

На правах рукописи

**ИВАНОВ**  
Александр Николаевич

**СОСТАВ И СТРУКТУРА НЕКТОННОГО СООБЩЕСТВА  
ЭПИПЕЛАГИАЛИ СУБАРКТИЧЕСКОГО ФРОНТА  
СЕВЕРО-ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ ТИХОГО ОКЕАНА**

03.00.10 – ихтиология



**АВТОРЕФЕРАТ**  
Диссертации на соискание ученой степени  
кандидата биологических наук

Владивосток – 2005

Работа выполнена в лаборатории ресурсов пелагиали Федерального государственного унитарного предприятия «Тихоокеанский научно-исследовательский рыбохозяйственный центр» (ФГУП «ТИНРО-Центр»).

Научный руководитель: кандидат биологических наук, ст.н.с.  
Савиных Вадим Федорович

Официальные оппоненты: доктор биологических наук, профессор  
Шунтов Вячеслав Петрович

кандидат биологических наук,  
Лапко Виктор Владимирович

Ведущая организация: Институт биологии моря ДВО РАН

Защита состоится 16 декабря 2005 г. в 10:00 часов на заседании диссертационного совета Д 307.012.01 при ФГУП «ТИНРО-Центр» по адресу: 690950, г. Владивосток, ГСП, пер. Шевченко, 4. Факс (4232) 300-751

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГУП «ТИНРО-Центр»

Автореферат разослан «15» 11. 2005 г.

Ученый секретарь диссертационного совета,  
доктор биологических наук



О.С.Темных

2006-4  
23378

2223461

3

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность работы.** Одним из сложных нектонных сообществ эпипелагиали северо-западной части Тихого океана (СЗТО) является сообщество Субарктического фронта (САФ). Специфика нектонного сообщества этого района определяется взаимодействием водных масс различного происхождения (субтропических и субарктических).

Зона Субарктического фронта является одним из продуктивных регионов Мирового океана. Продуктивность (биомасса) этого района в середине 1980 – х гг. достигала 11 млн. т. Наиболее многочисленны промысловые виды субтропического комплекса, формирующие ядро нектонного сообщества – сардина, сайра, скумбрии, анчоус, кальмар Бартрама. В зоне САФ и прилегающих тихоокеанских водах 200 - мильных зон России и Японии велся крупномасштабный промысел этих видов. Так, за последние 30 лет общий вылов сардины в середине 1980-х гг. (1984-1986 гг.) достигал уровня 3800 – 4400 тыс. т; скумбрий - 900 - 1500 тыс. т во второй половине 1970-х гг.; сайры - 270-380 тыс. т во второй половине 1980-х гг.; анчоуса - 130-315 тыс. т в 1990-е гг.; кальмара Бартрама - 200-375 тыс. т в 1980-е гг.

Качественный и количественный анализ нектонного сообщества и его динамика является составной частью системного анализа морских экосистем. В последнее время для понимания функционирования морских экосистем все большее развитие получают исследования трофических взаимоотношений, которые являются определяющими при трансформации вещества и энергии и занимают центральное место в оценке биологической продуктивности популяций, сообществ и морских экосистем. Данные вопросы для зоны САФ изучены крайне слабо, особенно в динамике, хотя на рубеже 1980-х и 1990-х гг. явно отмечались изменения в нектонном сообществе.

В экспедициях ТИНРО-Центра во второй половине 1980-х и первой половине 1990-х гг. были собраны обширные материалы по нектонному сообществу зоны САФ. Однако обобщающих работ, основанных на этих данных, очень мало (Парин, 1987, 1988; Беляев, 2004). При этом почти не рассматривались трофические взаимоотношения планктона и нектона. В основном они касались отдельных видов или групп нектона.



**Цель исследования** Целью данной работы явилось изучение состава, структуры, элементов функционирования нектона верхней эпипелагиали зоны, САФ СЗТО. Для достижения этой цели сформулированы следующие задачи:

- определить структуру (качественный и количественный состав) нектонного сообщества эпипелагиали зоны САФ СЗТО
- оценить биомассу элементов нектонного сообщества с учетом межгодовой динамики;
- обобщить данные по питанию массовых видов рыб и кальмаров, рационам (качественный и количественный состав);
- определить характер трофических отношений между планктоном и нектоном, оценить масштабы потребления кормовых организмов наиболее массовыми видами нектона в межгодовом плане, определить основные направления потоков вещества и энергии;
- на основе репродуктивного потенциала определить потенциальные возможности изменения численности массовых промысловых видов, составляющих ядро нектонного сообщества САФ.

**Научная новизна.** Впервые обобщен и проанализирован многолетний оригинальный фактический материал по составу и структуре нектонного сообщества зоны САФ. Определен ряд интегральных характеристик состояния нектонного сообщества в различных водных массах прибрежных и океанических районов в пределах зоны САФ.

Рассчитана биомасса основных потребителей и определены объемы потребления ими кормовых организмов в зоне САФ. Определены основные направления переноса вещества и энергии в различные периоды состояния нектонного сообщества.

Впервые проведены оценки репродуктивного потенциала массовых пелагических видов рыб, составляющих ядро нектонного сообщества САФ и пределы колебания их численности.

**Практическая значимость.** Качественные и количественные оценки структурных элементов эпипелагического сообщества зоны САФ позволяют определить перспективные планы и разработки по управлению и эксплуатации биоресурсов рассматриваемого района. Результаты исследований автора уже использовались для прогнозирования тенденций в динамике биологических ресурсов, определения ОДУ важнейших объектов промысла (сардины,

скумбрии, сайры, анчоуса, кальмара Бартрама), тенденций их динамики, а также в расчетах переноса вещества и энергии в системе прибрежные – океанические воды.

**Апробация работы.** Основные результаты исследований представлялись: на 5-ой Индо-Тихоокеанской рыбной конференции (Noumea - New Caledonia, 3-8 November, 1997), на международном морском симпозиуме в Японии (25-28 August, 1998, Nakodate), на Российско-японском симпозиуме по ассоциированным видам (Владивосток, 2000), на IX международной конференции PICES (Япония, 2000), на конференции «Фундаментальные проблемы воды и водных ресурсов» (Томск, 2000), на отчетных годовых сессиях Тинро-Центра в 2003, 2004 гг.

