	-	-	-	0,4
Ликоды	-	0,52	0,31	0,67	-
Липарисы	-	-	-	-	0,04
Скаты	4,6	0,18	0,01	13,48	2,2
Полярная акула	0,4	0,18	0,01	-	3,8
Бычки-рогатки	-	-	-	0,13	-
Минтай	-	0,03	+	-	6,2
Крабы-стригуны	3,1	1,24	0,24	9,48	0,2
Равношипый краб	0,2	2,43	0,25	4,01	-
Трубачи	0,6	0,51	+	-	-
Прочие виды	2,2	1,29	0,07	-	17,5

рядков сетей. Поэтому экипажи судов активно стремятся к снижению данного прилова и, по нашим наблюдениям, меняя районы и глубины лова, всегда достигают желаемого. Что же касается прилова белокорого палтуса и скатов, то особой заинтересованности в его сокращении со стороны рыбаков не проявляется. В целом доля других гидробионтов при сетном лове черного палтуса невелика, и их список включает в основном малоценные виды.

Кроме черного палтуса, в последнее десятилетие дальневосточные рыбаки освоили лов донными сетями шипошека у Юго-Восточного Сахалина. Прилов при этом составляет около 30% (табл. 13). Из ценных видов в нем отмечаются: черный палтус, бородавчатая камбала, скаты, букциниды, глубоководный краб-стригун и слизеголов. Последний так же, как и ликод Солдатова, может использоваться для выработки товарной продукции для российского, а, возможно, и японского рынков.

Таким образом, на основании проведенных нами исследований **наиболее перспективны для перевода в многовидовые промыслы следующие: траловый лов сельди, траловый лов донно-пищевых рыб на западно-камчатском шельфе, ярусный лов трески, черного палтуса и морских окуней** во всем Дальневосточном бассейне.

Таблица 13  
Состав уловов при сетном лове шипошека у Юго-Восточного Сахалина, %

Вид	1997 г.	2001 г.
Шипошек	67,3	69,97
Коричневый слизеголов	2,21	2,728
Стрелозубый палтус	+	0,856
Черный палтус	3,33	0,808
Бородавчатая камбала	0,3	0,656
Макрурусы	16,05	3,362
Антимора	1,57	0,62
Морские окуни	0,95	0,126
Угольная рыба	+	0,037
Ликод Солдатова	0,37	0,212
Скаты	0,51	0,345
Мягкий бычок	+	0,025
Липарисы	+	0,158
Букциниды	+	5,37
Командорский кальмар	3,8	0,806
Краб-стригун	1,4	3,175
Краб-верилли	2,21	0,441
Все виды	100	100

Проведенный нами сравнительный анализ статистической отчетности по перечисленным выше промыслам показывает, что в ней практически полностью отсутствуют данные о видовом составе прилова. Следовательно, прилов или выбрасывается за борт, или реализуется незаконно. Поэтому в Дальневосточном бассейне, как и других бассейнах [Шевелев, Соколов, 1997], официальные статистические данные не могут быть использованы для регулирования промысла и организации многовидового рыболовства.

В условиях напряженного состояния большинства рыбопромысловых запасов в Мировом океане неучитываемые приловы могут приводить к переловам [Кочиков, 2000], а существующие правила рыболовства, основанные на запретительном принципе, вряд ли способны изменить эту тенденцию. Приведенный выше пример

с постепенным снижением доли прилова к минтаю при траловом промысле в Охотском и Беринговом морях объясняется не ужесточением правил рыболовства, а желанием рыбаков экономить на отсортировке из уловов прилова, состоящего в основном из малоценных рыб, выработка мелких партий продукции из которых не покрывается прибылью от их продажи. Другое дело, когда прилов велик, а виды, его составляющие, относятся к высокоценным. В этом случае в сознании рыбаков борются желание избежать наказания за превышение нормы прилова и желание получить дополнительную, и немалую, прибыль от реализации выработанной из прилова рыбопродукции. Побеждает обычно последнее.

Что же необходимо сделать для изменения такой ситуации? Очевидно, следует изменить «правила игры» таким образом, чтобы весь улов, в том числе и прилов

любого промыслового вида, можно было на законных основаниях использовать для выработки продукции. При этом изъятие каждого промыслового вида должно засчитываться в качестве изъятия из его общего допустимого улова (ОДУ) и заранее планироваться при делении квот вылова между всеми пользователями (сблокированные квоты).

Рассмотрим основные вопросы организации многовидового промысла в Дальневосточном бассейне. Для всех других видов промыслов, пока не включенных нами в перспективные, прежде чем перевести их в разряд многовидовых, нужно предварительно определить качественный и количественный состав прилова, чтобы определить «цену вопроса». Мы уже указывали выше, что использовать в этих целях существующую статистику вряд ли удастся из-за ее несовершенства. Однако полностью игнорировать официальную статистику в управлении многовидовым промыслом нельзя. На наш взгляд, если рассчитать долю прилова в отношении основного вида, существующая статистика позволит перейти на абсолютные цифры вылова любого вида прилова расчетным путем.

На первом этапе после жесткого контроля в этих целях можно использовать информацию о приловах от региональных рыбохозяйственных НИИ. Однако создание информационного банка по приловам и выбросам для организации многовидового промысла может натолкнуться на противодействие со стороны владельцев отдельных информационных массивов. Мы заостряем внимание на этой проблеме потому, что обобщенное представление о качественном и количественном составе приловов, которое приведено нами выше, вряд ли удастся применить на практике. Практика потребует как минимум данных о прилове по статистическим зонам и подзонам ежемесячно, по разным диапазонам глубин для судов разного типа и водоизмещения, для каждого типоразмера орудия лова, виду наживки и т.п. Таких позиций набирается более сотни и, чтобы получить по каждой из них статистически достоверную величину прилова, необходимо объединить всю имеющуюся информацию. Параллельно с этими мерами, необходимо «реставрировать» поступление информации от научных наблюдателей в море и начать полноценный мониторинг за приловом по основным видам существующих промыслов.

Переход на узаконенный многовидовой промысел приведет к тому, что пользователь, кроме квоты на основной вид, будет получать «довески» из других видов прилова. Можно предполагать, что у него возникнет желание выработать из этого прилова дополнительную продукцию, однако технологическое оборудование на существующих судах пока не приспособлено для этого. Отсюда вытекает задача переоборудования судов для ведения многовидового промысла, а в перспективе и создание нового типа судов для него.

### Литература

- Ермаков Ю.К.* 2002. Состав прилова при промысле сельди в Охотском и Беринговом морях // Вопр. рыболовства. Т. 3. № 9– С. 84–90.
- Ермаков Ю.К., Калякин К.А.* Состав прилова при траловом лове минтая в Охотском и Беринговом морях (в печати).
- Ермаков Ю.К., Кодолов Л.С.* Состав прилова при промысле донно-пищевых рыб на западно-камчатском шельфе (в печати).
- Каталог* позвоночных Камчатки и сопредельных морских акваторий. 2000.– Петропавловск-Камчатский: Печатный двор.– 166 с.
- Кочкиков В.Н.* 2000. Приловы и выбросы в мировом рыболовстве // Рыбное хозяйство. № 5.– С. 24–27.
- Федоров В.В. и др.* 2003. Каталог морских и пресноводных рыб северной части Охотского моря.– Владивосток: Дальнаука.– 204 с.
- Шевелев М.С., Соколов К.М.* 1997. О фактическом вылове донных рыб, добываемых в качестве прилова в Баренцевом море // Рыбное хозяйство. № 3.– С. 38–40.

## Определение недоучета вылова минтая и сельди: методические подходы и результаты

*А.В. Буслов, А.А. Бонк, А.И. Варкентин,  
А.О. Золотов (КамчатНИРО)*

Сельдь и минтай – важнейшие и традиционные объекты рыболовства дальневосточных морей. Вопросам, связанным с использованием их запасов, всегда уделялось и до сих пор уделяется большое внимание. К сожалению, современный промысел этих видов нельзя назвать рациональным. Известно, что для повышения стоимости выпускаемой продукции на судах, занимающихся самообработкой рыбы, улов сортируется, т.е. минтай или сельдь, не соответствующие определенным технологическим требованиям, не поступают в производственный процесс и, как правило, выбрасываются [Варкентин и др., 2000, Балыкин и др., 2002; Золотов, в печати]. Имеет место и несовершенство методики учета вылова [Буслов, Варкентин, 2000]. Как следствие, происходит систематическое занижение объемов фактического изъятия рыб, что, в свою очередь, приводит к превышению ОДУ. В результате интенсивность эксплуатации запасов минтая и сельди превышает биологически безопасный уровень. Этот фактор не замедлил сказаться на численности рыб эксплуатируемых единиц запаса. Так, например, количество производителей восточноохотоморского минтая всего за пять лет (1996–2001 гг.) сократилось более чем в четыре раза, а корфо-карагинской сельди только за четыре года (1998–2002 гг.) – почти в шесть раз. Заметим, что в истории промысла последней уже был прецедент экстремального перелова, который привел к многолетнему периоду депрессии популяции [Науменко, Бонк, 1999; Науменко, 2001].

Из вышесказанного следует, что необходимо адекватно оценивать коэффициент эксплуатации популяций сельди и минтая применительно к современным особенностям промысла, т.е. знать масштабы неучитываемого вылова. Исследования в этом направлении с 1998 г. проводятся лабораторией пелагических рыб КамчатНИРО. В итоге была разработана и в настоящее время используется методика определения неучитываемого вылова минтая и сельди, которая приводится в настоящей статье.

### Методические аспекты определения недоучета вылова

**Минтай.** В современных условиях недоучет вылова имеет три основные составляющие, первая из которых – сокрытие уловов или прямое браконьерство, находится за рамками данного исследования. Две другие – это неконтролируемые выбросы мелкоразмерной рыбы и использование недостоверных коэффициентов расхода сырца на единицу готовой продукции. Качественная и количественная характеристика выбросов минтая зависит от особенностей его промышленного использования, т.е. типа выпускаемой продукции: филе или обезглавленной рыбы.

На всех судах, занимающихся производством филе минтая, улов предварительно с помощью сортировочной машины разделяется на фракции (от 2 до 4). В производство, как правило, поступает рыба длиной от 35 до 56–60 см. Минтай, не отвечающий этим требованиям, отбраковывается и в большинстве случаев из-за низкой производительности рыбомучных установок выбрасывается за борт.

Для определения доли выбросов минтая необходимо выполнить серию массовых промеров (по 300 особей, с точностью до 1 см). Первый промер (до поступления на сортировочную машину) проводится для исследования общего размерного состава рыб в улове. При помощи второго промера определяется состав отбракованных рыб (с отходящего от сортировочной машины транспортера), и третьим промером анализируется минтай самой мелкой фракции (из накопите-

ля), поступившей в обработку. Расчет производится следующим образом. Например, в размерном классе 30,1–31 см попали в отбраковку 70, а в обработку 30 экз. (второй и третий промер). Доля минтая этой размерной группы в улове составляет 1% (первый промер). Следовательно, 0,7% минтая из этого класса пошли за борт, а 0,3% – в производство. Суммировав долю отсортированных рыб по всем размерным группам, определяется процент отбракованного улова в количественном выражении. Чтобы перевести долю выбросов в весовое выражение, используется зависимость массы минтая от длины.

На судах, производящих обезглавленного минтая, как правило, минимальная длина рыб, идущих в обработку – 32 см (по Смиту). На таких траулерах в отличие от «филейных» рыба мельче указанной длины выбрасывается не вся, а частично идет на производство муки. Поэтому определение доли выбросов минтая можно проводить по следующей методике.

