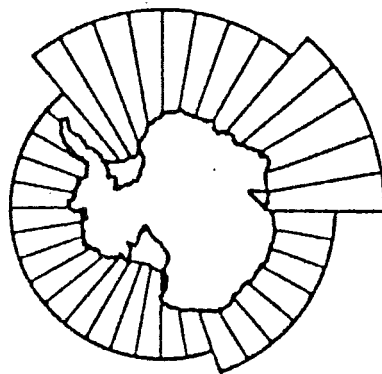

**SCIENTIFIC COMMITTEE FOR THE CONSERVATION OF
ANTARCTIC MARINE LIVING RESOURCES**



SELECTED SCIENTIFIC PAPERS

1986

COMMUNICATIONS SCIENTIFIQUES SELECTIONNEES

1986

DOCUMENTOS CIENTIFICOS SELECCIONADOS

1986

ИЗБРАННЫЕ НАУЧНЫЕ РАБОТЫ

1986

**CCAMLR
25 Old Wharf
Hobart
Tasmania 7000
AUSTRALIA**

**COMMISSION FOR THE CONSERVATION OF ANTARCTIC MARINE LIVING RESOURCES
COMMISSION POUR LA CONSERVATION DE LA FAUNE ET LA FLORE MARINES DE L'ANTARCTIQUE
COMISION PARA LA CONSERVACION DE LOS RECURSOS VIVOS MARINOS ANTARTICOS
КОМИССИЯ ПО СОХРАНЕНИЮ МОРСКИХ ЖИВЫХ РЕСУРСОВ АНТАРКИКИ**

SCIENTIFIC COMMITTEE FOR THE CONSERVATION OF
ANTARCTIC MARINE LIVING RESOURCES

SELECTED SCIENTIFIC PAPERS

1986

COMMUNICATIONS SCIENTIFIQUES SELECTIONNEES

1986

DOCUMENTOS CIENTIFICOS SELECCIONADOS

1986

ИЗБРАННЫЕ НАУЧНЫЕ РАБОТЫ

1986

CCAMLR
25 Old Wharf
Hobart
Tasmania 7000
AUSTRALIA

Telephone : 61 02 310366
Facsimile : 61 02 232714
Telex : AA 57236

July 1987

Abstract

This document contains a selection of the scientific papers presented at meetings of the Scientific Committee and Working Groups of the Scientific Committee in 1986. The text of the papers is reproduced in the original language of submission ; abstracts of the papers and captions of tables and figures are translated into the official languages of the Commission (English, French, Spanish and Russian). Abstracts only are presented for papers which have been accepted elsewhere for publication.

Résumé

Le présent document contient une sélection de communications scientifiques présentées aux réunions du Comité Scientifique et aux Groupes de travail du Comité Scientifique en 1986. Le texte de ces communications est reproduit dans la langue originale dans laquelle celles-ci ont été présentées ; les résumés des communications ainsi que les titres des tableaux et des figures ont été traduits dans les langues officielles de la Commission (anglais, français, espagnol et russe). Seuls des résumés sont présentés lorsqu'il s'agit de communications qui ont été acceptées pour être publiées.

Resumen

Este documento contiene una selección de los documentos científicos presentados en las reuniones del Comité Científico y de los Grupos de Trabajo del Comité Científico en 1986. El texto de estos documentos está reproducido en el idioma original para su presentación ; los resúmenes de estos documentos y los títulos de los cuadros y figuras están traducidos a los idiomas oficiales de la Comisión (inglés, francés, español y ruso). Los resúmenes son presentados solamente para cuando los documentos hayan sido aceptados para su publicación en alguna otra parte.

Резюме

Настоящий документ содержит тексты нескольких научных работ, представленных на совещаниях Научного комитета и Рабочих групп Научного комитета в 1986 г. Они представляются на языке оригинала; резюме докладов и названия таблиц и подписи к рисункам переведены на официальные языки Комиссии (английский, французский, испанский и русский). Если работа принята к печати где-нибудь в другом месте, то здесь приводится только ее резюме.

TABLE OF CONTENTS

<u>Doc. No.</u>	<u>Title (Language)</u>	<u>Author</u>	<u>Page</u>
WG-CFSA-86/2	Assessments of the stocks of <u>Notothenia rossi marmorata</u> and <u>Champscephalus gunnari</u> in the South Georgia area (E)	J.G. Cooke	1
WG-CFSA-86/3	The Kerguelen database (E)	G. Duhamel	23
WG-CFSA-86/10	Distribution and relative abundance of juvenile icefish (<u>Champscephalus gunnari</u>) from a trawl survey of the South Georgia Shelf in June-July 1985 (E)	V.A. Boronin et al.	55
SC-CAMLR-V/BG/28	Preliminary report on biological observations and exploratory fishing data collected in the South Georgia area during the 1985/86 cruise of MT <u>Carina</u> (E)	K. Kreft and J. Szynaka	65
SC-CAMLR-V/BG/41	Methodology of data collection on net selectivity and accidental mortality of fish passing through the mesh of the codend (R)	(U.S.S.R.)	99
SC-CAMLR-V/BG/26	Detection and quantitative estimation of krill concentrations by hydroacoustic instruments (E)	K.I. Yudanov	123
SC-CAMLR-V/BG/27	Determination of Antarctic krill acoustic back-scattering cross-section (E)	V.A. Protaschuk and T.A. Lukashova	141
SC-CAMLR-V/BG/24	Choosing distance between survey tacks (E)	I.L. Kalikhman et al.	153
SC-CAMLR-V/BG/37	Guidelines for the preparation of hydroacoustic survey reports on krill (R)	I.L. Kalikhman	165
SC-CAMLR-V/BG/38	Methodological guidelines on the assessment of trawl catchability of krill by means of statistical modelling (R)	Z.I. Kizner	195
SC-CAMLR-V/BG/36	Moulting interval and growth of juvenile Antarctic krill fed different concentrations of the diatom <u>Phaenodactylum tricornutum</u> in the laboratory (E)	T. Ikeda and P.G. Thomas	223

<u>Doc. No.</u>	<u>Title (Language)</u>	<u>Author</u>	<u>Page</u>
SC-CAMLR-V/BG/39	Problems of population age structure determination of <u>Euphausia superba</u> Dana using an example from the Antarctic Peninsula area and adjacent waters (R)	V.A. Spiridonov	227
SC-CAMLR-V/BG/35	Genetic variations and population structure of krill from the Prydz Bay region of Antarctic waters (E)	C.M. MacDonald et al.	271
SC-CAMLR-V/BG/25	Differentiation of independent populations of Antarctic krill (E)	(U.S.S.R.)	275
WG-CEMP-86/12	International CCAMLR applied research and monitoring program, Prydz Bay priority area (E)	(Australia)	283
SC-CAMLR-V/BG/17	Modelling and decision making as part of the CCAMLR management regime (E)	D.G.M. Miller	295
SC-CAMLR-V/BG/13	Some principles for fisheries regulation from an ecosystem perspective (E)	W.K. de la Mare	323
WG-CFSA-86/13	Management and uncertainty : the example of South Georgia (E)	J.A. Gulland	341
WG-CEMP-86/7	Soviet proposals for a program of ecosystem monitoring in the Commonwealth Sea and Prydz Bay (E)	(U.S.S.R.)	355
WG-CEMP-86/13	Directed research. Antarctic Marine Living Resources (AMLR). A program development plan (E)	(U.S.A.)	363