**Публикации.** По теме диссертации опубликовано 16 работ.

**Структура работы.** Диссертация состоит из введения, 5 глав текста, выводов и списка литературы, включающего 213 наименований, в том числе 57 на иностранных языках. Объем работы 208 страниц, включая таблицы и рисунки. Диссертация содержит 42 рисунка и 37 таблиц, 6 приложений.

**Благодарности.** Выражаю искреннюю благодарность научному руководителю В.Ф. Савиных за постоянное внимание к данной работе и помощь в виде консультаций, поправок. Искренне признателен Шунтову В.П. за ряд ценных замечаний и советов, направляющих работу, А.М. Степаненко, А.Н. Вдовину, С.Н. Фадееву — за объективное отношение к работе, деловую критику. Благодарность всем участникам многочисленных комплексных экспедиций, во время которых были собраны фактические материалы, использованные в работе.

## Содержание работы

### Глава 1. Материалы и методика

Настоящая работа выполнялась в рамках раздела тематического плана ТИНРО-Центра. В основу ее положены материалы 10 эпипелагических траловых макросъемок, выполненных в экспедициях ТИНРО-Центра в зоне Субарктического фронта (1983 – 1995 гг.) и 14 экспедиций в районах воспроизводства (1975 – 1992 гг.). В 9 экспедициях автор участвовал лично.

При проведении траловых съемок использовали разноглубинный пелагический трал (тип РТ/ТМ 118/620 м, горизонтальное раскрытие 60 м, вертикальное 50 м) с 10 мм мелкоячейной вставкой в кутковой части тралового мешка, длиной 15 м. Траления продолжительностью 1 ч выполнялись круглосуточно со средней скоростью 5,0 - 5,2 узла в режиме, когда верхняя подбора шла по поверхности. Разрезы проводились в меридиональном направлении. Протяженность разрезов определялась шириной зоны Субарктического фронта. Вся акватория района исследований разбивалась на квадраты 30 x 45 миль.

Общая численность и биомасса для каждого вида рыб определялась площадным методом (Аксютин, 1968) по формуле:

$$N = \sum N_i = \sum \frac{S_i * X_i}{K_i * S_i},$$

где  $N_i$  — численность (биомасса) в  $i$ -том квадрате;  $S_i$  — площадь оцениваемого района;  $X_i$  — средний улов на час/ тр. в квадрате;  $K_i$  — коэффициент уловистости трала для  $i$ -того вида;  $S_i$  — площадь одного облова тралом. При расчетах биомассы и численности рассматриваемых видов использовали поправочные коэффициенты на уловистость трала принятые в практике подобных работ в ТИНРО-Центре. (Шунтов и др., 1986).

Для характеристики состояния сообщества эпипелагического нектона зоны Субарктического фронта использовался ряд интегральных характеристик состояния биологических систем. Видовое богатство в зоне Субарктического фронта определялось числом видов ( $S$ ), встреченных в уловах в верхнем слое эпипелагиали. Индекс полидоминантности рассчитывали по формуле:

$$S_\lambda = (\sum P_i^2)^{-1},$$

где  $P_i$  — доля  $i$ -того вида по биомассе, численности в сообществе, состоящем из  $S$  видов.

Индекс видового разнообразия вычислялся по формуле (Simpson, 1949):

$$E = S_\lambda / S,$$

Для оценки видового сходства нектонного сообщества проводилась градация в пространственном (прибрежные и океанические районы), временном (межгодовые изменения), экологическом (субарктические,

смешанные, субтропические водные массы) планах с использованием интегрального показателя Соренсена в долевым выражении (Одум, 1975).

$$K = \frac{2C}{A + B},$$

где А и В - количество видов в сравниваемых районах, С - количество совпадающих видов. По этому показателю максимальная величина индекса сходства не превышает 1.

Для определения трофической значимости видов рассчитывали объемы потребления ими кормовых организмов. Потребление кормовых организмов определяли по формуле:

$$B = b \cdot R \cdot n,$$

где В – потребляемая биомасса (т, тыс. т); b – средняя биомасса вида за определенный период (т, тыс т); R – суточный рацион (в % от биомассы вида); n – количество суток обитания в зоне Субарктическом фронта. Трофическую принадлежность nekтона и рационы определяли на основании литературных данных и собственных исследований в рассматриваемом районе. Суточные рационы были определены по методикам Н.С. Новиковой (1949), Ю.Г. Юровитского (1962), А.В. Коган (1963).

## Глава 2. Основные черты океанологического режима

В главе по литературным данным рассмотрены гидрологические особенности района исследований. Подчеркивается, что зона Субарктического фронта располагается в западной части района взаимодействия двух макроциркуляционных систем северной Пацифики - субтропической антициклонической и субарктической циклонической. Элементы этих циркуляций в виде течений Ойясио (воды субарктической структуры) и Куроисио (субтропической структуры) являются первопричиной образования биотопов и непосредственно влияют на организацию и функционировании nekтонного сообщества в зоне САФ. Рассматриваются океанологические предпосылки биологической продуктивности в различных водных массах. В пределах зоны САФ первичная продукция максимальна зимой и весной в субтропических водах, а весной и летом - в субарктических водах, при этом зона субарктических вод в целом продуктивнее субтропических.

### Глава 3. Структура и состав nektonного сообщества эпипелагиали зоны Субарктического фронта северо-западной части Тихого океана

#### 3.1. Видовой состав nektonного сообщества эпипелагиали зоны Субарктического фронта

Видовой состав представлен 156 видами рыб и головоногих моллюсков из 64 семейств. Наиболее представлены миктофиды (26 видов), меланостомиевые (*Melanostomiidae* – 7 видов), гемпиловые (*Gempylidae* – 6 видов), скумбриевые (*Scombridae* – 7 видов), лососевые (*Salmonidae* – 5 видов), веретенниковые (*Paralepididae* – 6 видов), ставридовые (*Carangidae* – 5 видов), Остальные семейства представлены 1-4 видами. Многообразие nekтона и сложность его структуры в зоне САФ определяется характером взаимодействия системы двух течений, принадлежащим двум водным массам разного происхождения. Поэтому, в районе САФ отмечаются представители бореального (33%), субтропического (57%) и тропического (10%) комплексов (по числу видов). Отличительной чертой является почти полное отсутствие (1 % от общего числа видов) в эпипелагиали нектобентосных видов по сравнению с другими районами Дальневосточного бассейна. По тесноте связи с эпипелагиалью (Парин, 1968) в nektonном сообществе эпипелагиали САФ выделяются три экологические группировки: голо -, меро - и ксено - эпипелагическая (табл. 1). Большая часть видов этих группировок относится к тропико-субтропическому комплексу.