1. Определить массу отсортировываемой молоди (не идущей в обработку), как и при производстве филе.

2. От массы выпущенной мороженой продукции рассчитать массу сырца, пошедшего на ее производство.

3. От массы переработанного сырца найти массу полученных из него отходов (головы, внутренности и т.д.).

4. От полученной величины отходов определить количество сваренной из них муки.

5. Из общего количества муки вычесть часть, сваренную из отходов.

6. От оставшейся муки определить, какое количество молоди (по массе) пошло на ее изготовление.

7. От найденной массы отсортированной молоди (п.1), вычесть массу молоди, пошедшей на изготовление муки, в итоге получается масса выброшенных рыб.

Расчеты выполняются при помощи коэффициентов, указанных в сборнике «Единые нормы отходов, потерь, выхода готовой продукции и расхода сырца при производстве пищевой продукции из морских гидробионтов» [2002].

Другой аспект – это определение недоучета вылова минтая из-за использования недостоверных коэффициентов расхода рыбы-сырца на единицу готовой продукции. В настоящее время расчет вылова на судах, занимающихся обработкой улова, определяется по готовой продукции через коэффициенты расхода рыбы-сырца на единицу продукции. Данные коэффициенты дифференцированы по типам продукции, срокам и районам лова [Единые нормы..., 2002], однако значения коэффициентов на протяжении путины непостоянны и зависят от размерного состава промысловых уловов. Последний же показатель, как известно, достаточно изменчив на коротких временных отрезках и в близких районах лова [Охотоморский минтай..., 2002, 2003]. Это обстоятельство, на наш взгляд, существенно снижает точность расчетов фактического вылова, так как изменение массы тела минтая по отношению к его размерам носит не линейный, а степенной характер [Фадеев, 1986]. В этой связи логично полагать, что фактические коэффициенты пересчета, которые являются весовым соотношением различных частей тела минтая, могут значительно варьироваться при обработке уловов, отличающихся по размерному составу минтая.

Данное обстоятельство может привести к недооценке реального вылова. Поэтому один раз в декаду или при изменениях качественного состава уловов по 100 кг минтая каждой отсортированной фракции следует обработать на соответствующих филейных машинах. Отношение общей массы сырца к массе полученного продукта есть фактический коэффициент расхода рыбы-сырца. После чего находят разницу между фактическим коэффициентом и используемым и, разделив ее на действующий коэффициент, получают долю неучтенного вылова.

На судах, производящих обезглавленного минтая, разница между официальными и реальными коэффициентами не столь высока и величина недоучета, как правило, не превышает 5%.

Общий фактический вылов рассчитывается следующим образом. К официальному вылову суммируется величина перерасхода сырца за счет коэффициентов,

далее прибавляется масса выбросов. Сумма выбросов и перерасхода сырца, отнесенная к общему вылову, есть доля неучтенного вылова.

Накопленная информация о величине выбросов минтая в восточной части Охотского моря нашла свое применение в новой методике расчета размерно-возрастного состава улова с 2001 г. Ее отличие от использовавшихся ранее способов оценки возрастного состава рыб в промысловых уловах заключается в раздельном расчете вылова для средне- и крупнотоннажных судов. Имея официальный вылов, размерный состав рыб в уловах крупнотоннажных траулеров, зависимость массы от длины особей, а также среднемноголетнюю долю выбросов по размерным группам, подсчитывается количество выбрасываемых рыб. Затем с учетом средней массы особей какого-либо размера определяется масса выброшенной рыбы и ее доля от официальной величины улова. Одновременно вычисляется недоучет вылова при использовании недостоверных коэффициентов расхода рыбы-сырца на единицу готовой продукции (отдельно для траулеров, выпускающих филе и обезглавленного минтая).

Таким образом, определяется истинная величина улова в весовом и штучном выражении крупнотоннажных судов отдельно по месяцам и подзонам. Далее рассчитывается размерный состав в штуках, а по размерно-возрастному ключу определяется возрастной состав и вылов по возрастным классам в абсолютных единицах. Подобным же образом рассчитывается размерный и возрастной состав минтая в уловах судов среднего тоннажа с той лишь разницей, что улов этих судов используется для обработки полностью.

Суммируя полученные вариационные ряды, получаем возрастной состав минтая в уловах отдельно по месяцам, подзонам и в целом за год. Предлагаемая методика расчета размерно-возрастного состава восточноохотоморского минтая с учетом выбросов, на наш взгляд, дает более достоверную информацию о состоянии промысловой части популяции. Это чрезвычайно важно, поскольку матрица уловов рыб по возрастным группам является базовой при определении запаса и прогнозировании ОДУ на предстоящие годы с помощью математических методов.

**Сельдь.** В настоящее время подавляющее большинство судов, добывающих сельдь, не производят ее глубокой переработки, кроме того, она малопригодна для производства рыбной муки из-за высокой жирности. Вся рыба, не пошедшая в переработку, выбрасывается за борт.

Методика расчета доли неучтенного вылова сельди принципиально не отличается от таковой, применяемой для минтая. Однако при обработке сельди имеются свои особенности, позволяющие иногда упростить процедуру, если известен, например, критерий выбраковки по весу. Как показывают наблюдения, зачастую в обработку не поступает сельдь массой менее 300 г. На основании данных биоанализов можно построить размерно-весовые ключи и определить в каждом размерном классе долю рыб менее 300 г. Суммарный процент таких рыб в размерном составе — доля неучтенного вылова в штуках. По зависимости длина–масса сельди вычисления переводятся в весовые единицы.

Масштабы выбросов, неучтенных официальной статистикой, определяют для каждого месяца промысла на основе сборов и наблюдений о размерном составе рыб в промысловых уловах, средней массе особей, данных о ежемесячном вылове сельди крупнотоннажными судами и соотношений отбракованной и поступившей в обработку сельди по размерным группам.

### **Некоторые результаты определения недоучета вылова**

Материалы, накопленные за пятилетний период наблюдений в восточной части Охотского моря, позволяют сделать некоторые обобщения о селективности промышленного использования минтая.

Оказалось, что при производстве филе минтай длиной менее 20,0 см выбрасывается практически полностью. Высокая, превышающая 90%, доля выбросов сохраняется вплоть до 32,0 см. По мере увеличения длины рыб соотношение выбрасываемых и используемых в обработку особей меняется на противоположное. Выбраковывается половина особей размерного класса 34,1–36,0 см. Попадает в

выбросы пятая часть рыб длиной 38,1–42,0 см. Не используется в переработке около 10% даже сравнительно крупных рыб размерами 42,1–46,0 см (рис. 1).

Коэффициенты расхода сырца, определенные нами для каждого сантиметра размерного ряда минтая, существенно варьировались в зависимости от длины рыб. Максимальное значение коэффициента, равного 7,3, зафиксировано для рыб длиной 33 см (из минтая длиной 32 см филе получить не удалось) средней массой 0,227 кг, а минимальное — 4,0 — для минтая длиной 48 см средней массой 0,730 кг (рис. 2). В весовом выражении они обозначают: в первом случае — из 1 кг сырца получается 0,137 кг филе, а во втором — 0,249 кг. Как видно, цифры разнятся почти вдвое. Таким образом, вполне очевидно, что величина коэффициента выхода продукции весьма изменчива и зависит от размерного состава поступающего в обработку сырца.

Используя данные о размерном составе минтая в промысловых уловах, среднюю массу особей, соотношение отбракованных и поступивших в обработку рыб по размерным группам, мы ретроспективно оценили долю неучтенных выбросов в Западно-Камчатской и Камчатско-Курильской подзонах по материалам системы «Рыболовство». При этом допустили, что на среднетоннажных траулерах улов учитывается полностью.

Таким образом, в 1995 г. только из-за выбросов молоди минтая фактический вылов превышал официальный на 3%, 1996 г. — 5, 1997 г. — 10, 1998 г. — 18, 1999 г. — 19%. Реальные значения были, по-видимому, еще выше, поскольку из-за отсутствия данных в расчетах не использовали недоучет вылова по причине не достоверности коэффициентов расхода сырца. С учетом последнего фактора в 2000 г. крупнотоннажным флотом было переловлено минтая на 57 тыс. т, что составило 20% от официальных цифр, в 2001 — 62 тыс. т, соответственно 22%. В ходе путины 2002 г. превышение официальной статистики несколько снизилось и составило 23 тыс. т, что в относительном вы-

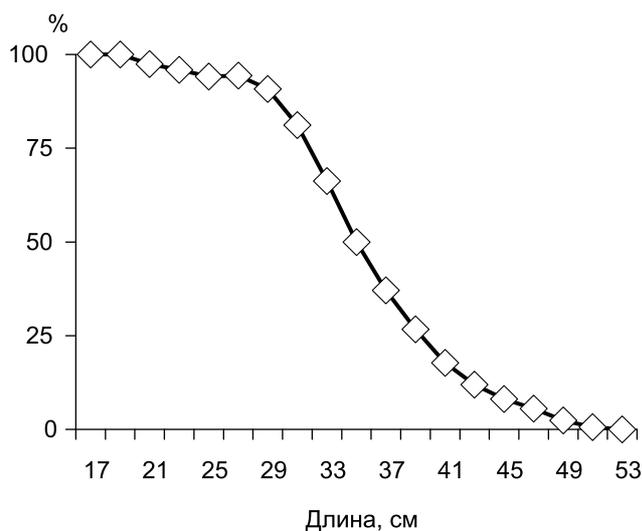


Рис. 1. Количество отсортировываемого минтая разной длины при производстве филе (восточная часть Охотского моря, среднеголетние данные)

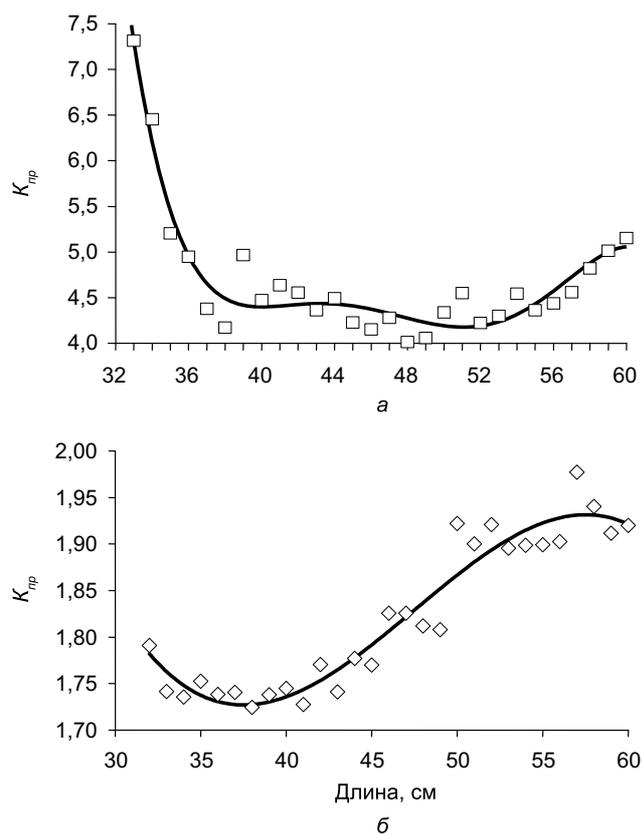
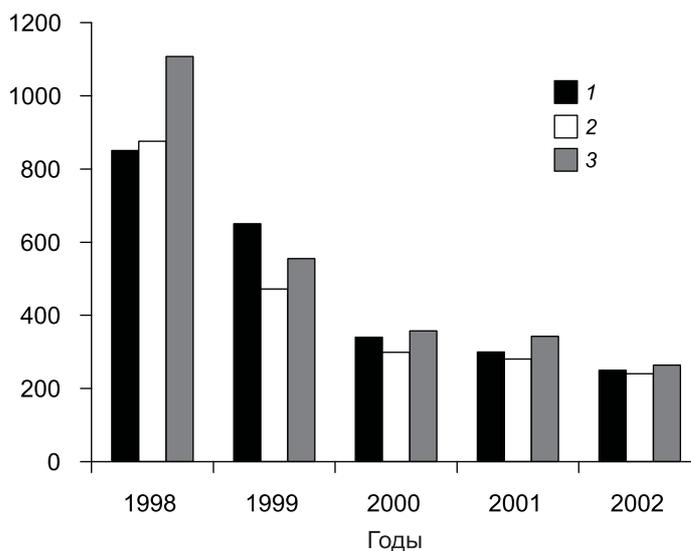


Рис. 2. Изменение коэффициента расхода сырца ( $K_{пр}$ ) в связи с длиной минтая при производстве а — филе и б — обезглавленной рыбы



**Рис. 3.** Колебания ОДУ (1), официального (2) и фактического (3) вылова минтая в 1998–2000 гг. в восточной части Охотского моря (Западно-Камчатская и Камчатско-Курильская подзоны)

ражении соответствует 9,5%. Соотнеся вышеприведенные цифры с величинами ОДУ для рассматриваемого района, приходится констатировать, что почти ежегодно рекомендуемые к вылову объемы превышаются (рис. 3).