TABLE DE MATIERES

<u>Doc. No</u>	<u>Titre (Langue)</u>	<u>Auteur</u>	<u>Page</u>
WG-CFSA-86/2	Evaluations des stocks de <u>Notothenia rossii marmorata</u> et <u>Champsocephalus gunnari</u> dans la zone de la Géorgie Du Sud(A)	J.G. Cooke	1
WG-CFSA-86/3	La base de données des Kerguelen(A)	G. Duhamel	23
WG-CFSA-86/10	Répartition et abondance relative des poissons des glaces (<u>Champsocephalus gunnari</u>) juvéniles à partir d'une étude au chalut sur le plateau de la Géorgie du sud en juin-juillet 1985 (A)	V.A. Boronin et al	55
SC-CAMLR-V/BG/28	Rapport préliminaire sur les observations biologiques et les données de pêche exploratoire relevées dans la zone de la Géorgie du Sud pendant l'expédition de 1985/1986 du chalutier <u>Carina</u> (A)	K. Kreft e J. Szyńska	65
SC-CAMLR-V/BG/41	Méthodologie pour la collecte des données sur la sélectivité du maillage et la mortalité accidentelle des poissons passant à travers le maillage au cul de chalut (R)	(U.R.S.S.)	99
SC-CAMLR-V/BG/26	Détection et évaluation quantitative des concentrations de krill à l'aide d'appareils hydroacoustiques (A)	K.I. Yudanov	123
SC-CAMLR-V/BG/27	Détermination de la section acoustique diffusante inverse du krill antarctique(A)	V.A. Protaschuk et T.A. Lukashova	141
SC-CAMLR-V/BG/24	Choisir la distance entre les bordées d'étude acoustique (A)	I.L. Kalikhman	153
SC-CAMLR-V/BG/37	Principes directeurs pour la préparation des rapports sur les études hydroacoustiques du krill (R)	I.L. Kalikhman	165
SC-CAMLR-V/BG/38	Principes méthodologiques directeurs sur l'évaluation des possibilités de chalutage du krill au moyen de modèles statistiques (R)	Z.I. Kizner	195

<u>Doc. No.</u>	<u>Titre (Langue)</u>	<u>Auteur</u>	<u>Page</u>
SC-CAMLR-V/BG/36	Intervalle de mue et croissance de krill juvénile antarctique alimenté en laboratoire en utilisant différentes concentrations de diatome <u>Phaenodactylum tricornutum</u> (A)	T. Ikeda et P.G. Thomas	223
SC-CAMLR-V/BG/39	Problèmes causés par la détermination de la composition des ages des populations d' <u>Euphausia superba</u> dana, illustrés par un exemple pris dans la zone de la péninsule antarctique et les eaux adjacentes (R)	V.A. Spiridonov	227
SC-CAMLR-V/BG/35	Variations génétiques et structure démographique du krill de la région de la baie de Prydz dans les eaux de l'antarctique (A)	C.M. MacDonald	271
SC-CAMLR-BG/25	Différenciation entre les populations indépendantes de krill antarctique	(U.R.S.S.)	275
WG-CEMP-86/12	Programme international de contrôle et de recherche appliquée de la CCAMLR, zone prioritaire de la baie de Prydz (A)	(Australie)	283
SC-CAMLR-V/BG/17	modèle et prise de décisions dans le cadre du régime d'aménagement de la CCAMLR (A)	D.G.M. Miller	295
SC-CAMLR-V/BG/13	Quelques principes sur la réglementation de la pêche du point de vue de l'écosystème (A)	W.K. de la Mare	323
WG-CFSA-86/13	Recherche dirigée. Faune et flore marines de l'antarctique (AMLR). Plan de développement du programme	J.A. Gulland	341
WG-CEMP-86/7	Propositions soviétiques pour un programme de contrôle de l'écosystème dans la mer du Commonwealth et la baie de Prydz (A)	(U.R.S.S.)	355
WG-CEMP-86/13	Recherche dirigée. Faune et flore marines de l'antarctique (AMLR). Plan de développement du programme	(Etats-Unis)	363

TABLA DE MATERIAS

<u>Doc. No</u>	<u>Título (Idioma)</u>	<u>Autor</u>	<u>Página</u>
WG-CFSA-86/2	Evaluaciones de las reservas de <u>Notothenia rossii marmorata</u> y <u>Champscephalus gunnari</u> en el área de Georgia del Sur (I)	J.G. Cooke	1
WG-CFSA-86/3	El banco de datos de Kerguelén (I)	G. Duhamel	23
WG-CFSA-86/10	Distribución y abundancia relativa del pez de hielo juvenil (<u>Champscephalus gunnari</u>) según una prospección de arrastre en la plataforma de Georgia del Sur en Junio Julio 1985 (I)	V.A. Boronin y otros	55
SC-CAMLR-V/BG/28	Informe preliminar de observaciones biológicas y datos de exploración pesquera recopilados en el área de Georgia del Sur durante el crucero del MT <u>Carina</u> en 1985/1986 (I)	K. Kreft y J. Szynaka	65
SC-CAMLR-V/BG/41	Metodología para la recopilación de datos sobre selectividad de mallas y mortalidad accidental de los peces que pasan a través de la malla de la corona (R)	(U.R.S.S.)	99
SC-CAMLR-V/BG/26	Detección y estimación cuantitativa de las concentraciones de krill por medio de instrumentos hidroacústicos (I)	K.I. Yudanov	123
SC-CAMLR-V/BG/27	Determinación del corte transversal acústico de retrodispersión antártico (I)	V.A. Protaschuk y T.A. Lukashova	141
SC-CAMLR-V/BG/24	Selección de distancia entre los cambios de rumbo de las prospecciones acústicas (I)	I.L. Kalikhman y otros	153
SC-CAMLR-V/BG/37	Pautas para la preparación de informes sobre las prospecciones hidroacústicas de krill (R)	I.L. Kalikhman	165
SC-CAMLR-V/BG/38	Pautas metodológicas sobre la evaluación de la capacidad de arrastre en la captura de krill por medio de modelación estadística (R)	Z.I. Kizner	195