Табл. 1

Соотношение основных экологических группировок в зоне САФ

Экологическая группировка	Число видов	%	% видов тропико-субтропического комплекса
Голоэпипелагическая (ГЭ)	24	15	92
Мероэпипелагическая (МЭ)	90	58	66
Ксеноэпипелагическая (КЭ)	42	27	55

Постоянные обитатели эпипелагиали голоэпипелагической группировки (ГЭ), самой бедной в видовом отношении преимущественно представлены хищниками (рис. 1). По частоте встречаемости (доля поимок от общего числа тралений) и периодичности встречаемости по годам из этой группировки

можно выделить, в первую очередь, японского леща *Brama japonica* (от 37,4 до 66,7 %), голубую акулу *Prionace glauca* (от 5 до 24 %), сельдевую акулу *Lamna ditropis* (от 0,5 до 29 %), сайру *Cololabis saira* (от 5 до 26 %), рыбу луну *Mola mola* (от 1 до 13 %).

Из временных обитателей эпипелагиали (МЭ группировка) за счет интерзональных (по вертикали) и массовых видов нерито-океанической группы наибольшая доля приходится на планктоноядные виды. По частоте встречаемости из мероэпипелагической группировки следует выделить массовые промысловые виды – дальневосточную сардину *Sardinops melanostictus* (от 8,3 до 66,2 %), скумбрий *Scomber japonicus*, *Scomber australasicus* (от 15,3 до 83,3 %) японского анчоуса *Engraulis japonicus* (от 0,7 до 61,1 %), а также представителей сем. *Mystophidae*.



Рис. 1 Соотношение трофических группировок nekтона в эпипелагиали Субарктического фронта в различных водных массах: СА – субарктические трансформированные водные массы, СМ – смешанные воды, СТ – субтропические водные массы

Для видов, изредка проникающих в эпипелагиаль (КЭ группировка), характерна большая выравненность доли видов различных трофических уровней.

Рассматриваемый период исследований захватил момент существенных изменений в nekтонном сообществе зоны Субарктического фронта. В межгодовом плане в зоне САФ выделяются несколько групп лет с различной видовой структурой. Нектонное сообщество в 1986-1988 гг. можно

характеризовать как монодоминантное с явным преобладанием дальненеритического вида – сардины. 1989, 1990 гг. являлись (при резком снижении численности сардины) переходным периодом от монодоминантного к слабо выраженному полидоминантному сообществу. В 1991-1995 гг. полидоминантность нектонного сообщества проявляется еще в большей степени (Иванов, 1996).

### **3.2. Количественный состав нектонного сообщества зоны Субарктического фронта**

Массовыми являются около не более 3 % общего числа видов, которые формируют ядро ихтиоценоза (Иванов, 1998, 2000). К наиболее многочисленным видам голоэпипелагической группировки следует отнести сайру, морского леща, меч-рыбу, голубую акулу, луну-рыбу, полосатого тунца, сельдевую акулу, на которых приходится около 99 % биомассы данной группировки. Из них наибольшую численность имели первые два вида. Общая численность этой группировки в разные годы находилась в диапазоне  $9,9 \times 10^6$  –  $3,82 \times 10^9$  экз., а биомасса от 9,9 до 943 тыс. т.

Доминирующее положение по числу видов, численности и биомассе в зоне Субарктического фронта занимает МЭ группировка. Ее численность и биомасса обычно превышала на 1-2 порядка две другие экологические группировки. Наиболее многочисленными являются неритопелагические промысловые виды рыб – сардина, скумбрии, анчоус. В среднем за период исследований они составляли 36 % по численности и 91 % по биомассе от всей группировки. Они являются высоко флюктуирующими видами, поэтому численность их в зоне Субарктического фронта изменяется в широком диапазоне. Наибольшую биомассу в середине 1980-х гг. имела дальневосточная сардина. В 1986 г. ее максимальная численность достигала  $2,4 \times 10^{10}$  экз., при биомассе 7,4 млн. т. К середине 1990-х гг. ее численность в зоне Субарктического фронта снизилась на 4 порядка, а биомасса не превышала 1 тыс. т. В первой половине 1990-х гг. доминирующее положение по численности занимал японский анчоус. Его максимальная численность в 1991 г. была оценена в  $5,32 \times 10^{11}$  экз., а биомасса в 2,9 млн. т. Динамика численности сардины и анчоуса в зоне Субарктического фронта находилась в противофазе. Из дальненеритических видов третьими по численности были скумбрии (два вида). Их максимальная численность достигала  $2,5 \times 10^9$  экз., а биомасса 400

тыс. т, т.е. на порядок ниже двух предыдущих видов (Иванов, 2000). Благодаря массовому распространению вдоль Субарктического фронта этих многочисленных видов происходит мощный перенос ихтиомассы в открытые воды. В этой группировке также многочисленны интерзональные виды, поднимающиеся в ночное время в верхние слои воды. Их доля по численности от всей группировки в среднем составляет 35 %, а биомасса не превышает 7 %, так как, в основном, они представлены мелкими формами планктофагов семейства *Myctophidae* (*Ceratoscopelus warmingii*, *Stenobranichius leucopsarus*, *Notoscopelus japonicus*, *Diaphus theta*, *Diaphus perspicillatus*, *Diaphus chrysorhynchus*, *Symbolophorus californiensis*). Численность их определена в диапазоне  $2 \times 10^9$  -  $3 \times 10^{10}$  экз. Эти виды составляют более 90 % биомассы и численности этого семейства. Случайные обитатели эпипелагиали КЭ группировки сравнимы с численностью голоэпипелагической группировки. По плотностным характеристикам доминирующими в различные годы были представители 5 семейств: *Clupeidae* (сардина до 16 т/ км<sup>2</sup>), *Scombridae* (японская скумбрия до 1,3 т/ км<sup>2</sup>), *Myctophidae* (японский нотоскопел *Notoscopelus japonicus* до 0,4 т/ км<sup>2</sup>), *Engraulidae* (японский анчоус до 8,9 т/ км<sup>2</sup>), *Trachipteridae* (ремнетел *Trachipterus ishikawai* до 0,3 т/ км<sup>2</sup>). Их суммарная биомасса в рассматриваемый период колебалась от 30 до 90 % общей ихтиомассы в районе исследований. Другим важнейшим компонентом сообщества Субарктического фронта являются головоногие моллюски и, в частности, самый многочисленный вид этого района - кальмар Бартрама.