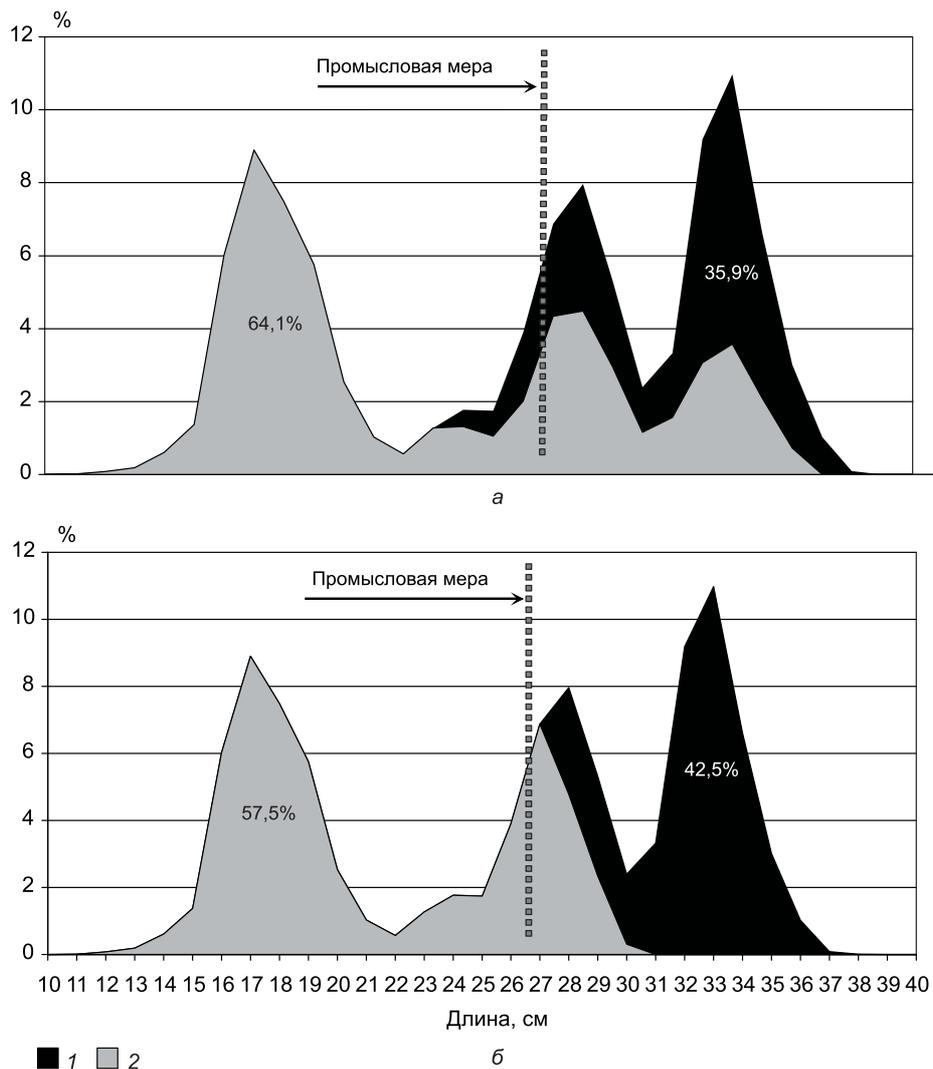
Зная размерный состав выброшенных рыб, можно оценить их количество по возрастным группам и поколениям. В результате только минтая урожайной генерации 1995 г., согласно нашим расчетам, было выброшено за борт более 850 млн экз., что сопоставимо со средним по численности годовым классом. Неучтенные потери рыб поколений 1993–1994 гг. составили примерно по 300 млн экз.

Как уже было отмечено выше, в последние несколько лет проблема неконтролируемых выбросов весьма остро обозначилась и при добыче корфо-карагинской сельди. Оказалось, что доля выбросов во многом зависит от того, куда поставляет судно готовую продукцию: на внутренний рынок или на экспорт (рис. 4). Обычно отбраковывается молодь длиной менее промысловой меры и особи с наполненными желудками. Однако, если судно выпускает продукцию на экспорт, подход к определению качества продукции строже, следовательно, и доля отсортированных рыб выше. В последнем случае, в обработку не попадает сельдь с покрасневшей предкрышкой, любыми незначительными повреждениями кожных покровов либо не удовлетворяющая иным требованиям (например, имеющая вес меньше определенного).

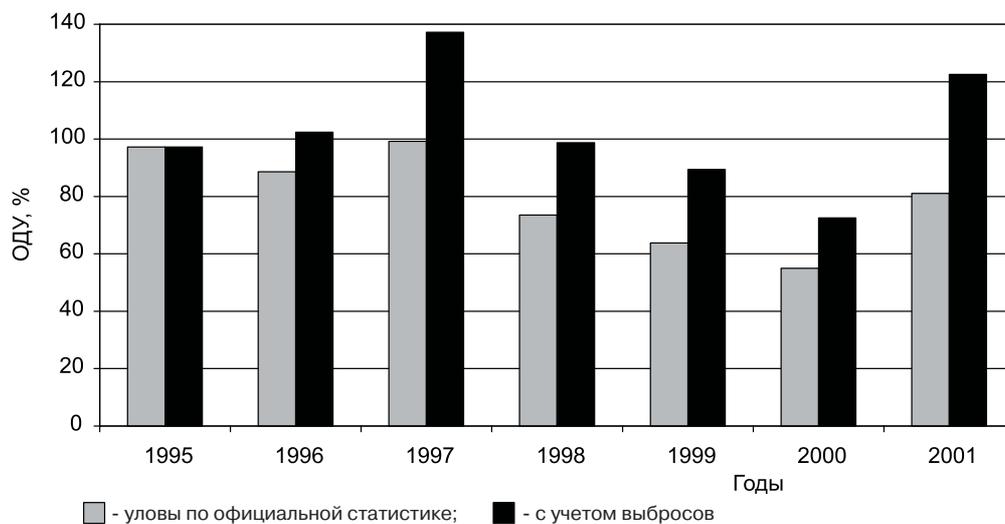
Как было установлено, селективный подход к использованию уловов сельди, как и на промысле минтая, является характерной чертой лишь крупнотоннажного флота (КТФ), поскольку среднетоннажный флот (СТФ) самостоятельной переработкой рыбы не занимается. Пойманная СТФ рыба обычно сдается на плавбазы, где при приемке взвешивается. В качестве примера можно привести итоги работы КТФ осенью 2001 г., когда в количественном выражении до 58% уловов при работе судна на внутренний рынок и до 64% при поставках изготовленной продукции за рубеж, отбраковывалось. В весовом выражении доля улова, не пошедшего в обработку, составила 29% и 48% соответственно. В 1999 г. были отмечены случаи еще более радикального подхода к сортировке сельди, идущей в обработку. На некоторых судах при сохранении описанных выше требований к качеству сырца за борт отправлялась вся сельдь весом менее 300 г. (т.е. длиной менее 30 см), доля выбросов в количественном выражении в таких случаях достигала 77%.

В 1996–1997 гг. при невысоких рекомендованных к вылову объемах неучтенные выбросы сельди не превышали 10,5 тыс. т, однако в последующие годы с возобновлением интенсивного режима промысла их количество значительно возросло: в 1998 г. — около 18 тыс. т; в 1999 г. — 61,5; в 2000 г. — 30; в 2001 г. — 41 тыс. т. По предварительным расчетам, в период с сентября по декабрь 2002 г. фактический вылов сельди превысил официальный на 12,6 тыс. т и составил 65,2 тыс. т.

Таким образом, с момента возобновления полномасштабного промысла сельди в западной части Берингова моря доля реализации объемов ОДУ с учетом выбросов крупнотоннажным флотом составила: в 1995 г. — 97,2%; в 1998 г. — 98,7; в 1999 г. — 89,4; в 2000 г. — 72,5%. Более того, в 1996, 1997 и 2001 гг. ОДУ был превышен (рис. 5).



**Рис. 4.** Отношение пошедшей в обработку (1) и выброшенной за борт (2) сельди в уловах крупнотоннажных судов, выпускавших в 2001 г. продукцию по размерным группам а – на экспорт и б – для внутреннего рынка



**Рис. 5.** Отношение годового улова сельди к рекомендованному ОДУ (%) в 1995–2001 гг.:

В результате оцененный нами суммарный вылов за период с 1995 по 2002 г. составил 666,4 тыс. т. Из приведенной цифры 176,5 тыс. т – неучтенные выбросы. Только из урожайного поколения 1993 г. за семь лет промысла было выловлено и не учтено официальной статистикой около 115 млн экз. По всей видимости такая же судьба ожидает среднеурожайное поколение 2000 г., которого только в ходе осенней путины 2001 г. было выловлено около 28 млн экз.

Подводя итог исследованиям последних лет, можно заключить, что оптимальным решением проблемы выбросов на специализированных минтаевом и сельдевом промыслах с позиции рационального использования природных ресурсов явилось бы полное взвешивание и учет улова до поступления его в переработку, как это делается в ряде стран. Другим способом решения данного вопроса может стать заблаговременная оценка возможных выбросов и включение объемов выбросов в прогнозируемый ОДУ на будущие годы. Однако при этом неизбежно снижение объемов вылова, рекомендуемых к изъятию.

### Литература

- Балькин П.А. и др.* 2002. Межгодовая динамика запасов минтая в восточной части Охотского моря и их современное состояние // *Вопр. рыболовства*. Т. 3. Вып. 4.– С. 667–674.
- Буслов А.В., Варкентин А.И.* 2000. Как усовершенствовать учет вылова минтая // *Рыбное хозяйство*. № 6.– С. 33–34.
- Варкентин А.И., Золотов А.О., Буслов А.В.* 2000. Недоучет вылова минтая как один из факторов снижения численности // *Проблемы охраны и рационального использования биоресурсов Камчатки: Сб. докл. второй Камчатской областной науч.-практ. конф.*– Петропавловск-Камчатский.– С. 13–15.
- Золотов А.О.* 2003. Современный промысел корфо-карагинской сельди и некоторые аспекты его регулирования // *Вопр. рыболовства*. Т. 4. Вып. 1.– С. 103–115.
- Единые* нормы отходов, потерь, выхода готовой продукции и расхода сырья при производстве пищевой продукции из морских гидробионтов. 2002.– М.: Госкомрыболовство РФ.– 105 с.
- Науменко Н.И.* 2001. Биология и промысел морских сельдей Дальнего Востока.– Петропавловск-Камчатский: Печатный двор.– 330 с.
- Науменко Н.И., Бонк А.А.* 1999. Корфо-карагинская сельдь (запасы и промысел) // *Рыбное хозяйство*. № 1.– С. 27–28.
- Охотоморский* минтай – 2002 (путинный прогноз). 2001.– Владивосток: ТИНРО-центр.– 59 с.
- Охотоморский* минтай – 2003 (путинный прогноз). 2002.– Владивосток: ТИНРО-центр.– 67 с.