<u>Doc. No.</u>	<u>Título (Idioma)</u>	<u>Autor</u>	<u>Página</u>
SC-CAMLR-V/BG/36	Intervalo de cambio de piel y crecimiento del krill antártico juvenil alimentado con diferentes concentraciones de la diatomea <u>Phaenodactylum tricornutum</u> en laboratorio (I)	T. Ikeda y P.G. Thomas	223
SC-CAMLR-V/BG/39	Problemas de determinación de estructura por edades en la población de <u>Eupausia superba dana</u> usando un ejemplo del área de la península antártica y aguas adyacentes (R)	V.A. Spiridonov	227
SC-CAMLR-V/BG/35	Variaciones genéticas y estructura de las poblaciones de krill en las aguas antárticas de la región de la Bahía Prydz (I)	C.M. MacDonald y otros	271
SC-CAMLR-BG/25	Diferenciación de poblaciones independientes de krill antártico (I)	(U.R.S.S.)	275
WG-CEMP-86/12	Programa internacional de investigación aplicada y control de CCRVMA, área prioritaria en la Bahía Prydz (I)	(Australia)	283
SC-CAMLR-V/BG/17	Modelado y toma de decisiones como parte del régimen de administración de la CCRVMA (I)	D.G.M. Miller	295
SC-CAMLR-V/BG/13	Algunos principios para la regulación de la pesca desde el punto de vista del ecosistema (I)	W.K. de la Mare	323
WG-CFSA-86/13	Administración e incertidumbre: El ejemplo de Georgia del Sur (I)	J.A. Gulland	341
WG-CEMP-86/7	Proposiciones soviéticas para un programa de control del ecosistema en el mar del Commonwealth y en la Bahía Prydz (I)	(U.R.S.S.)	355
WG-CEMP-86/13	Investigación dirigida. Recursos Vivos Marinos Antárticos (AMLR). Un plan de desarrollo del programa (I)	(EE.UU.)	363

СОДЕРЖАНИЕ

<u>Документ №</u>	<u>Название (язык)</u>	<u>Автор</u>	<u>Стр.</u>
WG-CFSA-86/2	Оценки запасов <u>Notothenia rosii marmorata</u> и <u>Champsocerphalus gunnari</u> в районе Южной Георгии (А)	Дж.Г.Кук	1
WG-CFSA-86/3	База данных зоны Кергелена (А)	Г.Дюамель	23
WG-CFSA-86/10	Распределение и относительная численность молоди белокровной рыбы (<u>Champsocerphalus gunnari</u>) по результатам траловых съемок в шельфовых водах Южной Георгии в июне-июле 1985 г. (А)	В.А.Боронин и др.	55
SC-CAMLR-V/BG/28	Предварительный отчет по данным биологических наблюдений и исследовательского промысла, собранным в районе Южной Георгии во время плавания т/х "Карина" в сезоне 1985/86 г. (А)	К.Крефт и Й.Жинака	65
SC-CAMLR-V/BG/41	Методология сбора данных по селективности тралов и травматической гибели рыб, прошедших сквозь ячейку (Р)	(СССР)	99
SC-CAMLR-V/BG/26	Обнаружение и количественная оценка концентраций криля гидроакустической аппаратурой (А)	К.И.Юданов	123
SC-CAMLR-V/BG/27	Определение сечения обратного рассеяния акустического сигнала, отраженного антарктическим крилем (А)	В.А.Протащук и Т.А.Лукашова	141
SC-CAMLR-V/BG/24	Выбор расстояния между галсами при акустической съемке (А)	И.Л.Калихман и др.	153
SC-CAMLR-V/BG/37	Установки по отчетности по гидроакустическим съемкам криля (Р)	И.Л.Калихман	165
SC-CAMLR-V/BG/38	Методологические установки по определению методом статистического моделирования уловистости сетных полотов для лова криля (Р)	З.И.Кизнер	195

SC-CAMLR-V/BG/36	Интервал между линькой и рост молодежи антарктического криля в лаборатории при кормлении диатомеями <u>Phaenodactylum tricornutum</u> различной концентрации (А)	Т.Икеда и П.Г.Томас	223
SC-CAMLR-V/BG/39	Рассмотрение проблем определения возрастной структуры <u>Euphausia superba dana</u> на основе данных, полученных в районе Антарктического полуострова и близлежащих акваториях (Р)	В.А.Спиридонов	227
SC-CAMLR-V/BG/35	Генетическая изменчивость и структура популяции криля, обитающего в антарктических водах в районе залива Прюдс (А)	К.М.Макдоналд и др.	271
SC-CAMLR-V/BG/25	Дифференциация независимых популяций антарктического криля (А)	(СССР)	275
WG-CEMP-86/12	Международная программа АНТКОМ'а по практическим исследованиям и мониторингу в районе первостепенной важности - заливе Прюдс (А)	(Австралия)	283
SC-CAMLR-V/BG/17	Моделирование и принятие решений: компоненты режима управления АНТКОМ'а (А)	Д.Г.М.Миллер	295
SC-CAMLR-V/BG/13	Некоторые принципы регулирования промысла с экосистемной точки зрения (А)	У.К. де ла Мэр	323
WG-CFSA-86/13	Управление и неопределенность - пример Южной Георгии (А)	Дж.А.Галланд	341
WG-CEMP-86/7	Предложения Советского Союза по программе мониторинга экосистемы в море Содружества и заливе Прюдс (А)	(СССР)	355
WG-CEMP-86/13	Целенаправленные исследования. Морские живые ресурсы Антарктики (AMLR). План разработки программы (А)	(США)	363

ASSESSMENTS OF THE STOCKS OF NOTOTHENIA ROSSII MARMORATA AND
CHAMPSOCEPHALUS GUNNARI IN THE SOUTH GEORGIA AREA

J.G. Cooke
(IUCN)

Abstract

The stocks of Notothenia rossii marmorata and Champsoccephalus gunnari in the South Georgia area are assessed using USSR age sample data and recent biomass estimates from surveys by the FRG. These data indicate that the stock of N. rossii in 1985 was about 2.5% of its pre-exploitation biomass, while the stock of Champsoccephalus gunnari has fluctuated greatly with no obvious trend.

* * * * *

EVALUATIONS DES STOCKS DE NOTOTHENIA ROSSII MARMORATA ET
CHAMPSOCEPHALUS GUNNARI DANS LA ZONE DE LA GEORGIE DU SUD

J.G. Cooke
(UICN)

Résumé

Les stocks de Notothenia rossii et de Champsoccephalus gunnari dans la zone de la Géorgie du Sud sont évalués en utilisant les données d'échantillons d'âge soviétiques et les estimations récentes de la biomasse réalisées à partir d'études de la République Fédérale d'Allemagne. Ces données indiquent que le stock de N. rossii était en 1985 d'environ 2,5% de la biomasse présente avant l'exploitation, alors que le stock de Champsoccephalus gunnari a subi d'importantes fluctuations sans tendance évidente.

* * * * *

EVALUACIONES DE LAS RESERVAS DE NOTOTHENIA ROSSII MARMORATA Y
CHAMPSOCEPHALUS GUNNARI EN EL AREA DE GEORGIA DEL SUR

J.G. Cooke
(IUCN)

Resumen

Las reservas de Notothenia rossii marmorata y Champsoccephalus gunnari en el área de Georgia del Sur se evalúan usando los datos de la URSS sobre la edad de las muestras y cálculos recientes de las prospecciones hechas por la RFA. Estos datos indican que las reservas de N. rossii en 1975 constituían aproximadamente 2.5% de su biomasa antes de la explotación, mientras que la reserva de Champsoccephalus gunnari ha fluctuado mucho con ninguna tendencia obvia.