К менее многочисленным, но потенциально промысловым видам можно отнести японского леща, который по частоте встречаемости стоит на одном из первых мест. Его биомасса достигала 113 тыс. т, а плотность 0,5 т/ км<sup>2</sup>

Перестройки, происходившие в 1970-е, 1980-е и 1990-е годы в ихтиоценозе САФ, выражались в смене доминирования наиболее массовых промысловых видов на основе естественной динамики численности их популяций. Последовательность смены доминирующих видов можно представить следующим порядком - скумбрии, сайра, сардина, кальмар Бартрама, анчоус.

## Глава 4. Элементы функционирования экосистемы эпипелагиали зоны Субарктического фронта СЗТО

Данная глава содержит информацию о зоопланктонных сообществах, особенностях питания наиболее массовых видов и групп нектона, основных трофических связей в эпипелагиали зоны Субарктического фронта.

### 4.1. Общие структурные характеристики зоопланктона в зоне Субарктического фронта

По структуре планктонных сообществ и видовому составу в зоне Субарктического фронта выделяются два основных – бореальное, тропическое, и одно вторичное (промежуточное сообщество зоны смешения двух водных масс) сообщества. Биотопами двух первых сообществ являются водные массы (первичная субарктическая водная масса течения Ойясио и первичная субтропическая водная масса течения Куроисио).

В составе бореального планктонного сообщества эпипелагиали САФ ядро составляют восемь видов *Sagitta elegans* – 29,5 %; *Eucalanus bungii* – 23,2 %; *Neocalanus cristatus* – 14,2 %; *Neocalanus plumchrus* – 12,9 %; *Euphausia pacifica* – 4,1 %; *Oithona similis* – 3 %; *Metridia pacifica* – 1,6 %; *Thysanoessa longipes* – 1,5. В эпипелагиали зоны САФ доминируют копеподы, составляя в среднем 54 %. Тропическое океаническое сообщество Субарктического фронта представлено около 300 видами. Из них более половины представлены копеподами. В промежуточном сообществе переходной зоны САФ происходит смешивание отдельных тропических, бореальных и аркто-бореальных видов, характерных для двух первичных сообществ. Кроме того, здесь также находятся переходные виды. Общая биомасса зоопланктона в прибрежных районах значительно выше.

В летний период биомасса зоопланктона постепенно уменьшается по направлению от субарктических (500-1100 мг/м<sup>3</sup>) к субтропическим (200-300 мг/м<sup>3</sup>) водам при явном преобладании крупной фракции (70-90 %). В субтропических водах биомасса зоопланктона в 2-3 раза ниже, чем в водах субарктического происхождения. Переход планктонного сообщества от весеннего состояния к летнему запаздывает в холодных водных массах по сравнению с субтропическими водными массами (Каредин, 1982; Бохан, Надточий, 1995; Бохан, Зуенко, 1995).

## 4.2. Особенности питания, величина рационов и годовое потребление нектоном в эпипелагиали зоны Субарктического фронта

### Субтропические виды нектона

Сардина достаточно пластичный в пищевом отношении вид. Основу в пищевом рационе составляет зоопланктон и фитопланктон. В среднем за период нагула в зоне САФ доля зоопланктона может достигать 83 %, фитопланктона 17 %. По среднееголетним данным из зоопланктона в рационе сардины 53,2 % (по массе) занимали копеподы, эвфаузииды - 25,3 %, амфиподы - 14,5 %. Годовое потребление кормовых организмов половозрелой сардиной значительно варьировало по годам. Доля потребления сардиной кормовых организмов (при рационе 4 %) в 1986-1989 гг. составила 87,1 % (31,13 млн. т) от всего нектона при биомассе 3,46 млн т, а в первой половине 1990-х гг. снизилось до 15,5 % (3649,6 тыс. т) при биомассе 0,41 млн. т.

Вторым по численности и биомассе в зоне САФ является японский анчоус. Японский анчоус - типичный зоопланктофаг, хотя эпизодически в рационе встречаются личинки рыб и головоногих моллюсков. Его пищевой спектр значительно уже, чем у сардины. По среднееголетним данным основу рациона японского анчоуса составляют Copepoda (по массе 78 %). На втором месте в рационе стоят Euphausiacea (20 %). Суточный рацион анчоуса в период нагула в летний период (Чучукало и др., 1995) в среднем составлял 4 %. Минимальные значения потребления приходились на вторую половину 1980-х гг. (среднееголетнее 42 тыс. т или 0,1 %), максимальные на первую половину 1990-х гг. (среднееголетнее 6,19 млн. т или 26,3 %).

В нектоном сообществе зоны САФ из 7 видов сем. Scombridae японская скумбрия - наиболее значимый вид. В годы высокой численности популяции (1986-1988 гг.) ее доля (по биомассе) в этом семействе составляла 89-99 %, а биомасса достигала 400 тыс. т. По составу пищи скумбрия относится к эврифагам. Наибольшую долю в питании скумбрии занимают копеподы (по массе от 20 до 90 %), эвфаузииды (10 до 80 %), килевогие моллюски, рыбы. Все прочие группы - от 5 до 20 %. Из рыб в желудках половозрелой скумбрии могут преобладать: сардина, анчоус, миктофиды. Средний суточный рацион скумбрий в период нагула составляет 6 %. Потребление ими кормовых организмов в зоне САФ для второй половины 1980-х гг. оценено в 1,91 млн. т при биомассе 0,26 млн. т, а для первой половины 1990-х гг. всего в 79 тыс. т при биомассе 11 тыс. т.

Сайра является типичным планктофагом. Основу рациона взрослой сайры составляют крупные виды копепод (65,3 %), эвфаузиид (23,3 %), амфипод (10,9 %). Суточный рацион составляет 4-6 %, в среднем 5 %. Минимальные значения потребления сайрой кормовых организмов в зоне САФ отмечались во второй половине 1980-х гг (0,1 % или 51 тыс. т), максимальные - в первой половине 1990-х гг. (11,3 % или 2653 тыс. т).