### РЕФЕРАТЫ

УДК 639.211

**Гриценко О.Ф., Кловач Н.В., Рассадников О.А. К оценке возможного изъятия тихоокеанских лососей в море** // Методические аспекты исследований рыб морей Дальнего Востока: Труды ВНИРО.– Т. 146.– М.: Изд-во ВНИРО, 2006.– С. 10–13.

Учитывая современное состояние запасов тихоокеанских лососей, их возможное изъятие в море может составлять 25 тыс. т, поскольку именно после снижения объемов японского морского промысла до этой величины уловы тихоокеанских лососей в России начали увеличиваться наиболее значительно. Такая величина вылова является практически не ощутимой для прибрежного промысла и воспроизводства.

УДК 639.223.5

**Бабаян В.К., Васильев Д.А., Варкентин А.И., Сергеева Н.П. Методические особенности обоснования ОДУ минтая в условиях неопределенности** // Методические аспекты исследований рыб морей Дальнего Востока: Труды ВНИРО.– Т. 146.– М.: Изд-во ВНИРО, 2006.– С. 13–37.

На примере восточноохотоморского запаса минтая реализована процедура обоснования ОДУ в условиях неопределенности (ошибок в исходной информации и неполной адекватности расчетных методов). Используются четыре варианта биопромысловых данных за период с 1974 по 2003 г. включительно. Показано, что различие между сравниваемыми вариантами обусловлено способами оценки возрастного состава уловов (по чешуе или по отолитам), а также учетом или игнорированием выбросов молоди.

УДК 639.2053.8:639.223.5 (265.518)

**Булатов О.А. Вопросы прогнозирования ОДУ и промысел минтая Берингова моря** // Методические аспекты исследований рыб морей Дальнего Востока: Труды ВНИРО.– Т. 146.– М.: Изд-во ВНИРО, 2006.– С. 37–58.

Рассмотрены теоретические и практические аспекты прогнозирования ОДУ. Разработана матрица выбора стратегии управления промыслом в зависимости от типа динамики и уровня запасов минтая. Показано, что современная система управления промыслом, основанная на принципе квотирования, нуждается в модернизации. Предложено регулировать промысловую деятельность посредством ограничения сроков промысла и количества выставляемых судов.

УДК 639.222.2

**Богданов Г.А. О принципах оценки допустимого улова тихоокеанских сельдей** // Методические аспекты исследований рыб морей Дальнего Востока: Труды ВНИРО.– Т. 146.– М.: Изд-во ВНИРО, 2006.– С. 58–66.

Анализ методов оценки ОДУ тихоокеанской сельди показал эффективность метода В.П.Серебрякова, основанного на связи запас-пополнение, а при стабильном запасе – методов Е.М. Малкина и П.В. Тюрина. Попытки искусственного снижения интенсивности промысла в условиях низкого уровня запаса изъятия летнего прироста биологически недостаточно обоснованы и малоэффективны.

УДК 551.582 (261.1+265.2)

**Кровнин А.С., Богданов М.А., Мурый Г.П., Тананаева Ю.Н. Сравнительный подход к изучению изменчивости экосистем Северной Атлантики и Северной Пацифики (с использованием климатических данных)** // Методические аспекты исследований рыб морей Дальнего Востока: Труды ВНИРО.– Т. 146.– М.: Изд-во ВНИРО, 2006.– С. 67–83.

Исследована пространственно-временная структура климатических колебаний в северных частях Атлантического и Тихого океанов. Выявлены климатические режимы, проявляющиеся в изменении

ях биолого-промысловых характеристик гидробионтов в указанных океанах. Раздельный анализ использованных временных рядов методом главных компонент обнаружил довольно существенные различия в характере крупномасштабных изменений климатических и биологических параметров. Анализ карт ТПО выявил тенденцию к более раннему началу и увеличению продолжительности гидрологических сезонов в 1996–2003 гг.

УДК 639.211 (265.53)

**Ерохин В.Г. Опыт оперативного прогнозирования подходов горбуши Западной Камчатки // Методические аспекты исследований рыб морей Дальнего Востока: Труды ВНИРО.– Т. 146.– М.: Изд-во ВНИРО, 2006.– С. 83–97.**

Обсуждаются межгодовые особенности анадромных миграций горбуши Охотского моря в прикурильском районе. Показано, что тип динамики дрейферных уловов в прикурильских водах уже в июне, за месяц до начала подходов западнокамчатской и за два месяца – сахалино-курильской горбуши, можно использовать в качестве признака высокой или низкой численности двух ее основных региональных стад. Приведены таблицы определения доминирующего в конкретные годы в бассейне Охотского моря стада горбуши и определения мощности подходов горбуши Западной Камчатки.

УДК 597-116:597.553.2 (282.257.166)

**Миловская Л.В., Городовская С.Б., Толстяк Т.И. К методике определения оптимального количества производителей нерки (*Oncorhynchus nerka*) р. Озерная (Западная Камчатка) // Методические аспекты исследований рыб морей Дальнего Востока: Труды ВНИРО.– Т. 146.– М.: Изд-во ВНИРО, 2006.– С. 97–116.**

Проведена оценка влияния условий нагула на соотношение и размер половых клеток у самок катников озерновской нерки доминирующей возрастной группы 2+ (на основе 20-летних наблюдений) и выявлены функциональные зависимости от некоторых факторов. Показано, что в водоеме с ограниченной нагульной емкостью рост заходов производителей выше оптимума приводит к увеличению содержания половых клеток периода мейотических преобразований (мейоцитов) и снижению доли более развитых клеток – ооцитов периода протоплазматического роста при одновременном уменьшении их диаметра, т.е. к замедлению темпа развития воспроизводительной системы у молоди в пресноводный период жизни.

УДК 639.2.001.5

**Мельников И.В. К методике выполнения крупномасштабных пелагических траловых съемок // Методические аспекты исследований рыб морей Дальнего Востока: Труды ВНИРО.– Т. 146.– М.: Изд-во ВНИРО, 2006.– С. 118–132.**

Обсуждаются методические вопросы, связанные с выполнением крупномасштабных траловых съемок в пелагиали: оптимизация расположения траловых станций, районирование района исследований, достоинства и недостатки различных способов проведения пелагических тралений, приемы и методы корректировки фактических уловов для последующих расчетов численности и биомассы видов, необходимый комплекс дополнительных работ на встреченных скоплениях (прежде всего, минтая и сельди).

УДК 639.2.053.7:639.223.5

**Смирнов А.В., Авдеев Г.В., Николаев А.В., Шевцов В.И. Об оценке запасов охотоморского минтая инструментальными методами // Методические аспекты исследований рыб морей Дальнего Востока: Труды ВНИРО.– Т. 146.– М.: Изд-во ВНИРО, 2006.– С. 132–152.**

Приводятся результаты учетных работ в зимне-весенний период 1998–2002 гг. на всей акватории, где, исключая наиболее глубоководную часть, удалось одновременно выполнить ихтиопланктонные, траловые и акустические съемки. Показана хорошая сопоставимость величин численности и биомассы, полученных по ихтиопланктонной и траловой съемкам. Стандартный акустический способ (БЭТ) дал меньшие значения, применение АЭТ приближало оценки к полученным первыми двумя способами. Подчеркивается, что принятая в настоящее время тактика выполнения комплексных съемок в весенний (нерестовый) период не позволяет в полной мере использовать достоинства и преимущества эхоинтеграционных съемок в силу ряда их методических особенностей.

УДК 639.223.5

**Зверькова Л.М. Методики выполнения научно-исследовательских работ // Методические аспекты исследований рыб морей Дальнего Востока: Труды ВНИРО.– Т. 146.– М.: Изд-во ВНИРО, 2006.– С. 153–159.**

Рассмотрены широко применяемые методы прямых учетных работ по минтаю: ихтиопланктонные, эхоинтеграционно-траловые, донные траловые съемки. Результаты этих съемок являются ос-

новой для оценки величины и структуры запасов, расчета величины ОДУ с заблаговременностью полтора-два года. В отличие от стандартных учетных съемок, контрольный лов выполняют на промысловых скоплениях в режиме промысла. По результатам контрольного лова получают исходные данные для оценки площади, плотности, структуры промысловых скоплений, суточной, месячной, путинной динамики уловов, условий образования промысловых скоплений. Полученные материалы нужны, чтобы оценить запасы минтая и разработать рекомендации по оптимальной расстановке промыслового флота в условиях существующего уровня запасов. Поисковые и путинные съемки проводят для определения величины текущего запаса, его пространственного распределения, плотности и устойчивости промысловых скоплений. Эти данные используют при разработке оперативных рекомендаций по организации промысла.

УДК 597-116:597.562

**Балькин П.А., Варкентин А.И. Интерпретация данных ихтиопланктонных съемок для оценки нерестового запаса минтая** // Методические аспекты исследований рыб морей Дальнего Востока: Труды ВНИРО.– Т. 146.– М.: Изд-во ВНИРО, 2006.– С. 159–165.

Рассмотрена методика расчета нерестового запаса минтая по данным одной или нескольких ихтиопланктонных съемок. При этом использована также информация о температуре воды, продолжительности и интенсивности икрометания. Общая продукция вычисляется интегрированием суточной продукции икры минтая и динамики икрометания в течение сезона размножения. Нерестовый запас рассчитывается, исходя из величины общей продукции икры и учитывая биологические показатели половозрелых особей минтая (плодовитости, соотношения полов, средней массы).

УДК 639.2.053.7:639.223.5

**Кузнецов В.В. Оценка запаса на основе проведения тралово-акустических съемок с визуальной регистрацией акустической записи (на примере минтая, в условиях промыслового судна)** // Методические аспекты исследований рыб морей Дальнего Востока: Труды ВНИРО.– Т. 146.– М.: Изд-во ВНИРО, 2006.– С. 165–181.

Разработана и использована при проведении мониторинга изменений численности минтая *Theragra chalcogramma* у Западной Камчатки методика учета запаса, основанная на проведении тралово-акустических съемок с визуальной количественной регистрацией состояния акустической записи и вычислением индексов обилия рыбы. На основе эмпирически установленной связи между уловами и индексами обилия в обловленном слое определяется потенциальный улов во всей толще воды.

УДК 639.2.001.5:629.124.68

**Тупоногов В.Н., Орлов А.М., Мухаметов И.Н. Сравнительный анализ результатов донных траловых съемок разными судами на островном склоне Северных Курил (методические аспекты интеркалибровочных работ)** // Методические аспекты исследований рыб морей Дальнего Востока: Труды ВНИРО.– Т. 146.– М.: Изд-во ВНИРО, 2006.– С. 181–190.

В тихоокеанских водах северных Курильских островов и у Юго-Восточной Камчатки проведены донные траловые съемки на отечественном НИС «Профессор Леванидов» и японских траулерах «Томи-мару-53», «Томи-мару-82». Наличие общих участков и глубин, а также близкие сроки проведения съемок и методические подходы позволили достоверно сравнить полученные результаты, которые показали, что интеркалибровочные работы донными тралами можно выполнять на стандартных участках с близким соотношением видов. Результаты, полученные по отдельным тралениям, не дают объективной картины.