* * * * *

ОЦЕНКИ ЗАПАСОВ NOTOTHENIA ROSSII MARMORATA И CHAMPSOCEPHALUS
GUNNARI В РАЙОНЕ ЮЖНОЙ ГЕОРГИИ

Дж.Г. Кук
(МСОП)

Резюме

Сделаны оценки запасов Notothenia rossii marmorata и Champsoccephalus gunnari в районе Южной Георгии с использованием данных СССР по пробам по возрасту и недавних подсчетов биомассы по результатам съемок, выполненных ФРГ. Данные указывают, что запас N. rossii составлял в 1985 г. около 2,5% биомассы, имевшейся до начала промысла, в то время как величина запаса Champsoccephalus gunnari сильно колеблется, не показывая какой-либо ярко выраженной тенденции.

* * * * *

ASSESSMENTS OF THE STOCKS OF NOTOTHENIA ROSSII MARMORATA
AND CHAMPSOCEPHALUS GUNNARI IN THE SOUTH GEORGIA AREA

Justin G. Cooke
International Union for Conservation
of Nature and Natural Resources
Avenue du Mont Blanc
1196 Gland, Switzerland

1. NOTOTHENIA ROSSII

1.1 Introduction

The stock of N. rossii in the South Georgia area was assessed at the 1985 CCAMLR Fish Stock Working Group Meeting using a Virtual Population Analysis (CCAMLR, 1985), using age readings from samples collected from USSR exploratory fishing 1969-84, and assuming a fishing mortality rate of 0.6 in 1985. Since it proved impossible to recreate the analyses performed at the 1985 Working Group meeting, this paper presents some refinements on the previous year's analyses.

Although most attention is usually paid to the catch at age data input into a VPA, it is important to recognise that the age data themselves provide little or no information on the status of a stock. Figure 1 shows some hypothetical stock trajectories derived from VPAs using the same set of age data, but with different input values of the terminal fishing mortality and natural mortality rates.

The key features of the input data which affect the assessment of the stock are the estimate of terminal stock size (equivalent to the terminal fishing mortality rate, when the catches are known) and the net recruitment rate to the stock in each year implied by the age data. The catch at age data themselves do not provide any information on the natural mortality rate, unless additional assumptions are made, such as that the age structure of the stock was in approximate equilibrium prior to the start of fishing.

1.2 Age-specific Natural Mortality and Catchability Rates

Figure 2 shows the age distribution from USSR samples in 1970, prior to the start of major commercial fishing on the stock. Assuming the age readings to be correct, these imply a strongly age-specific mortality rate. Under these circumstances, use of a single value for the natural mortality rate in all age classes would lead to underestimation of the strength of year classes recruited before the start of the fishery compared to later year classes. However, in selecting an age-specific natural mortality schedule, account must be taken of the relative age-specific catchability of the fishery (the product of age-specific selectivity of the fishing gear and the age-specific availability of fish on the grounds).

Since it is not possible to separate the age-specific availability function from the survivorship schedule, a range of alternatives must be considered. At one extreme, the survival rate can be taken to be 100% up to age 8, the modal age class. If recruitment is assumed to be complete by this age, this implies the survival and catchability schedules in Table 1A. Alternatively, if a constant coefficient of natural mortality of 0.2 per year up to age 8 is assumed, this implies the schedules given in Table 1B.

The survival rate of the recruited population in each year is given by :

$$S_t = \sum_a s_a p_{at}$$

where :

s_a = survivorship of age class a

p_{at} = proportion by number of recruited population in year t
consisting of age class a

s_a is input from Table 1A or 1B, while p_{at} is taken directly from the age sample data. The annual survival rate estimates are given in Table 2.

1.3 Biomass Estimates

Kock (1985a) gives an estimate of the biomass of N. rossii within the 500m depth contour around South Georgia in January/February 1985 of 12,781 tonnes with a log (?) s.d. of 99.9%, based on experimental trawls. This value, and also one s.d. below and above this value and a log scale were used in the analyses that follow. Since the length distribution in these trawls is similar to that of the USSR samples in the later years, it is reasonable to assume a common age-specific catchability function for both data sets.

1.4 Annual Recruitment Rates

If the recruitment to the fishery were a knife-edged process, the estimate of the annual per capita recruitment rate to the population would be simply the proportion of the recruited stock consisting of the recruiting year class. When recruitment occurs over a range of ages, the following formula is required :

$$r_{II}(t) = \sum_a \rho_{at} P_{at}$$

where :

$r_{II}(t)$ = proportion by number of the recruited stock in year t made up of new recruits

ρ_{at} = proportion by number of age class a in year t consisting of new recruits

ρ_{at} is given by the assumed age-specific catchability functions given in Table 1. The annual recruitment rate estimates are given in Table 2.

1.5 Population Dynamics

The recruited stock in numbers follows the equations :

$$N_{t+1} = (N_t - C_t) S_t / (1 - r_{II}(t))$$

where C_t is the catch in numbers.

To convert the stock and catch by number to the stock and catch by weight, the mean weight of fish caught is used where this is recorded. Where this is not recorded, a weight-at-age curve is applied to the catches by age. To estimate the spawning stock biomass, an age-specific maturity function is also required. Weight-at-age and maturity-at-age curves were taken from Kock (1985b). Annual catches by weight are given in CCAMLR (1985, p. 210ff).

Figures 3a and 3b show estimated recruited biomass by year for each of the three terminal biomass estimates and for each of the two survivorship/catchability schedules. Figures 4a and 4b show the corresponding results for the spawning stock biomass.

1.6 Discussion

In this case, the historical catches have been so large compared with the current biomass that large relative changes in the estimate of terminal biomass have little effect on the estimated initial biomass.

The data indicate a strong dependence of gross recruitment on stock size, since a 20-fold reduction in the stock in the early 1970's led to only a 3-fold increase in per capita recruitment. Since the initial reduction of the stock in the period 1970-71 was rather abrupt, these data provide no information about the shape of the stock recruitment relationship and hence of the yield curve. However, the r_{II} recruitment rates and survival rates during a period of reasonable stability of the

stock in the latter part of the 1970's, give some indication of the sustainable exploitation rate at very low stock sizes. In an equilibrium situation, the sustainable exploitation rate, U , is given by :

$$U = 1 - (1 - r_{II})/S$$

This is approximately 0.35 for both survivorship/recruitment schedules using 1978 values. If one assumes that the yield curve is a simple (symmetrical) logistic, then this would imply a maximum sustainable yield of 45,000 tonnes per annum at a recruited stock size of 255,000 tonnes. The estimated current replacement is 1,680 and 12,000 tonnes per annum for the lower and higher biomass estimates used here, although the range of uncertainty is considerably wider than this. The corresponding expected recovery times to 50% of initial biomass are approximately 20 and 10 years respectively. Only continued monitoring of the stock biomass and recruitment rates while the stock is permitted to recover up to and beyond this level would provide more information on the maximum potential of the stock.