Японский морской лещ широко распространенный голозепелагический вид северо-западной части Тихого океана, жизненный цикл которого связан с миграциями между субарктическими и субтропическими водами. В зависимости от возраста пищевой спектр представлен макропланктоном и нектонными организмами. Крупный лещ типичный хищник, пищевой рацион которого на 95-99 % представлен нектоном, а состав зависит от структуры сообщества в тех районах, где он обитает. Наиболее важными объектами питания являются виды субтропического комплекса (сайра, сардина, анчоус), головоногие моллюски и миктофиды. Суточный рацион леща в различные годы колебался от 2,7 до 3,5 %, в среднем составляя около 3 %. В зоне САФ японский морской лещ один из наиболее устойчивых по численности и биомассе видов. Доля годового потребления морским лещом в общем выедании кормовых организмов до перестройки нектонного сообщества (1986-1989 гг) и после (1990-1995 гг.) была невелика, составляя соответственно 1 % (352 тыс. т) и 1,2 % (288 тыс. т).

#### Мезопелагические виды

Из мезопелагических видов в зоне САФ наиболее многочисленными являются ремнетел и представители семейства светящихся анчоусов. Ремнетел - типичный хищник, основными объектами питания которого являются рыбы и головоногие моллюски. В зависимости от численности объектов питания в рационе преобладают сардина, анчоус, миктофиды, кальмары. Суточный рацион колеблется в пределах 2-3 % массы тела, в среднем составляя 2,5 %. Среднегодовое потребление ремнетелом кормовых организмов во второй половине 1980-х гг. составило 761 тыс. т (2,1 %), а в первой половине 1990-х гг. в два раза меньше - 318 тыс. т (1,4 %).

Пищевой спектр кальмаров довольно разнообразен и зависит от их размеров, времени года, структуры планктонного и нектонного сообществ конкретного района обитания. В питании кальмаров из зоопланктона преобладают эвфаузииды, амфиподы, из нектонных организмов - миктофиды,

кальмары. Наиболее многочисленным в зоне САФ являлся кальмар Бартрама. Количество пищевых компонентов в рационе кальмара Бартрама зависит от места обитания: в районах с высокими температурами их в 5 раз больше, чем в районах с низкими температурами (Шевцов, 1972). Спектр питания зависит от размеров. У крупных особей (более 400 г) преобладает нектон, у мелких - ракообразные. Наиболее важными объектами зоопланктона в питании кальмара Бартрама являются эвфаузииды (37,5 %), амфиподы (18,75 %), птероподы (17,5 %). Нектонная составляющая представлена рыбами (27,5 %) и кальмарами (12,5 %). В годы высокой численности и массового выхода в зону Субарктического фронта сайры, сардины и анчоуса последние играли существенную роль в питании кальмара Бартрама. Роль других видов кальмаров по биомассе и потреблению кормовых организмов в зоне САФ была весьма незначительна. Общее потребление кормовых организмов кальмарами в начале 1990-х гг. было весьма существенным (20,7 % или 4862 тыс. т).

В целом основу биомассы выедаемых нектоном в эпипелагиали организмов составляли копеподы. Основными потребителями этой группы в эпипелагиали зоны Субарктического фронта были сардина, сайра, анчоус, миктофиды. В первой половине 1990-х гг. по сравнению со второй половиной 1980-х гг. с общим снижением биомассы нектона (с 4,025 до 2,739 млн. т) и соответственно снижением объемов потребления (с 35,28 млн. т до 21,489 млн. т) доля копеподной группы возросла с 49,2 до 61,1 %. Далее по биомассе потребления планктона (в 1980-х и 1990-х гг.) следовали - эвфаузииды (23,8 и 19,8 %), амфиподы (13,3 и 9 %), птероподы (3,4 и 1,5 %). Состав потребления нектоном кормовых организмов в зоне САФ в рассматриваемые периоды остался прежний, а все изменения касались только соотношения групп потребляемых организмов. Доля выедаемого нектона в зоне Субарктического фронта была не высока, соответственно составляя 4,6 % во второй половине 1980-х гг. и 5,6 % в первой половине 1990-х гг., практически в равной пропорции головоногих моллюсков и рыб. Однако биомасса выедаемого нектона во второй половине 1980-х гг. была в два раза больше.

Наиболее высокие значения потребления зоопланктона приходились на годы высокой численности сардины и анчоуса.

### 4.3. Основные трофические связи в эпипелагиали зоны Субарктического фронта

Одной из важнейших сторон функционирования сообществ являются трофические отношения между его элементами, которые определяют его структуру. Имеющиеся данные по экологии наиболее массовых видов нектона позволили нам сформулировать ряд особенностей, присущих сообществу эпипелагиали Субарктического фронта. Подчеркнем, что трофические связи рассматривались для «ядра» нектонного сообщества, представители которого по биомассе в разные годы составляли 90 % и более. В зоне САФ нектонные организмы занимают преимущественно 3-й и 4-й трофические уровни. В составе сообщества отсутствуют представители такой группы, как облигатные фитофаги. Наиболее заметный процент растительная пища в составе рациона занимает у сардины, анчоуса, сайры, но и у перечисленных видов она имеет второстепенное значение. В структуре трофических потоков в блоке (зоопланктон-нектон) – нектон важнейшим потребителем зоопланктона во второй половине 1980-х гг. была сардина. Сардиной в этот период выедалось 98 % всех потребляемых нектоном основных групп зоопланктона (копепод, эвфаузиид, амфипод). Основной поток вещества и соответственно энергии проходил через этот наиболее многочисленный вид. Биомасса сардины в среднем за этот период оценена в 3,5 млн. т (при максимуме 7,4 млн. т), а потребление 31,1 млн. т (при максимуме в 1986 г. – 66, 9 млн. т). Все другие виды нектона (скумбрия, миктофиды, лососи) в потреблении зоопланктона играли не столь существенную роль, по сравнению с сардиной (рис. 2).

Основной поток потребления нектона во второй половине 1980-х гг. осуществлялся через блок «рыба-лента – японский морской лещ». Этими постоянными обитателями зоны Субарктического фронта потреблялось 74 % (1,11 млн. т) биомассы всех нектонных организмов.