УДК 639.2.053.7:639.228.2

**Булгакова Т.И., Дьяков Ю.П. Проблемы оценки запаса желтоперой камбалы у западного побережья Камчатки в условиях недостатка информационного обеспечения** // Методические аспекты исследований рыб морей Дальнего Востока: Труды ВНИРО.– Т. 146.– М.: Изд-во ВНИРО, 2006.– С. 191–204.

Усовершенствована методология оценки состояния запасов и прогноза ОДУ желтоперой камбалы у побережья Западной Камчатки. Применение двух различных когортных моделей оценки запаса позволило объединить преимущества каждой из них при формировании прогнозов. По результатам XSA получены оценки биологических ориентиров управления, а с помощью ISVPA найдена оценка такого важного параметра, как коэффициент естественной смертности. Показано, что запас находится в безопасном состоянии и оценка ОДУ находится в интервале 42–59 тыс. т. Низкие уловы в последние годы обусловлены не состоянием запаса, а организационно-экономическими причинами.

УДК 597-113.4:597.562

**Ровнина О.А. К методике определения возраста тихоокеанской трески (*Gadus macrocephalus*)** // Методические аспекты исследований рыб морей Дальнего Востока: Труды ВНИРО.– Т. 146.– М.: Изд-во ВНИРО, 2006.– С. 206–211.

Представлено сравнение результатов определения возраста западно-берингоморской трески по чешуе, отолитам и спилам лучей грудного плавника. Показано различие оценок линейного роста, полученных при использовании разных регистрирующих структур. В качестве регистрирующей структуры, наиболее пригодной для массового определения возраста тихоокеанской трески, предлагаются отолиты, для контроля определения возраста – чешуя (для младших) и лучи грудного плавника (для старших размерно-возрастных групп).

УДК 597.553.2 (571.6)

**Заварина Л.О. Об изменении биологических показателей кеты (*Oncorhynchus keta* Walbaum) на северо-восточном побережье Камчатки** // Методические аспекты исследований рыб морей Дальнего Востока: Труды ВНИРО.– Т. 146.– М.: Изд-во ВНИРО, 2006.– С. 211–226.

Проведен анализ статистики уловов, численности особей на нерестилищах и биологических показателей кеты северо-восточного побережья Камчатки. Показано, что максимальные уловы лосося этого вида приходились на 1940-е г., минимальные – на конец 60-х – середину 70-х гг прошлого века. В последние годы уловы повысились, промысловая эксплуатация в настоящее время находится на высоком уровне, а численность производителей на нерестилищах снизилась. В связи с изменением численности кеты произошло и изменение возрастной структуры. Сократилась доля рыб возраста 3+ и повысилась относительная численность особей старших возрастных групп (4+ и 5+). Вместе со снижением размерно-весовых показателей с 1970-х г. прослеживается тенденция снижения плодовитости самок.

УДК (597-152.6+597.587.9):639.228.2

**Юсупов Р.Р. Оценка естественной смертности, динамики биомассы и допустимого улова североохотоморских камбал (желтоперой, палтусовидной, желтобрюхой и звездчатой)** // Методические аспекты исследований рыб морей Дальнего Востока: Труды ВНИРО.– Т. 146.– М.: Изд-во ВНИРО, 2006.– С. 226–232.

На основе данных о возрасте и росте четырех видов камбал северной части Охотского моря предпринята первая попытка использования метода Л.А. Зыкова для оценки коэффициентов их естественной смертности. Наблюденные и расчетные данные позволили отнести исследуемые виды камбал к популяциям со средней продолжительностью жизни. Согласно расчетам запасы этих видов камбал позволяют ежегодно добывать 3971 т, из которых 93,8% приходится на палтусовидную и желтоперую камбалы.

УДК 597-113.4:639.2.055

**Яржомбек А.А. Рост рыб и возможный вылов** // Методические аспекты исследований рыб морей Дальнего Востока: Труды ВНИРО.– Т. 146.– М.: Изд-во ВНИРО, 2006.– С. 233–237.

С помощью данных автора и литературных источников о росте и смертности определена относительная величина изъятия биомассы, которая не должна приводить к уменьшению промысловой биомассы корфо-карагинской сельди (0,242), белокорого палтуса Петропавловско-Командорского района и минтая Западно-Камчатской подзоны.

УДК 597-152.6:639.223.5

**Яржомбек А.А., Карпенко Э.А. Смертность западнокамчатского минтая по данным уловов 1996 г.** // Методические аспекты исследований рыб морей Дальнего Востока: Труды ВНИРО.– Т. 146.– М.: Изд-во ВНИРО, 2006.– С. 237–241.

Применены сведения о дифференциальной уловистости минтая донным тралом в зависимости от размера рыбы. На основании размерно-возрастного ряда рыб в улове определена общая смертность, которая составила у самцов 34%, у самок 28% в год.

УДК 597-135.1:639.222.2

**Смирнов А.А. Новые данные о массовом половом созревании и промысловой мере гижигинско-камчатской сельди** // Методические аспекты исследований рыб морей Дальнего Востока: Труды ВНИРО.– Т. 146.– М.: Изд-во ВНИРО, 2006.– С. 241–244.

Приводятся сведения о соотношении зрелых и незрелых особей гижигинско-камчатской сельди по возрастным и размерным группам. Показано происходящее в последние годы замедление

темпа полового созревания, снижение средних показателей длины и массы тела по возрастам. Рекомендовано оставить без изменений минимальный промысловый размер.

УДК 639.228.6 (265.53)

**Шершенков С.Ю. О минимальной промысловой мере для черного палтуса Охотского моря** // Методические аспекты исследований рыб морей Дальнего Востока: Труды ВНИРО.– Т. 146.– М.: Изд-во ВНИРО, 2006.– С. 244–247.

Результаты исследований показали, что для охотоморской популяции черного палтуса представляется оптимальной минимальная промысловая мера 58 см по стандартной биологической длине АС или 51 см по промысловой длине АД.

УДК 639.222.2

**Панфилов А.М. К вопросу о минимальной промысловой мере на охотскую сельдь** // Методические аспекты исследований рыб морей Дальнего Востока: Труды ВНИРО.– Т. 146.– М.: Изд-во ВНИРО, 2006.– С. 247–252.

Охотская сельдь созревает в массе на шестом году жизни (5+). Рекомендуемая минимальная промысловая мера равна 24,5 см (АД). При любых значениях постоянной промысловой меры уровень прилова особей непромысловых размеров меняется соответственно возрастной структуре нагульного стада и определяется численностью пополнения. Предлагается введение «плавающей» промысловой меры как способа поддержания уровня запаса при низкой численности пополнения.

УДК 639.232

**Орлов А.М. К обоснованию промысловой меры дальневосточных скатов (Rajidae) на примере массовых западноберинговоморских видов** // Методические аспекты исследований рыб морей Дальнего Востока: Труды ВНИРО.– Т. 146.– М.: Изд-во ВНИРО, 2006.– С. 252–264.

Приведены предварительные данные о половой зрелости 7 видов скатов, позволяющие в первом приближении судить о длине, при которой особи в массе становятся половозрелыми. Кроме того, анализируются различные методы изучения полового созревания. Показано, что для определения длины наступления массовой половой зрелости наиболее достоверные результаты получены при построении огив созревания.

УДК 639.2.053.7:591.134

**Карпенко Э.А., Степанов Г.Н., Акишин В.В., Лапшин О.М. Методика определения размерного состава скопления по характеристикам улова** // Методические аспекты исследований рыб морей Дальнего Востока: Труды ВНИРО.– Т. 146.– М.: Изд-во ВНИРО, 2006.– С. 266–280.

Определена начальная плотность и размерный состав скоплений, облавливаемых рыболовными тралами. Установлены коэффициенты уловистости конкретных конструкций тралов и режимов лова, выполнена оценка уловистости тралов разных конструкций и их производительности.

УДК 639.2.081.117.004.17:639.223.5

**Карпенко Э.А. Оценка уловистости тралов на промысле минтая и определение структуры облавливаемых скоплений** // Методические аспекты исследований рыб морей Дальнего Востока: Труды ВНИРО.– Т. 146.– М.: Изд-во ВНИРО, 2006.– С. 280–285.

Сделан вывод о том, что уловистость тралов изменяется в значительном диапазоне, поэтому оценку уловистости необходимо осуществлять по каждой промысловой операции, в дальнейшем средняя полученная значения. Многократные промысловые испытания тралов свидетельствуют также, что близкие по параметрам орудия лова показывают различную структуру уловов.

УДК 639.2.081.117:639.223.5 (265.53)

**Шевченко А.И., Татарников В.А., Астафьев С.Э. Характеристики уловов минтая крупнотоннажного траулера в Охотоморской экспедиции 2002 г.** // Методические аспекты исследований рыб морей Дальнего Востока: Труды ВНИРО.– Т. 146.– М.: Изд-во ВНИРО, 2006.– С. 285–290.

Рассматриваются особенности тралового промысла минтая в Охотском море в январе - апреле 2002 г. на примере крупнотоннажного судна типа БАТМ. Приведены данные по величине уловов на час траления в четырех локальных районах промысла, в которых анализируется соотношение тралений с различным приловом молоди минтая. На основе полученных результатов сделан вывод о недостаточном уровне селективности промысла минтая в Охотском море. Выявлена зависимость среднего размера минтая в улове от величины прилова молоди.

УДК 639.2.081.117:639.223.5

**Шевченко А.И., Татарников В.А., Астафьев С.Э., Волотов В.М. Ресурсосберегающая технология промысла минтая** // Методические аспекты исследований рыб морей Дальнего Востока: Труды ВНИРО.– Т. 146.– М.: Изд-во ВНИРО, 2006.– С. 290–295.

Рассмотрены пути повышения селективного уровня промысла минтая: увеличение фильтрующей способности траловых мешков без изменения существующих ограничительных мер при его промысле; обоснование и разработка конструкции трала и тактики лова на основе особенностей поведения минтая. Разработана конструкция специализированного трала для облова крупно-размерного придонного минтая. Применение двухслойной структуры в траловом мешке в сравнении с трехслойной позволяет увеличить его фильтрующую способность от 3 до 12 раз, что дает возможность снижать прилов маломерных рыб и сохранять в улове величину рыб промысловых размеров.

УДК 639.2.081.11

**Григорьев С.С. Сравнительный анализ результатов ловов икры и личинок минтая сетями ИКС-80 и Бонго** // Методические аспекты исследований рыб морей Дальнего Востока: Труды ВНИРО.– Т. 146.– М.: Изд-во ВНИРО, 2006.– С. 295–305.

Сравнивалась плотность икры и личинок минтая, вычисленная по результатам ловов ихтиопланктонными сетями ИКС-80 и Бонго. Сбор проб осуществлялся одновременно на одних и тех же станциях в юго-восточной части Берингова моря на судах НИС «Дарвин» в апреле 1988 г. и НИС «Млечный Путь» в апреле-мае 1991 г. В среднем плотности, рассчитанные по результатам ловов икры сетью ИКС-80, оказались в 1,5–2 раза выше, чем по результатам ловов сетью Бонго. Сделан вывод о том, что для получения репрезентативных данных необходима более частая сетка станций в местах наибольших концентраций икры и личинок.

УДК 639.2.053.8

**Балькин П.А., Терентьев Д.А. Состав уловов и возможная схема многовидового прогноза ОДУ в Карагинской подзоне** // Методические аспекты исследований рыб морей Дальнего Востока: Труды ВНИРО.– Т. 146.– М.: Изд-во ВНИРО, 2006.– С. 305–310.