It is instructive to consider the sensitivity of the above assessments to the accuracy of the age readings. Alternative trajectories were calculated using the central estimate of terminal biomass, with all the age readings (a) doubled and (b) halved. The corresponding estimates of initial biomass were (a) 499,000 and (b) 519,000 tonnes. However, estimates of current replacement yield are halved when the age readings are doubled, and vice versa. Predicted recovery times will be similarly affected.

2. CHAMPSOCEPHALUS GUNNARI

Similar analyses to the above were performed for the stock of Champscephalus gunnari in the South Georgia area. USSR age samples, maturity-at-age and weight-at-age curves (from Kochkin, 1985) supplied to CCAMLR were used, with biomass estimates from Kock (1985a). Two

alternative survivorship/recruitment schedules are given in Table 3. The corresponding estimates of annual survival rate and r_{II} recruitment rates are given in Table 4, trajectories of recruited stock biomass are shown in Figures 5a-b.

In this case, the length distributions of the USSR catch at age samples are very dissimilar from FRG samples on which the biomass estimates are based (CCAMLR, 1985, p. 133), the latter including a considerable proportion of smaller fish not found in the USSR samples. This means that the biomass estimates will overestimate the catchable biomass available to the fishery. On the other hand, the Working Group noted that the research trawls may underestimate density of this species due to incomplete entrapment of all length classes (CCAMLR, 1985, p. 81).

The turnover of C. gunnari is much faster than that of N. rossii with up to 90% of the stock consisting of new recruits. There have been three periods of very high fishing mortality : 1971, 1977-78 and 1981-84. The stock apparently recovered after each of the first two periods. The age at recruitment is 3-4 years, hence up to two consecutive years of heavy fishing can occur and still be followed by one year class from a lightly fished stock. If the recent period of heavy fishing mortality continues, recovery might be slower since there will be no "unfished" year classes in the pipeline.

Management of this stock from catch quotas based on recruited biomass estimates may not be very effective. Since the stock in most years consists mainly of new recruits, and recruitment appears to fluctuate considerably, there would be a high probability that any catch quota would exceed the actual stock size in any given year, unless the quota were set very conservatively. Regulation of the maximum level of fishing mortality, for example by restricting the proportion of the area fished, may be worth considering. Alternatively, management could be based partly on larval surveys conducted annually to gain advance notice of imminent recruitment, although a baseline of up to 10 years data would first have to be established.

Because of the great fluctuations in year class strength, positive evidence of the effect of fishing on recruitment would only be obtained if a prolonged period of heavy fishing led to a period of consistently poor year classes. It is a perennial problem in fisheries management that the limits to the productivity of a stock can only be detected by exceeding them. Even if there were no dependence of recruitment on stock size in the range encountered, yield per recruit considerations (CCAMLR, 1985, p. 88) indicate that there is little to be gained by increasing the fishing mortality rate above 0.4. Using the central estimate of terminal biomass, the fishing mortality rate in 1984 was 2.4.

The available data series is too short to determine a typical level of stock size. However, the rapid recovery to higher catches in the mid and late 1970's suggests that the level in 1971 may by chance have been unusually low for an unexploited stock, and should not be used as a baseline.

REFERENCES

- Convention for the Conservation of Antarctic Marine Living Resources.
1985. Report of the Fourth Meeting of the Scientific Committee, Annex 4 :
Report of the Ad Hoc Working Group on Fish Stock Assessment. CCAMLR,
Hobart.
- De La Mare, W.K. 1985. On the estimation of net recruitment rate from age
data. Rep. int. Whal. Commn 35:469-76.
- Kock, K.H. 1985a. Estimates of fish stock biomass around South Georgia in
January/February 1985. Document SC-CAMLR-IV/BG/12. 21 pp.
- Kock, K.H. 1985b. Preliminary results of investigations of the Federal
Republic of Germany on Notothenia rossii marmorata Fischer 1885 in
January/February 1985. Document SC-CAMLR-IV/BG/11. 18 pp.

Table 1. Alternative survival and catchability schedules for Notothenia rossii

age (years)	A		B	
	cumulative survival	relative catchability	cumulative survival	relative catchability
0	1.00	0.00	1.00	0.00
1	1.00	0.00	0.82	0.00
2	1.00	0.00	0.67	0.00
3	1.00	0.08	0.55	0.03
4	1.00	0.34	0.45	0.15
5	1.00	0.67	0.37	0.36
6	1.00	0.93	0.30	0.62
7	1.00	0.91	0.25	0.73
8	1.00	1.00	0.20	1.00
9	0.91	1.00	0.18	1.00
10	0.74	1.00	0.15	1.00
11	0.42	1.00	0.08	1.00
12	0.34	1.00	0.07	1.00
13	0.08	1.00	0.02	1.00

Table 2. Estimates of annual survival and r_{II} recruitment rates for N. rossii in the South Georgia area.

Year	Survivorship/catchability schedule			
	A		B	
	Survival	r_{II}	Survival	r_{II}
1970	0.84	0.16	0.76	0.24
1971	0.82	0.19	0.73	0.26
1972	0.84	0.20	0.75	0.28
1973	0.89	0.32	0.77	0.39
1975	0.95	0.40	0.80	0.48
1977	0.97	0.35	0.81	0.45
1978	0.96	0.38	0.81	0.47
1982	0.99	0.50	0.82	0.58
1983	0.99	0.41	0.82	0.51
1985	0.99	0.49	0.82	0.57

Table 3. Alternative survival and catchability schedules for Champscephalus gunnari.

age (years)	A		B	
	cumulative survival	relative catchability	cumulative survival	relative catchability
0	1.00	0.00	1.00	0.00
1	1.00	0.00	0.74	0.00
2	1.00	0.002	0.55	0.001
3	1.00	0.35	0.41	0.26
4	1.00	1.00	0.30	1.00
5	0.41	1.00	0.12	1.00
6	0.038	1.00	0.011	1.00
7	0.003	1.00	0.001	1.00
8	0.001	1.00	0.0003	1.00

Table 4. Estimates of annual survival and r_{II} recruitment rates for C. gunnari in the South Georgia area.