На рубеже 1980-1990-х гг. произошло изменение структуры сообщества, которое коснулось, в основном, «ядра» доминирующих видов нектона. В первой половине 1990-х гг. наряду со снижением потока вещества через трофическую сеть нектона эпипелагиали с 35,3 до 21,5 млн. т изменилось и направление его переноса. Основным потоком вещества стал путь через блок «анчоус – сардина – сайра - кальмары». Общее потребление зоопланктона сардиной в первой половине 1990-х гг. снизилось почти на порядок. Основными планктоноядными потребителями в первой половине 1990 гг.

являлись анчоус и сайра. Доля их от общего выедания nekтоном во второй половине 1990-х гг. составляла 68 % (рис. 3).

Среднегодовое потребление 35,3 млн. т в 1986-1989 гг.

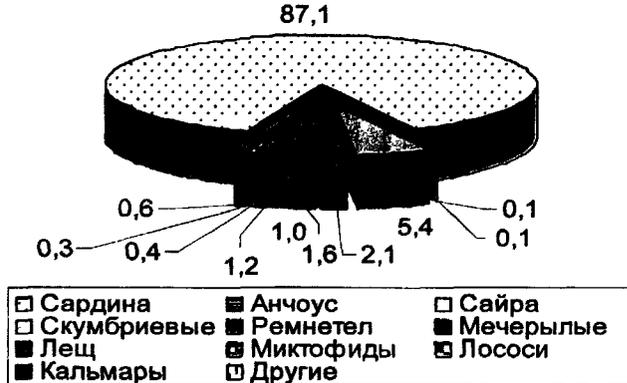


Рис. 2 Соотношение (%) основных потребителей в годовом выедании планктона и nekтона в эпипелагиали зоны САФ во второй половине 1980-х гг.

Одновременно отмечалось падение объема потребления (почти в два раза) nekтона, в основном, за счет снижения потребления ремнетелом. Потребление субтропическими, тропическими мигрантами – облигатными хищниками nekтонофагами (тунцы, мечерылые, акулы) в рассматриваемые периоды сократилось не столь существенно (с 395 до 268 тыс. т).

При оценке потребления кормовых организмов nekтоном, относящимся к различным биогеографическим областям, отметим, что выедание представителями тропического комплекса до и после перестройки сообщества изменилось незначительно (табл. 2). Отмечалось лишь некоторое увеличение потребления в годы потепления в рассматриваемом районе (1989, 1990 гг.). Годовое потребление во второй половине 1980-х гг. и первой половине 1990-х гг. соответственно составляло 370 (1 %) и 429 тыс. т (2 %). Основная доля потребления nekтоном пищи в оба рассматриваемых периода, приходилась на представителей субтропического комплекса – сардину, сайру скумбрию, анчоус.

Рассматривая годовую динамику потребления в прибрежных и океанических районах по различным водным массам можно отметить широкую

вариабельность значений даже в смежные годы. Это относится и к плотности потребления на единицу площади.

Среднегодовое потребление 21,5 млн. т в 1990-1995 гг.

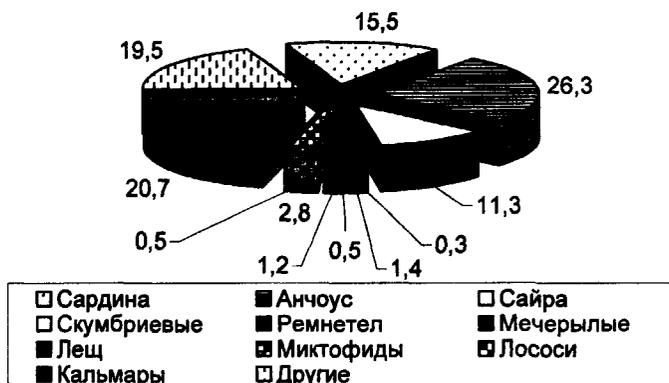


Рис. 3 Соотношение (%) основных потребителей в годовом выедании планктона и нектона в эпипелагиали зоны САФ в первой половине 1990-х гг.

Таблица 2

Потребление кормовых организмов представителями различных биогеографических комплексов в зоне САФ в 1986-1995 гг., тыс. т

Комплекс	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1993	1995
БОР.	174	999	1238	612	17546	680	3452	1156
СУБТР	69751	47917	16897	2008	21832	35572	1515	1649
ТРОП.	6	397	69	1009	1122	313	142	140
Итого	69931	49313	18205	3630	40500	36564	5108	2944

Примечание. БОР – Бореальный, СУБТР. – Субтропический, ТРОП. – Тропический.

Во второй половине 1980-х гг. при высокой биомассе наиболее массовых видов нектона основной зоной потребления были субарктические воды (как в прибрежных, так и океанических районах). В первой половине 1990-х гг. на фоне общего снижения численности сардины и скумбрии происходит смещение основных потребителей планктона по двум направлениям – в прибрежные районы и в зону смешения, что и отражается на объемах потребления.

Динамика структуры нектонных сообществ Охотского, Берингова морей, тихоокеанских вод Южно-Курильского района, зоны Субарктического фронта указывает на однотипность процессов, происходящих во всех районах.

Перестройки, происходящие в эпипелагических нектонных сообществах этих районов, во-первых, выражаются в снижении общей рыбопродуктивности на рубеже 1990 г. и переходе нектонных сообществ от монодоминантной к более выраженной полидоминантной структуре. Снижение общей биомассы в первых трех районах было связано со снижением численности минтая, а в зоне САФ - с появлением ряда неурожайных поколений сардины и скумбрии (табл. 3). Кроме того, в первой половине 1990-х гг. в обоих морях наметилась тенденция снижения продукции зоопланктонного сообщества и увеличения доли хищного планктона ((Волков, 1996, Шунтов и др., 1997). Эти изменения, в первую очередь, были связаны с перестройкой в климато-океанологических процессах, что выразилось в существенном изменении схем основных течений и масштабах водообмена Берингова и Охотских морей с Тихим океаном.

Таблица 3

Биомасса и годовое потребление нектоном кормовых организмов во второй половине 1980-х и первой половине 1990-х гг.

Регион	Биомасса (млн. т)		Потребление (млн. т)	
	1989-1989	1990-1995	1989-1989	1990-1995
Охотское море	14,3	10,0	125,5	124,4
Берингово море	34,0	19,2	265,0	138,0
ЮКР	3,5	0,9	14,2	4,4
САФ	4,0	2,7	35,3	21,5

Примечание. ЮКР – Южно-Курильский район; САФ – Субарктический фронт.