Проведен анализ данных официальной промысловой статистики и морских научно-исследовательских работ для определения возможности перехода к многовидовому прогнозу ОДУ на примере подзоны Карагинская. Сделан вывод о том, что переход на многовидовое прогнозирование ОДУ для этого рыбопромыслового района возможен уже в настоящее время. Отмечена необходимость введения сблокированных квот, в которых будет учтена структура уловов на различных видах промысла.

УДК 639.221.23 (265)

**Ермаков Ю.К. К вопросу организации многовидового рыболовства в Дальневосточном бассейне** // Методические аспекты исследований рыб морей Дальнего Востока: Труды ВНИРО.– Т. 146.– М.: Изд-во ВНИРО, 2006.– С. 310–321.

На основании данных промысловой статистики установлена количественная составляющая прилова при ведении специализированных промысловых операций по траловому лову минтая и сельди в Охотском и Беринговом морях, тралового и снюрреводного лова донно-пищевых рыб в Камчатско-Курильской и Западно-Камчатской подзонах, ярусному лову трески; черного палтуса и морских окуней, а также сетного лова черного палтуса и шипошека. Предложено осуществить переход на многовидовой промысел в отдельных промысловых районах морей Дальнего Востока.

УДК 639.223.5

**Буслов А.В., Бонк А.А., Варкентин А.И., Золотов А.О. Определение недоучета вылова минтая и сельди: методические подходы и результаты** // Методические аспекты исследований рыб морей Дальнего Востока: Труды ВНИРО.– Т. 146.– М.: Изд-во ВНИРО, 2006.– С. 322–328.

При промысле минтая и сельди происходит занижение объемов фактического изъятия этих рыб. Это приводит к превышению общего допустимого улова и биологически безопасного уровня эксплуатации. В работе приводятся методики определения неучтенного вылова на промысле минтая и сельди. Определение величины собственно браконьерского вылова в статье не обсуждается. Недоучет вылова минтая имеет две составляющие: неконтролируемые выбросы мелкой рыбы и использование недостоверных коэффициентов расхода сырца. Недоучет сельди состоит из выбросов рыбы, не подходящей под технологические стандарты. В статье приведены результаты расчетов недоучета вылова при современном промысле минтая и сельди.

# PROCEEDINGS OF VNIRO

VOLUME 146

2006

## ABSTRACTS

**Gritsenko O.E., Klovach N.V., Rassadnikov O.A. Contribution to the Problem of Potential Harvesting of the Pacific Salmon at Sea** // Fish species of the Far Eastern Seas: techniques of research. VNIRO Proceedings. V. 146. M.: VNIRO Publishing. P. 10–13.

In view of the present stock condition of the Pacific salmon their possible catch at sea may reach 25000 tons because the Russian catches of the Pacific salmon began to go up most notably expressly after the decline in the volumes of the Japanese fishing at sea. Such a level of catch has virtually no effect on the inshore fisheries and reproduction.

**Babayan V.K., Vasilyev D.A., Varkentin A.I., Sergeeva N.P. Methodic peculiarities of pollock TAC assessment in uncertainty** // Fish species of the Far Eastern Seas: techniques of research. VNIRO Proceedings. V. 146. M.: VNIRO Publishing. P. 13–37.

Procedure of TAC assessment in conditions of uncertainty (errors in input data and uncertainty in stock assessment methods) was implemented for East Okhotsk Sea pollock. Four sets of input data for the period from 1974 till 2003 were tested. Differences among the data sets were caused by methods of age reading (by scales or otolith) and by taking into account or disregarding discards in catches of young age groups.

**Bulatov O.A. The questions of TAC forecasting and walleye pollock fishery in the Bering Sea** // Fish species of the Far Eastern Seas: techniques of research. VNIRO Proceedings. V. 146. M.: VNIRO Publishing. P. 37–58.

The paper considers theoretical and practical aspects of forecasting the total allowable catch (TAC). A matrix for the choice of fishery management strategy was developed, as dependent on the pattern of dynamics and stock condition of pollock. The author shows that the current fishery management system based on the principle of catch limits needs being modernized. It is suggested to control the fishing activities by way of limiting the time of fishing and the fleet deployed.

**Bogdanov G.A. The principles of TAC assessment in respect of the Pacific herring** // Fish species of the Far Eastern Seas: techniques of research. VNIRO Proceedings. V. 146. M.: VNIRO Publishing. P. 58–66.

The analysis of TAC assessment for the Pacific herring showed the effectiveness of V.P. Serebryakov's method based on the stock / recruitment relationship, whereas in the event of a stable stock the effective methods would be those of E.M. Malkina and P.V. Tyurina. Given a low level of stock the attempts to induce a lower fishing intensity by taking the summer increment in the biomass are not justified enough biologically, and not effective enough.

**Krovnin A.S., Bogdanov M.A., Muriy G.P., Tananaeva Yu. N. A comparative approach to the study of climatic variability in the North Atlantic and North Pacific ecosystems** // Fish species of the Far Eastern Seas: techniques of research. VNIRO Proceedings. V. 146. M.: VNIRO Publishing. P. 67–83.

The spatial and temporal structure of climatic variations in the North Atlantic and the North Pacific was studied. The author identified the climate regimes which are also expressed in the changes of the biological and fishing characteristics of hydrobionts in those oceans. The individual analysis of the time series used by the main component method revealed rather significant differences in the pattern of large – scale changes in the climatic and biological parameters. Ocean surface temperature maps were examined and showed a trend towards an earlier onset and longer duration of the 1996–2003 hydrological seasons.

**Erokhin V.G. The results of operative forecasting of pink salmon runs to the western part of Kamchatka** // Fish species of the Far Eastern Seas: techniques of research. VNIRO Proceedings. V. 146. M.: VNIRO Publishing. P. 83–97.

Peculiarities of anadromous migrations of pink salmon in the Kuril zone of the Sea of Okhotsk in different years are discussed. Dynamics of the drift net catches done in June in the Kuril zone, that is one

month before runs of western- Kamchatka pink salmon, and two months before runs of Sakhalin- Kuril pink salmon can be used as an indicator of high and low abundance of two main regional stocks. The dominant stock in a definite year in the Sea of Okhotsk and the capacity of pink salmon runs to the western Kamchatka can be determined using the algorithms.

**Milovskaya L.V., Gorodovskaya S.B., Tolstiy T.I. Methods of determining the optimum number of the sockeye (*Oncorhynchus nerka*) parent stock in the Ozernaya River (West Kamchatka) // Fish species of the Far Eastern Seas: techniques of research. VNIRO Proceedings. V. 146. M.: VNIRO Publishing. P. 97–116.**

The authors evaluated the impact of feeding conditions on the ratio and size of gametes in the female smolts of the Ozernaya sockeye. The results of a twenty year series of observations of the predominant 2+ age group were used to detect functional dependencies on some factors. It is shown that in waters having a limited feeding capacity an increased run of the parent stock exceeding the optimum level causes a greater content of gametes of the meicyte period and a decline in the share of more developed cells (oocytes) at the protoplasmic growth period, concurrently with reduction of their diameter, i.e. slowing down the rate of development of the reproductive system in juveniles during their freshwater period.

**Melnikov I.V. Methods of realization of the large-scale pelagic trawl surveys // Fish species of the Far Eastern Seas: techniques of research. VNIRO Proceedings. V. 146. M.: VNIRO Publishing. P. 118–132.**

Several practical problems that are met by researchers during large-scale pelagic trawl surveys are discussed in the paper. These include the following items: optimization of the trawling haul position over the investigated area; division of the area into biostatistical regions; advantages and drawbacks of different approaches towards corrections in real catches for subsequent calculation of species number and biomass estimates; additional integrated research on the observed aggregations (mostly on pollock and Pacific herring)

**Smirnov A.V., Avdeev G.V., Nikolaev A.V., Shevtsov V.I.. Stock assessment of the Okhotsk Sea pollock by instrumental methods // Fish species of the Far Eastern Seas: techniques of research. VNIRO Proceedings. V. 146. M.: VNIRO Publishing. P. 132–152.**

The results of pollock stock assessment surveys are presented. The ichthyoplankton, midwater trawl and hydroacoustic surveys were conducted simultaneously in winter-spring 1998–2002. General review and specific peculiarities of each method are described; the authors showed comparability of ichthyoplankton and trawl survey data as well as adaptive acoustic method (AAM). At the same time the abundance and biomass estimates obtained by standard acoustic method (BAM) were lower. It was concluded reasonable to conduct pollock stock assessment surveys in the second half of the year and combine it with ecosystem pelagic trawl survey.

**Zverkova L.M. The methods of marine research works on pollock // Fish species of the Far Eastern Seas: techniques of research. VNIRO Proceedings. V. 146. M.: VNIRO Publishing. P. 153–159.**

Registration research surveys on pollock include the following items: ichthyoplankton surveys, echo integration-trawl surveys, bottom trawl surveys. By their results we received basic materials for an estimation of size and structure of stocks, calculation of the TAC one and a half-two years in advance. Unlike standard registration surveys, fish-control catch is taken from fishing concentrations in a mode of a commercial catch. From the results of fish-control catch we received data for an estimation of the area, density, structures of considerable aggregations, daily, monthly, fishing-season dynamics of catches, conditions of formation of the aggregations. The received materials are use for an estimation of stocks of pollock and development of recommendations on optimum arrangement of fishing fleet in conditions of an existing stock status. Search- and fishing-season surveys are carried out for determination of the current stock size, its spatial distribution, density and stability of commercial concentrations. These data are used for development of operative recommendations on the organization of commercial fishing.

**Balykin P.A., Varkentin A.I. Interpretation of ichthyoplankton survey data for the assessment of the spawning stock of Pollock // Fish species of the Far Eastern Seas: techniques of research. VNIRO Proceedings. V. 146. M.: VNIRO Publishing. P. 159–165.**

The paper considers the methods of assessing the SSB of pollock as based on the results of one or several ichthyoplankton surveys. Water temperature data, and those on the duration and intensity of spawning, were used as well. The overall production was computed by integrating the daily production of pollock eggs and spawning dynamics during the season of reproduction. The spawning stock is calculated on the basis of the total production of eggs with due regard to the biological characteristics of mature pollock (fecundity, sex ratio, mean weight).

**Kuznetsov V.V. The estimate of sock size based on trawling-acoustic surveys with visual registration of acoustic records (with special reference to pollock, under conditions of commercial vessel)** // Fish species of the Far Eastern Seas: techniques of research. VNIRO Proceedings. V. 146. M.: VNIRO Publishing. P. 165–181.

The method of stock estimate based on trawling-acoustic surveys with visual numerical registration of acoustic records and calculation of abundance indices was elaborated and used for monitoring of West Kamchatka pollock *Theragra chalcogramma* abundance. On the basis of empirically estimated correlation between catches and abundance indices in fished water layer the potential catch in whole water column is estimated.

**Tuponogov V.N., Orlov A.M., Mukhametov I.N. Comparative analysis of the results of bottom trawl surveys from various vessels on the island slope of the North Kurils (intercalibration techniques)** // Fish species of the Far Eastern Seas: techniques of research. VNIRO Proceedings. V. 146. M.: VNIRO Publishing. P. 181–190.

Bottom trawl surveys were made from the Russian R/V «Professor Levanidov» and Japanese trawlers «Tomi-maru 53», «Tomi-maru 82» in the Pacific off the North Kurils and Southeast Kamchatka. The presence of common grounds and depths, similar timing of the surveys and techniques made it possible to compare reliably the results obtained which showed that intercalibration of ground trawl can be made among standard grounds, with a close ratio of species. The results obtained from individual trawling do not provide a true picture.