Year	Survivorship/catchability schedule			
	A		B	
	Survival	r_{II}	Survival	r_{II}
1971	0.087	0.087	0.65	0.88
1973	0.45	0.55	0.39	0.60
1974	0.92	0.41	0.69	0.41
1975	0.82	0.77	0.62	0.78
1976	0.55	0.56	0.44	0.58
1977	0.57	0.63	0.46	0.67
1978	0.93	0.60	0.70	0.60
1979	0.87	0.91	0.66	0.93
1980	0.88	0.90	0.66	0.91
1981	0.92	0.91	0.69	0.92
1983	0.77	0.81	0.60	0.83
1984	0.68	0.62	0.52	0.64

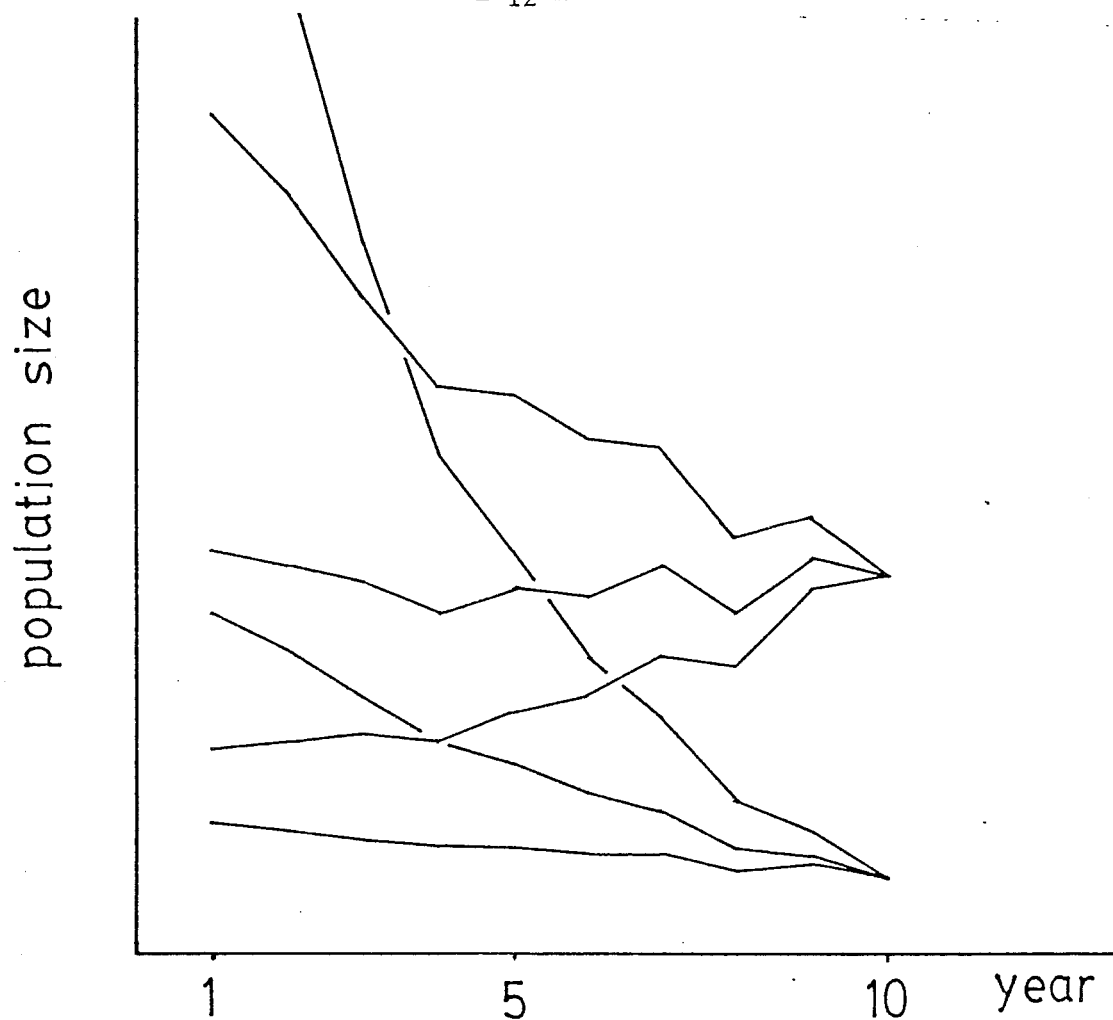


Figure 1 Examples of some stock trajectories derived from the same set of hypothetical age data

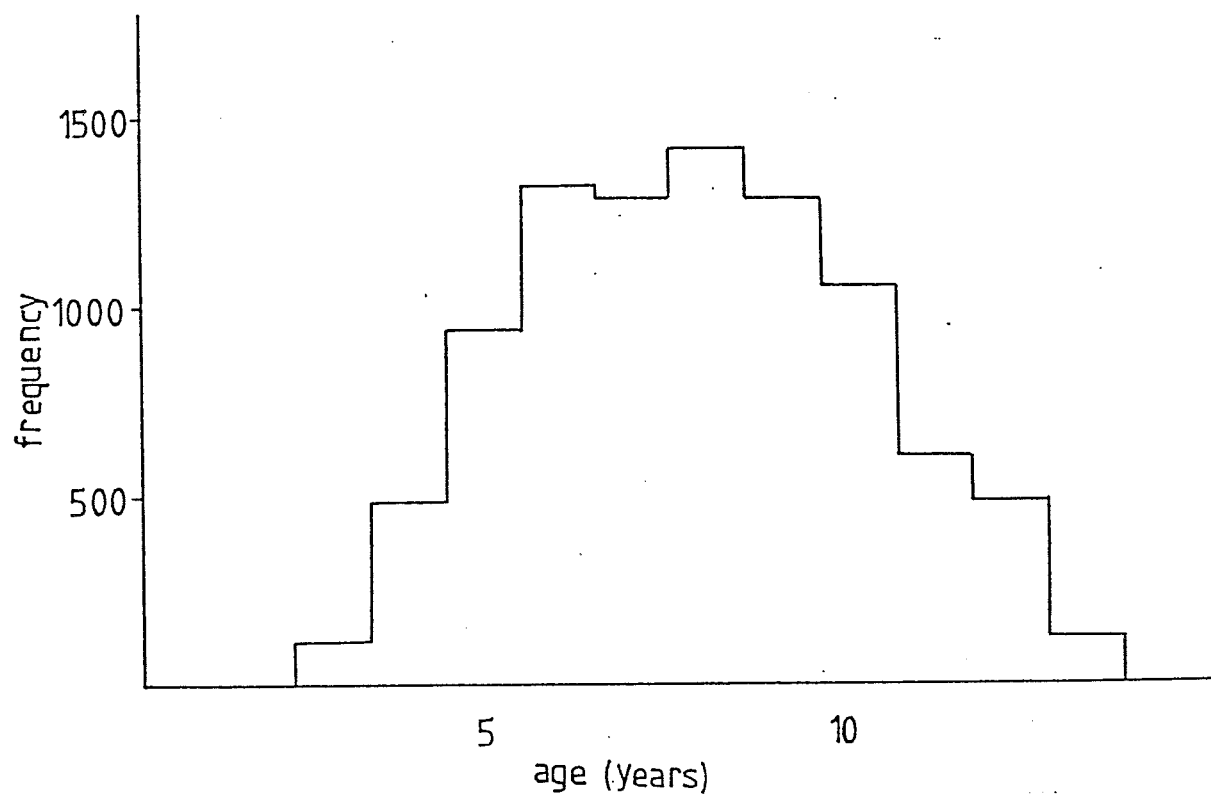


Figure 2 Age distribution of USSR samples of *Notothenia rossii* taken in Area 48.3 in 1970