### **Глава 5. Некоторые особенности воспроизводства и репродуктивная способность наиболее массовых видов нектона зоны Субарктического фронта**

Все массовые виды рыб (сардина, сайра, скумбрия, анчоус) сообщества неритической эпипелагиали зоны течения Куроисио, в той или иной степени испытывают периодические колебания численности. Продуктивность нектонного сообщества определяется биологическим своеобразием видов доминантов, а устойчивость - его общей структурой. На основе сравнительного

анализа некоторых популяционных характеристик наиболее массовых видов (сардина, скумбрии, сайры, анчоус) нами сделана попытка определить потенциальные возможности изменения их численности. Одним из критериев, определяющих динамики численности, является "чистая скорость размножения" ( $R_0$ ) или "скорость замещения популяций", которая оценивает репродуктивный потенциал популяций и видов. Репродуктивный потенциал также фактически является и мерой мгновенной удельной скорости изменения размера популяции. Репродуктивный потенциал определяется числом потомков нулевого возраста (пополнением), произведенных в среднем организмом за всю его жизнь с учетом его смертности по всем возрастным группам. Репродуктивный потенциал можно определять, как в период роста, так и в период снижения численности популяций. Он рассчитывался по фактическим данным смертности и плодовитости у четырех тихоокеанских популяций наиболее массовых видов - скумбрии, сардины сайры, анчоуса. Репродуктивный потенциал определяется как  $R_0 = \sum L_x \cdot M_x$ , где  $L_x$  - смертность или вероятность доживания до возраста  $x$ ,  $M_x$  - плодовитость возраста  $x$ . Наибольшую скорость замещения или роста имеет популяция сардины ( $R_0 = 5.24$ ). Скорость роста популяции скумбрии ( $R_0 = 2.53$ ) в том же временном интервале в два раза ниже, чем у сардины. Теоретическая скорость роста популяций анчоуса и сайры в 4 раза ниже, чем у сардины и в 2 раза, чем у скумбрии (табл. 4).

Таблица 4

Биологический потенциал массовых пелагических видов зоны течения Куроисио

Вид	Сардина	Скумбрия	Сайра	Анчоус
Репродуктивный потенциал ( $R_{min.}$ ) в период снижения численности	0,145	0,134	0,33	0,3
Репродуктивный потенциал ( $R_{max.}$ ) в период роста численности	5,24	2,53	1,31	1,38
Темп роста популяции (интервал 1 год) ( $R_{max.}/R=1$ )	5,24	2,53	1,31	1,38
Темп снижения популяции (интервал 1 год) ( $R=1/R_{min.}$ )	6,9	7,5	3,0	3,3
Кратность колебания численности отдельных поколений	30	33	3,7	3,3
Кратность колебания численности популяции	37	16	4,0	4,6
Пределы изменения биомассы популяции (млн. т)	0,3-15	0,3-5	0,6-2,5	0,5-2,7

В периоды снижения численности популяций наиболее устойчивыми при воздействии неблагоприятных внешних условий среды являются популяции сайры и анчоуса, а наименее - сардины и скумбрии. Соотношение показателей замещения популяций в период роста ( $R_{max}$ ) и в период их снижения будет показывать теоретический размах колебаний численности, а соответственно и биомассы. В пределах репродуктивного потенциала наиболее флюктуирующим видом является сардина. Ее численность может изменяться в 37 раз. Промежуточное положение занимает популяция скумбрии. Теоретически, ее численность может изменяться в 16 раз от верхнего до нижнего предела. Размах колебаний численности популяций сайры и анчоуса наименьший - в 4 и 4.6 раз соответственно.

Таким образом, основываясь на оценке репродуктивных потенциалов, из группы четырех наиболее многочисленных видов зоны течения Куроисио можно выделить популяции сардины и скумбрии, как оппортунистические, подверженные регулярным и «случайным» флюктуациям и равновесные популяции сайры и анчоуса, динамика численности которых более устойчива.

### **Выводы**

1. По данным траловых съемок за период 1986- 1995 гг. по числу видов (156) в верхней эпипелагиали Субарктического фронта представители бореального составляют 33%, субтропического - 57%, тропического - 10% комплексов. Виды тропико-субтропического комплекса по биомассе составляют 83 %. Постоянные обитатели эпипелагиали преимущественно представлены хищниками. Из временных обитателей эпипелагиали наибольшая доля приходится на планктоноядные виды. Для видов, изредко проникающих в эпипелагиаль, характерна большая выравненность доли видов различных трофических уровней.

2. Нектонное сообщество Субарктического фронта в 1986-1988 гг. было монодоминантным с явным преобладанием дальненеритического вида – сардины. В 1989, 1990 гг. при резком снижении численности сардины наблюдается переход сообщества от монодоминантного типа к слабо выраженному полидоминантному. В 1991-1995 гг. полидоминантность нектонного сообщества проявляется еще в большей степени.

3. Основу (по численности и биомассе) нектона эпипелагиали Субарктического фронта составляют менее 3 % представителей общего видового состава. Наиболее многочисленными являются неритопелагические промысловые виды рыб – сардина, скумбрии, анчоус, сайра и кальмар Бартрама. Во второй половине 1980–х гг. максимальную биомассу имели сардина и скумбрия (до 7,4 и 0,4 млн. т соответственно). В первой половине 1990-х гг. доминирующее положение по биомассе занимали японский анчоус (до 2,91 млн. т), сайра (до 0,89 млн. т) и кальмар Бартрама (до 0,32 млн. т).

Среднегодовая биомасса нектона во второй половине 1980-х гг. составила 4,03 млн. т, в первой половине 1990 – х гг. 2,7 млн. г. В 1986 – 1989 гг. доля в общей биомассе планктоноядного нектона составляла 90 %, в 1990-1995 гг. 63 %. На эврифагов в эти периоды приходилось 6 и 25 %, хищный нектон 4 и 12 %.