**Bulgakova T.I., Dyakov Yu.P. Problems of stock assessment of yellowfin flounder off West Kamchatka under shortage of data** // Fish species of the Far Eastern Seas: techniques of research. VNIRO Proceedings. V. 146. M.: VNIRO Publishing. P. 191–204.

Stock assessment and TAC forecasting technique in respect of the yellowfin flounder off West Kamchatka was improved. The use of two different cohort stock assessment models made it possible to combine the advantages of each of those in making projections. The results of XSA were used to obtain the values of biological management reference points while such an important parameter as the natural mortality rate was estimated by ISVPA. It was shown that the stock was in safe condition while TAC estimates were within 42000–59000 tons. The low catches of recent years resulted from organizational and economic reasons rather than the status of stocks.

**Rovnina O.A. Age determination of pacific cod *Gadus macrocephalus*** // Fish species of the Far Eastern Seas: techniques of research. VNIRO Proceedings. V. 146. M.: VNIRO Publishing. P. 206–211.

The results of ageing of the West Bering Sea cod by scale, otoliths and cuts of the pectoral fin rays are compared. The paper shows the difference between the linear growth estimates obtained through using various recording structures. The recording structure of otoliths was put forward as the most suitable for mass determination of age of the Pacific cod. The scales were found more appropriate for verification of the age of juveniles, whereas the rays of pectoral fin were better for the senior age / size groups.

**Zavarina L.O. On the dynamics in biological characteristics of chum salmon *Oncorhynchus keta* (Walbaum) at the north-east coast of Kamchatka** // Fish species of the Far Eastern Seas: techniques of research. VNIRO Proceedings. V. 146. M.: VNIRO Publishing. P. 211–226.

Analysis of catch statistics, abundance of fishes in spawning grounds and biological characteristics of chum salmon at the north-east coast of Kamchatka has been carried out. It has been shown that the maximum catches of chum salmon were in the 1940-s, the minimum ones were from the late 1960-s to mid 1970-s. By recent years the catches have been increased; commercial exploitation nowadays has got at a high level, the abundance of adult fishes in spawning grounds has got decreased. The changes in the abundance of chum salmon caused the changes in the age structure. The percent age of 3+ fishes has been reduced, also the relative abundance of older age groups (4+ and 5+) has been increased. Along getting reduced the size-weight characteristics since the 1970-s the tendency of getting reduced the female fecundity has been revealed.

**Yusupov P.P. Evaluation of the natural mortality, biomass dynamics and allowable catch of the North Okhotsk Sea flounders (yellowfin, flathead, Alaska plaice and starry)** // Fish species of the Far Eastern Seas: techniques of research. VNIRO Proceedings. V. 146. M.: VNIRO Publishing. P. 226–232.

The first attempt to apply L.A. Zykov's method (1986) to the determination of their natural mortality rates was made on the basis of the age and growth data for four species of flounder in the North Sea of Okhotsk. The observation and assessment data enabled the author to refer the species of flounder examined to the populations having the average duration of life. As was calculated, the stocks of these species of flounder can ensure the annual catch of 3971 tons where the flathead and yellowfin flounders make up 93.8 percent.

**Yarzhombek A.A. The growth of fish and possible catch** // Fish species of the Far Eastern Seas: techniques of research. VNIRO Proceedings. V. 146. M.: VNIRO Publishing. P. 233–237.

The author's data on the growth and mortality and sources were used to determine a relative size of catch which would not entail a decline in the fishing biomass of the Korf-Karagin herring (0.242), Pacific halibut of the Petropalvsk-Commander area (0.0447) and West Kamchatka pollock (total mortality 0.243)/

**Yarzhombek A.A., Karpenko E.A. Mortality in the West Kamchatka pollock by the 1996 catch data** // Fish species of the Far Eastern Seas: techniques of research. VNIRO Proceedings. V. 146. M.: VNIRO Publishing. P. 237–241.

The differential catchability data from the bottom trawl fishery for pollock as function of the size of fish, and the size-age data series attained from the catches were used to determine the overall mortality: 34% in males, 28% in females a year.

**Smirnov A.A. New data of the general age at maturity and fishing size for Gizhigin-Kamchatka herring** // Fish species of the Far Eastern Seas: techniques of research. VNIRO Proceedings. V. 146. M.: VNIRO Publishing. P. 241–244.

Data on the proportion of mature and immature individuals of the Gizhigin-Kamchatka herring by age and size groups are given. The author describes the slower maturation rate of recent years, and the decline in the mean body length / weight data by age. It is advised to leave the minimum fishing size unchanged.

**Shershenkov S. Yu. The minimum fishing size for black halibut of the Sea of Okhotsk** // Fish species of the Far Eastern Seas: techniques of research. VNIRO Proceedings. V. 146. M.: VNIRO Publishing. P. 244–247.

The results of the study showed that 58cm as the minimum fishing sizes by the standard biological length AC, or 51cm by the fishing length AD appear to be optimal for the Sea of Okhotsk population of black halibut.

**Panfilov A.M. The minimum fishing size for the herring of the sea of Okhotsk** // Fish species of the Far Eastern Seas: techniques of research. VNIRO Proceedings. V. 146. M.: VNIRO Publishing. P. 247–252.

Basically, the Sea of Okhotsk herring becomes mature at the age of 5+. The recommended minimum fishing size is 24.5 (AD). At any value of the constant fishing size the level of bycatch of the undersized fish varies according to the age structure of the feeding stock and depends on the size of recruitment. It is suggested to introduce an adjustable size limit as a method to maintain the level of stock under a low abundance of recruitment.

**Orlov A.M. Background for the minimum fishing size of the Far-Eastern skates (Rajidae): example of mass West Bering Sea species** // Fish species of the Far Eastern Seas: techniques of research. VNIRO Proceedings. V. 146. M.: VNIRO Publishing. P. 252–264.

The paper provides maturity data for seven species of skates which allowed the author to make approximations as to the basic length at maturation. Besides, various methods of studying maturation are analyzed. It is shown that the best results for determining the length at mass maturation are based on maturation ogives.

**Karpenko E.A., Stepanov G.N., Akishin V.V., Lapshin O.M. Techniques of finding out the size composition of concentrations by catch characteristics** // Fish species of the Far Eastern Seas: techniques of research. VNIRO Proceedings. V. 146. M.: VNIRO Publishing. P. 266–280.

The initial density and size composition of concentrations fished with trawls were found out. The authors determined catchability rates for specific designs of trawls and fishing patterns, and assessed the catchability of trawls of various designs and their production rate.

**Karpenko E.A. Estimated trawl catchability in Alaska pollock fishery, and determination of the structure of concentrations fished** // Fish species of the Far Eastern Seas: techniques of research. VNIRO Proceedings. V. 146. M.: VNIRO Publishing. P. 280–285.

Conclusion is made that the catchability rate of trawls ranges widely, hence it should be calculated for each fishing operation and then averaged. The multiple fishing test of trawls also show that the gears having similar characteristics yield catches of differing structures.

**Shevchenko A.I., Tatarnikov V.A., Astafiev S.E. Characteristics of pollock catching by large-tonnage trawler in the Okhotsk Sea expedition** // Fish species of the Far Eastern Seas: techniques of research. VNIRO Proceedings. V. 146. M.: VNIRO Publishing. P. 285–290.

Separate parameters of trawl fishery for Alaska pollock in Okhotsk Sea in January – April, 2002 by an example of a large tonnage vessel such as BATM are considered. The data on size of catch at one hour trawling in four local areas of Okhotsk Sea fishery are given. On the same areas the ratio of trawling with various bycatch of young fish is given. On the basis of the analysis of the contents of young in catch conclusion is made on an insufficient level of selectivity of pollock fishery in Okhotsk Sea. The dependence of the average size of pollock in catch on the bycatch of the young fish in catches is revealed.

**Shevchenko A.I., Tatarnikov V.A., Astafiev S.E., Volotov V.M. Resource saving technology of wall-eye pollock fishery** // Fish species of the Far Eastern Seas: techniques of research. VNIRO Proceedings. V. 146. M.: VNIRO Publishing. P. 290–295.

The ways to increase the selectivity of walleye pollock fishery are considered, such as increasing of filtering ability of trawl codend without change of existing restrictive measures, or development of trawl design and fishery tactics on the basis of walleye pollock behavior features. The specialized design of trawl allows us to catch big bottom fish with low bycatch of young fish, in comparison with routine fisheries trawl. The using of two-layer structure in trawl codend instead of three-layer structure allows us to increase its filtering ability by 3–12 times. As a result, bycatch of young fish is reduced without reducing the catch of fish of commercial size.

**Grigoriev S.S. Comparative analysis of the results of taking eggs and larvae pollock with IKS-80 and Bongo nets** // Fish species of the Far Eastern Seas: techniques of research. VNIRO Proceedings. V. 146. M.: VNIRO Publishing. P. 295–305.

The densities of pollock eggs and larvae calculated using the results of tows made with ichthyoplankton nets IKS-80 and Bongo were compared. Samples were collected concurrently at the same stations in the South-East Bering Sea from R/V «Darwin» in April 1988 and R/V «Milky way» in April – May 1991. On the average, the densities calculated by the results of fishing eggs with IKS-80 were 1.5–2 times greater than those fished with Bongo nets. The need for a greater coverage with a grid of stations at the major sites of egg and larvae aggregations to obtain representative data is concluded.

**Balykin P.A., Terentiev D.A. Structure of catches and possible scheme of the multispecies forecast TAC (OY) in subarea Karaginskaya** // Fish species of the Far Eastern Seas: techniques of research. VNIRO Proceedings. V. 146. M.: VNIRO Publishing. P. 305–310.

The data analysis of official fishery statistics and marine scientific data was conducted with purpose to estimate the transition to the multispecies forecast TAC (OY) on an example of the subarea Karaginskaya. The conclusion is made that the transition to multispecies forecasting TAC (OY) for this fishing subarea is possible already now. The necessity of introducing combined quotas is marked, where the structure of catches (of different species) at different fisheries would be taken into account.

**Ermakov Yu. K. The establishment of multispecies fisheries in the Far Eastern Region** // Fish species of the Far Eastern Seas: techniques of research. VNIRO Proceedings. V. 146. M.: VNIRO Publishing. P. 310–321.

Catch statistics were used to determine the bycatch, in numerical terms, in trawl fishing operations targeted at pollock and herring in the Bering and Okhotsk Seas; in trawl and Danish seine fishing for «ground/food» fish species off Kamchatka-Kuril, and West Kamchatka subzones; in the longline cod fishery; in the black halibut and redfish fisheries; and in the net fishery for black halibut and spiny cheeked rockfish. It is suggested to change over to multispecies fishing in individual fishing areas of the Far Eastern seas.

**Buslov A.V., Bonk A.A., Varkentin A.I., Zolotov A.O. Assessment of walleye pollock and herring catch underestimation: methodological approaches and results** // Fish species of the Far Eastern Seas: techniques of research. VNIRO Proceedings. V. 146. M.: VNIRO Publishing. P. 322–328.

In fact catch of walleye pollock and herring usually has been underestimated. That actually provokes the catch volumes over the AHL or reasonable level of biological sustainability in the course of exploitation. Methods for the assessment of walleye pollock and herring catch underestimation are suggested in this work. Although there is not a discussion of the very volumes got as a result of poaching. The walleye pollock catch underestimation is suggested to consist of two components: non controlled discards of small-size fish and inadequate coefficients used for the expenses of raw. The herring underestimation is suggested to consist of discards of substandard fish. Results of catch underestimation assessments in contemporary walleye pollock and herring fisheries have been presented in this work.