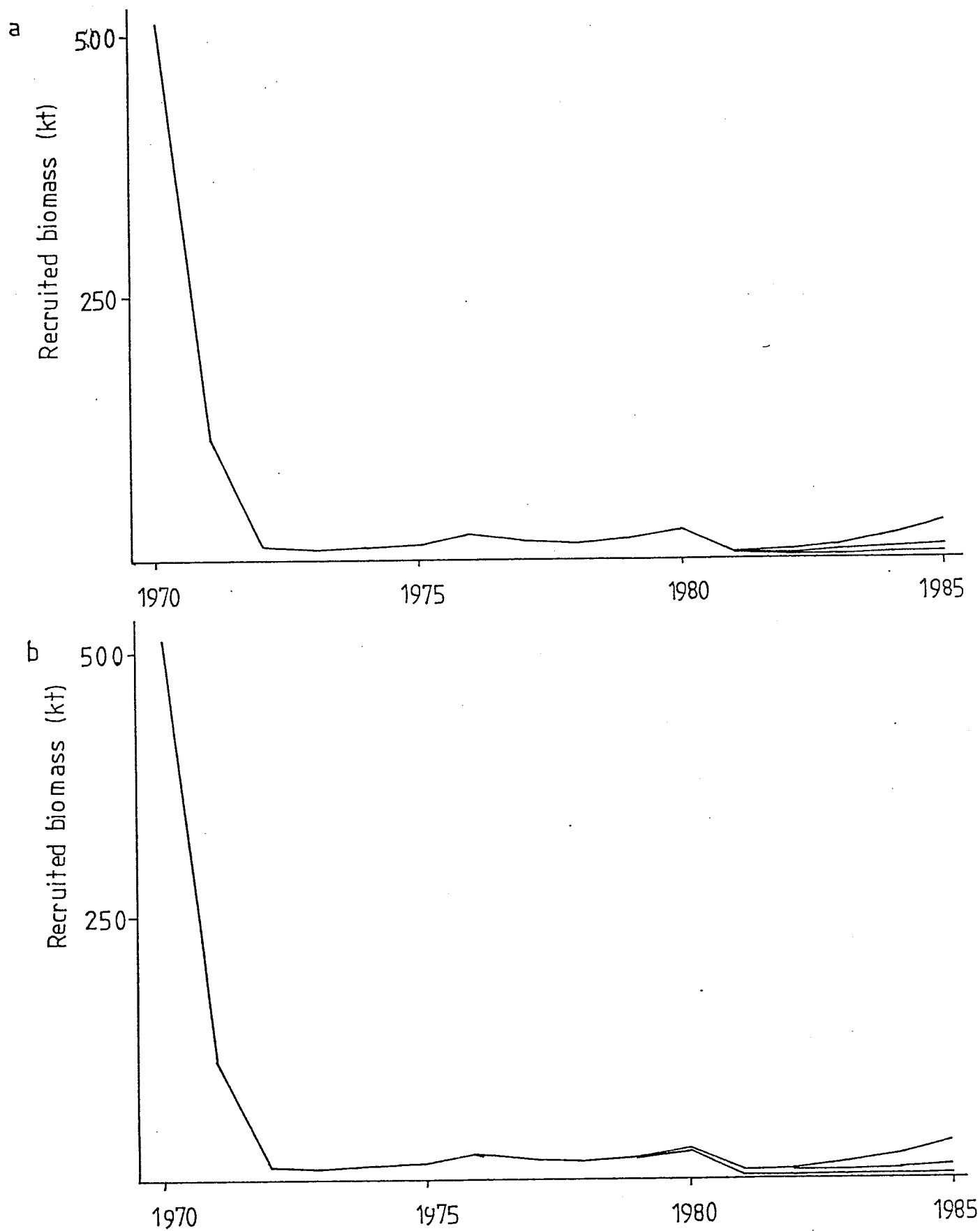


Figure 3 Annual estimates of recruited biomass of *Nototheni rossii* in the South Georgia area for three values of the 1985 biomass, using survivorship/recruitment schedule from a. Table 1A. b. Table 1B