4. Со снижением общей биомассы нектона в рассматриваемые периоды общее потребление кормовых организмов снизилось с 35,3 до 21,5 млн. т. Из потребляемых нектоном организмов основная доля приходится на зоопланктон (95,4 % в 1986 – 1989 гг. и 94,4 % в 1990-1995 гг.). Из зоопланктонных организмов основной пресс потребления приходился на copepod, эвфаузиид, амфипод. Их доля в эти периоды составляла 86,3 и 90 % соответственно. Во второй половине 1980-х гг. основным потребителем зоопланктона была сардина (98 %), в первой половине 1990 - х гг. основным потоком потребления зоопланктона стал путь через блок «анчоус – сайра». Доля выедаемого нектона (от всего потребления кормовых организмов) составляла во второй половине 1980-х гг. 4,6 % и 5,6 % в первой половине 1990-х гг., практически в равной пропорции, головоногих моллюсков и рыб. Основными потребителями нектона были японский морской лещ, ремнетел, кальмар Бартрама, мечерылые. Доля их потребления от всего хищного нектона составляла 96 %.

5. Динамика структуры нектонных сообществ зоны Субарктического фронта, Охотского, Берингова морей, тихоокеанских вод Южно-Курильского района, указывает на некоторые однотипные черты происходящих процессов. Они выражаются в снижении общей рыбопродуктивности на рубеже 1990 г. и переходе нектонных сообществ от монодоминантной к более выраженной полидоминантной структуре.

6. На основе репродуктивного потенциала наиболее массовых видов нектонного сообщества САФ теоретический расчет показал, что наибольшую

скорость роста и снижения популяции имеет сардина, скумбрия занимает промежуточное положение, анчоус и сайра наименьшую. При этом кратность колебания численности популяций этих видов соответственно может составить – 37, 16, 4,6, 4 раз. Наибольшую стабильность в динамике численности имеет сайра.

7. Обладая различной репродуктивной возможностью, популяции этих видов имеют и разные механизмы регуляции численности. У короткоцикловых видов с низким репродуктивным потенциалом эти механизмы связаны с образованием географических локальных групп и усложнением структуры отдельных поколений (сезонные воспроизводящиеся группировки) (сайра, анчоус). Для видов с более высоким репродуктивным потенциалом характерно усложнение возрастной структуры популяций и изменение численности отдельных поколений (сардина, скумбрия).

#### Список работ, опубликованных по теме диссертации

1. **Иванов А.Н.** Сравнительная оценка сырьевых ресурсов японской скумбрии // Биология шельфовых зон Мирового океана: Тез. докл. II Всесоюз. конф. По морской биологии - Владивосток: ИБМ ДВНЦ АН СССР, 1982. - Ч. 3. - С. 17-18.
2. Беляев В.А., **Иванов А.Н.**, Вологдин В.Н. Методы оценки численности японской скумбрии в северо-западной части Тихого океана // Биол. моря. - 1986. - № 4. - С. 65-71.
3. **Иванов А.Н.**, Беляев В.А. Рыбные ресурсы эпипелагиали Субарктического фронта // Изменчивость состава ихтиофауны, урожайности поколений и методы прогнозирования запасов рыб в северной части Тихого океана. - Владивосток: ТИНРО, 1988. - С. 84-92.
4. Беляев В.А., **Иванов А.Н.**, Октябрьский Г.А. Методы оценки численности и современное состояние запасов японской скумбрии (*Scomber japonicus* Houttuyn) // Итоги изучения биологических ресурсов северо-западной части Тихого океана. - Владивосток: ТИНРО. - 1989. - С. 52-59.
5. **Иванов А.Н.** Рост и пространственно-временная структура тихоокеанской популяции скумбрии (*Scomber japonicus* Houttuyn) // Сб.: Итоги изучения биологических ресурсов северо-западной части Тихого океана. - Владивосток: ТИНРО. - 1989. - С. 73-87.

6. Novikov Y.V., **Ivanov A.N.**, Bulatov N.V. Pelagic fish stocks in North-Western Pacific and their commercial Harvesting perspects // Bull. Jap. Soc. Fish. Oceanography. – 1991. - Vol. 55, № 1. – P. 35-44.
7. Беляев В.А., **Иванов А.Н.** Метод сб  
скумбрии и сардины в процессе их севернь  
115. – С. 65-71.
8. **Иванов А.Н.**, Беляев В.А. Долгопе  
популяции скумбрии // Рыбн. хоз-во. – 1996
9. **Ivanov A.N.**, Belayev V.A. Structure of  
North-West Pacific // Fifth Indo-Pacific Fish Conference - *Proceedings of the 5th Indo-Pacific Fish Conference, November 3-8, 1997.* - 12 стр.
10. Беляев В.А., **Иванов А.Н.**, Жигалин А.Ю. Межгодовая изменчивость  
ихтиоценоа эпипелагиали зоны течения Куроиси // Тез. докл. первого конгресса  
ихтиологов России, г. Астрахань. – М.: ВНИРО, 1997. - С. 10.
11. Василенко А.В., Павлычев В.П., **Иванов А.Н.** Динамика численности и  
распределения рыб в эпипелагиали тихоокеанского субарктического фронта в  
летний период // Биол. моря. – 1997. – Т. 23, № 4. – С. 215-226.
12. Беляев В.А., **Иванов А.Н.**, Жигалин А.Ю. Изменения в сообществе рыб зоны  
течения Куроиси // Рыб. хоз-во. – 1998. - № 5-6. - С. 36-38.
13. **Ivanov A.N.**, Belayev V.A. Dynamic Processes in the Fish Community of the North-  
West Pacific // Proceedings of International Marine Science Symposium - Hakodate,  
Japan, 25-28 August 1998. - P. 178-192.
14. **Ivanov A.N.** The Fish Community of pelagial in the Subartic Front of the North  
West Pacific // Abst. Ninth PICES An. Meet. - 2000. - P. 69-70.
15. Беляев В.А., **Иванов А.Н.**, Дарницкий В.Б., Бомко С.П. Динамика сообщества  
пелагических рыб Куроиси и Субарктического фронта в экосистеме северо-  
западной Пацифики // Тез. конф. «Фундаментальные проблемы воды и водных  
ресурсов». – Томск, 2001. - С. 78-82.
16. **Иванов А.Н.** Продуктивность нектонного сообщества эпипелагиали зоны  
субарктического фронта северо-западной части Тихого океана // XII  
международная конференция по промысловой океанографии. - Калининград, 2002.  
- С. 66-69.

РНБ Русский фонд

2006-4

23378

Тихоокеанский научно-исследовательский рыбохозяйственный центр  
Владивосток, переулок Шевченко, 4

Подписано в печать 9.11.2005 г. Формат 60x90/16. Уч.-изд. л 1.

Тираж 100. Заказ № 29.

Типография ТИНРО-Центра