## Содержание

ПРЕДИСЛОВИЕ .....	5
МЕТОДЫ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ И УПРАВЛЕНИЯ ПРОМЫСЛОМ .....	9
<b>Гриценко О.Ф., Кловач Н.В., Рассадников О.А.</b> К оценке возможного изъятия тихоокеанских лососей в море .....	10
<b>Бабаян В.К., Васильев Д.А., Варкентин А.И., Сергеева Н.П.</b> Методические особенности обоснования ОДУ минтая в условиях неопределенности .....	13
<b>Булатов О.А.</b> Вопросы прогнозирования ОДУ и промысел минтая Берингова моря .....	37
<b>Богданов Г.А.</b> О принципах оценки ОДУ тихоокеанских сельдей .....	58
<b>Кровнин А.С., Богданов М.А., Мурый Г.П., Тананаева Ю.Н.</b> Сравнительный подход к изучению изменчивости экосистем Северной Атлантики и Северной Пацифики (с использованием климатических данных) .....	67
<b>Ерохин В.Г.</b> Опыт оперативного прогнозирования подходов горбуши Западной Камчатки .....	83
<b>Миловская Л.В., Городовская С.Б., Толстяк Т.И.</b> К методике определения оптимального количества производителей нерки ( <i>Oncorhynchus nerka</i> ) р. Озерная (Западная Камчатка) .....	97
МЕТОДЫ ОЦЕНКИ ЗАПАСОВ .....	117
<b>Мельников И.В.</b> К методике выполнения крупномасштабных пелагических траловых съемок .....	118
<b>Смирнов А.В., Авдеев Г.В., Николаев А.В., Шевцов В.И.</b> Об оценке запасов охотоморского минтая инструментальными методами .	132
<b>Зверькова Л.М.</b> Методики выполнения научно-исследовательских работ .....	153
<b>Балькин П.А., Варкентин А.И.</b> Интерпретация данных ихтиопланктонных съемок для оценки нерестового запаса минтая .....	159
<b>Кузнецов В.В.</b> Оценка запаса на основе проведения тралово-акустических съемок с визуальной регистрацией акустической записи (на примере минтая, в условиях промыслового судна) .....	165
<b>Тупоногов В.Н., Орлов А.М., Мухаметов И.Н.</b> Сравнительный анализ результатов донных траловых съемок разными судами на островном склоне Северных Курил (методические аспекты интеркалибровочных работ) .....	181
<b>Булгакова Т.И., Дьяков Ю.П.</b> Проблемы оценки запаса желтоперой камбалы у западного побережья Камчатки в условиях недостатка информационного обеспечения .....	191

ЛИНЕЙНЫЙ РОСТ, ВОЗРАСТ И ПАРАМЕТРЫ СМЕРТНОСТИ .....	205
<b>Ровнина О.А.</b>	
К методике определения возраста тихоокеанской трески ( <i>Gadus macrocephalus</i> ) .....	206
<b>Заварина Л.О.</b>	
Об изменении биологических показателей кеты ( <i>Oncorhynchus keta</i> Walb.) на северо-восточном побережье Камчатки .....	211
<b>Юсупов Р.Р.</b>	
Оценка естественной смертности, динамики биомассы и допустимого улова североохотоморских камбал (желтоперой, палтусовидной, желтобрюхой и звездчатой) .....	226
<b>Яржомбек А.А.</b>	
Рост рыб и возможный вылов .....	233
<b>Яржомбек А.А., Карпенко Э.А.</b>	
Смертность западнокамчатского минтая по данным 1996 г. ....	237
<b>Смирнов А.А.</b>	
Новые данные о массовом половом созревании и промысловой мере гижигинско-камчатской сельди .....	241
<b>Шершенков С.Ю.</b>	
О минимальной промысловой мере для черного палтуса Охотского моря .	244
<b>Панфилов А.М.</b>	
К вопросу о минимальной промысловой мере на охотскую сельдь .....	247
<b>Орлов А.М.</b>	
К обоснованию промысловой меры дальневосточных скатов (сем. Rajidae) на примере массовых западноберингоморских видов .....	252
СЕЛЕКТИВНОСТЬ ОРУДИЙ ЛОВА И МНОГОВИДОВОЕ РЫБОЛОВСТВО .	265
<b>Карпенко Э.А., Степанов Г.Н., Акишин В.В., Лапшин О.М.</b>	
Методика определения размерного состава скопления по характеристикам улова .....	266
<b>Карпенко Э.А.</b>	
Оценка уловистости тралов на промысле минтая и определение структуры его облавливаемых скоплений .....	280
<b>Шевченко А.И., Татарников В.А., Астафьев С.Э.</b>	
Характеристики уловов минтая крупнотоннажного траулера в Охотоморской экспедиции 2002 г. ....	285
<b>Шевченко А.И., Татарников В.А., Астафьев С.Э., Волотов В.М.</b>	
Ресурсосберегающая технология промысла минтая .....	290
<b>Григорьев С.С.</b>	
Сравнительный анализ результатов ловов икры и личинок минтая сетями ИКС-80 и БОНГО .....	295
<b>Балькин П.А., Терентьев Д.А.</b>	
Состав уловов и возможная схема многовидового прогноза ОДУ в Карагинской подзоне .....	305
<b>Ермаков Ю.К.</b>	
К вопросу организации многовидового рыболовства в Дальневосточном бассейне .....	310
<b>Буслов А.В., Бонк А.А., Варкентин А.И., Золотов А.О.</b>	
Определение недоучета вылова минтая и сельди: методические подходы и результаты .....	322
РЕФЕРАТЫ .....	329

# PROCEEDINGS OF VNIRO

VOLUME 146

2006

## Contents

INTRODUCTION .....	5
FORECASTING METHODS AND FISHERY MANAGEMENT .....	9
<b>Gritsenko O.F., Klovach N.V., Rassadnikov O.A.</b> Contribution to the Problem of Potential Harvesting of the Pacific Salmon at Sea .....	10
<b>Babayan V.K., Vasilyev D.A., Varkentin A.I., Sergeeva N.P.</b> Methodic peculiarities of pollock TAC assessment in uncertainty .....	13
<b>Bulatov O.A.</b> The questions of TAC forecasting and walleye pollock fishery in the Bering Sea .....	37
<b>Bogdanov G.A.</b> The principles of TAC assessment in respect of the Pacific herring .....	58
<b>Krovnin A.S., Bogdanov M.A., Muriy G.P., Tananaeva Yu. N.</b> A comparative approach to the study of climatic variability in the North Atlantic and North Pacific ecosystems .....	67
<b>Erokhin V.G.</b> The results of operative forecasting of pink salmon runs to the western part of Kamchatka .....	83
<b>Milovskaya L.V., Gorodovskaya S.B., Tolstiyak T.I.</b> Methods of determining the optimum number of the sockeye ( <i>Oncorhynchus nerka</i> ) parent stock in the Ozernaya River (West Kamchatka) .....	97
STOCK ASSESSMENT METHODS .....	117
<b>Melnikov I.V.</b> Methods of realization of the large-scale pelagic trawl surveys .....	118
<b>Smirnov A.V., Avdeev G.V., Nikolaev A.V., Shevtsov V.I.</b> Stock assessment of the Okhotsk Sea pollock by instrumental methods .....	132
<b>Zverkova L.M.</b> The methods of marine research works .....	153
<b>Balykin P.A., Varkentin A.I.</b> Interpretation of ichthyoplankton survey data for the assessment of the spawning stock of Pollock .....	159
<b>Kuznetsov V.V.</b> The estimate of sock size based on trawling-acoustic surveys with visual registration of acoustic records (with special reference to pollock, under conditions of commercial vessel) .....	165
<b>Tuponogov V.N., Orlov A.M., Mukhametov I.N.</b> Comparative analysis of the results of bottom trawl surveys from various vessels on the island slope of the North Kurils (intercalibration techniques) ..	181
<b>Bulgakova T.I., Dyakov Yu.P.</b> Problems of stock assessment of yellowfin flounder off West Kamchatka under shortage of data .....	191

GROWTH, AGE AND MORTALITY .....	205
<b>Rovnina O.A.</b>	
Age determination of cod <i>Gadus macrocephalus</i> .....	206
<b>Zavarina L.O.</b>	
On the dynamics in biological characteristics of chum salmon <i>Oncorhynchus keta</i> (Walbaum) at the north-east coast of Kamchatka .....	211
<b>Yusupov P.P.</b>	
Evaluation of the natural mortality, biomass dynamics and allowable catch of the North Okhotsk Sea flounders (yellowfin, flathead, Alaska plaice and starry) .....	226
<b>Yarzhombek A.A.</b>	
The growth of fish and possible catch .....	233
<b>Yarzhombek A.A., Karpenko E.A.</b>	
Mortality in the West Kamchatka pollock by the 1996 catch data .....	237
<b>Smirnov A.A.</b>	
New data of the general age at maturity and fishing size for Gizhigin-Kamchatka herring .....	241
<b>Shershenkov S. Yu.</b>	
The minimum fishing size for black halibut of the Sea of Okhotsk .....	244
<b>Panfilov A.M.</b>	
The minimum fishing size for the herring of the sea of Okhotsk .....	247
<b>Orlov A.M.</b>	
Background for the minimum fishing size of the Far-Eastern skates (Rajidae): example of mass West Bering Sea species .....	252
SELECTIVITY AND MULTISPECIES FISHERY .....	265
<b>Karpenko E.A., Stepanov G.N., Akishin V.V., Lapshin O.M.</b>	
Techniques of finding out the size composition of concentrations by catch characteristics .....	266
<b>Karpenko E.A.</b>	
Estimated trawl catchability in Alaska pollock fishery, and determination of the structure of concentrations fished .....	280
<b>Shevchenko A.I., Tatarnikov V.A., Astafiev S.E.</b>	
Characteristics of pollock catching by large-tonnage trawler in the Okhotsk Sea expedition .....	285
<b>Shevchenko A.I., Tatarnikov V.A., Astafiev S.E., Volotov V.M.</b>	
Resource saving technology of walleye pollock fishery .....	290
<b>Grigoriev S.S.</b>	
Comparative analysis of the results of taking eggs and larvae pollock with IKS-80 and Bongo nets .....	295
<b>Balykin P.A., Terentiev D.A.</b>	
Structure of catches and possible scheme of the multispecies forecast TAC (OY) in subarea Karaginskaya .....	305
<b>Ermakov Yu. K.</b>	
The establishment of multispecies fisheries in the Far Eastern Region .....	310
<b>Buslov A.V., Bonk A.A., Varkentin A.I., Zolotov A.O.</b>	
Assessment of walleye pollock and herring catch underestimation: methodological approaches and results .....	322
ABSTRACTS .....	335

**ТРУДЫ ВНИРО  
ТОМ 146**

**МЕТОДИЧЕСКИЕ  
АСПЕКТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ РЫБ  
МОРЕЙ ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА**

Заведующая редакцией *Г.П. Короткова*  
Редактор *О.И. Проценко*  
Художественный редактор *В.В. Веселова, Ю.С. Яковлев*  
Технический редактор *Л.И. Филатова*  
Корректор *Е.Н. Гаврилова*  
Компьютерная верстка *Л.И. Филатовой, Н.Э. Боровик*

Подписано в печать 22.12.2006 г. Формат 60 × 84<sup>1</sup>/<sub>8</sub>.  
Печ. л. 43,0. Тираж 300 экз. Заказ № .

Издательство ВНИРО  
107140, Москва, ул. Верхняя Красносельская, 17

Тел.: (499) 264-65-33  
Факс: (499) 264-91-87