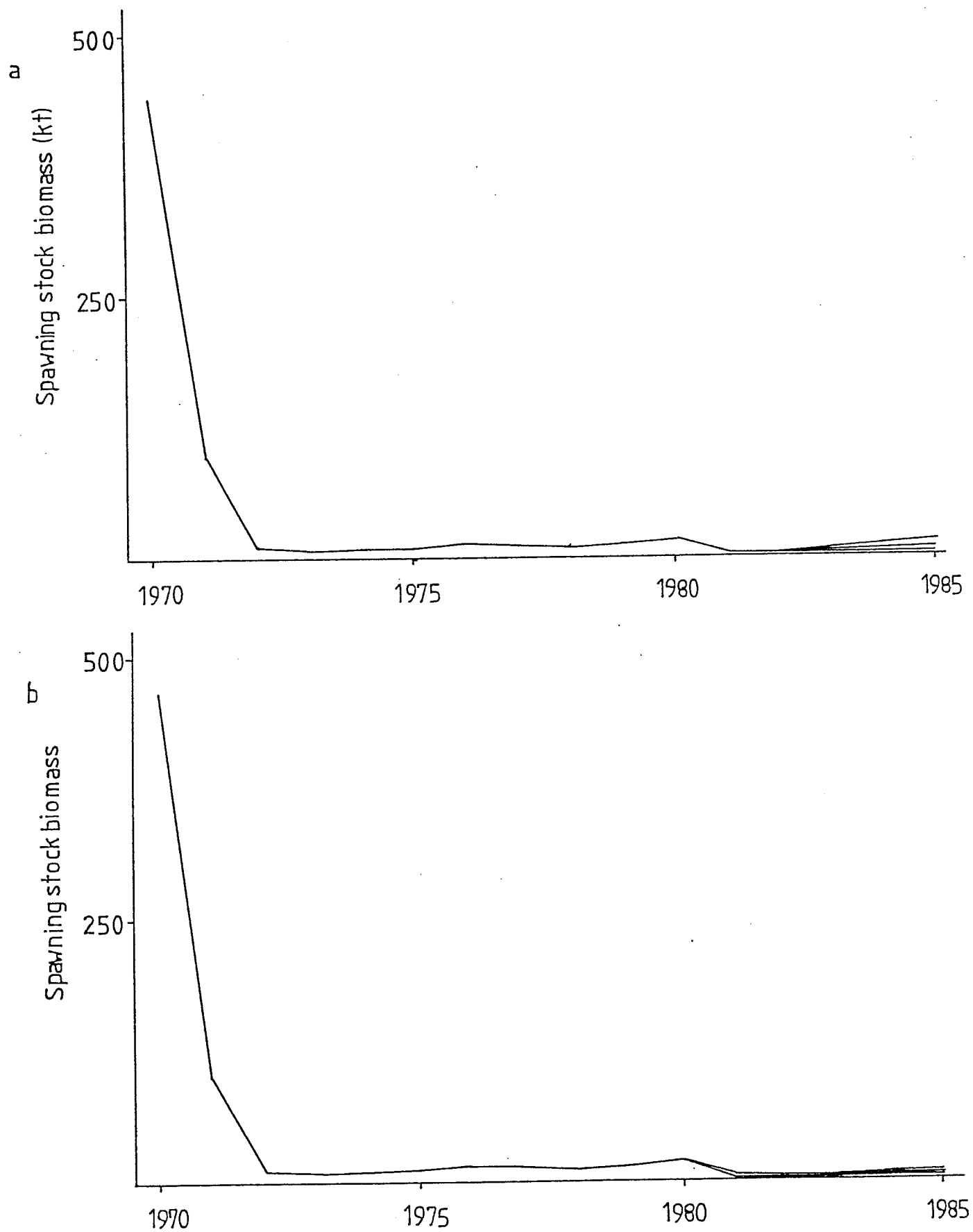


Figure 4 Annual estimates of spawning stock biomass of *Nototothenia rossii* in the South Georgia area for three values of the 1985 biomass, using survivorship/recruitment schedule from a. Table 1A. b. Table 1B.

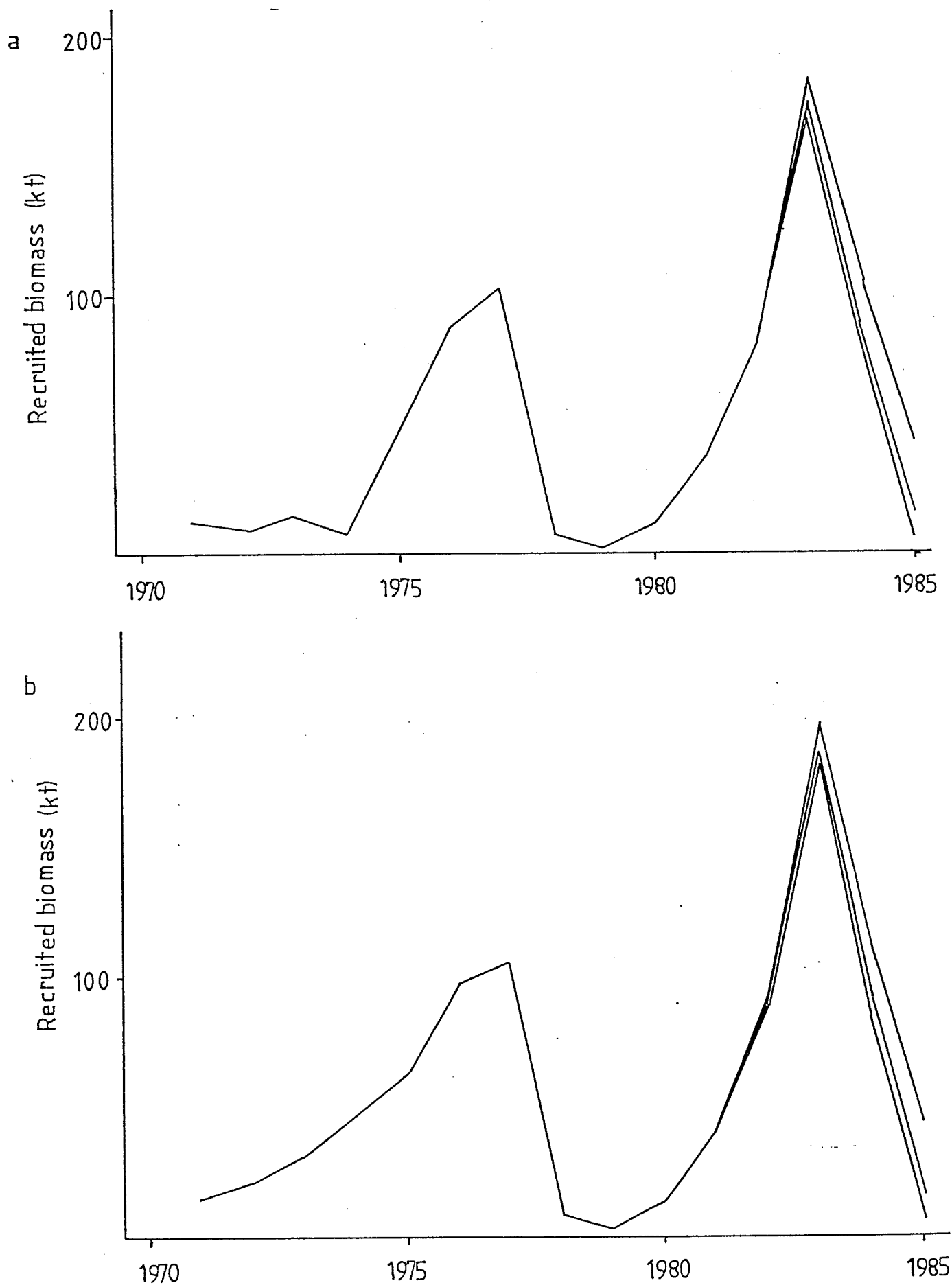


Figure 5 Annual estimates of recruited biomass of *Champsocephalus gunnari* in the South Georgia area for three values of the 1985 biomass, using survivorship/recruitment schedule from a. Table 3A. b Table 3B.

List of Tables

- Table 1 Alternative survival and catchability schedules for Notothenia rossii
- Table 2 Estimates of annual survival and r_{II} recruitment rates for N. rossii in the South Georgia area
- Table 3 Alternative survival and catchability schedules for Champsocephalus gunnari
- Table 4 Estimates of annual survival and r_{II} recruitment rates for C. gunnari in the South Georgia area

List of Figures

- Figure 1 Examples of some stock trajectories derived from the same set of hypothetical age data
- Figure 2 Age distribution of USSR samples of Notothenia rossii taken in Area 48.3 in 1970
- Figure 3 Annual estimates of recruited biomass of Notothenia rossii in the South Georgia area for three values of the 1985 biomass, using survivorship/recruitment schedule from a. Table 1A. b. Table 1B
- Figure 4 Annual estimates of spawning stock biomass of Notothenia rossii in the South Georgia area for three values of the 1985 biomass, using survivorship/recruitment schedule from a. Table 1A. b. Table 1B
- Figure 5 Annual estimates of recruited biomass of Champsocephalus gunnari in the South Georgia area for three values of the 1985 biomass, using survivorship/recruitment schedule from a. Table 3A. b. Table 3B

Liste des Tableaux

Tableau 1	Tableaux alternatifs de survie et de potentiel de capture pour <u>Notothenia Rossii</u>
Tableau 2	Estimations des taux de survie annuelle et de recrutement r_{II} pour <u>N. rossii</u> dans la zone de la Géorgie du Sud
Tableau 3	Tableaux alternatifs de survie et de potentiel de capture pour <u>Champscephalus gunnari</u>
Tableau 4	Estimations des taux de survie annuelle et de recrutement r_{II} pour <u>C. gunnari</u> dans la zone de la Géorgie du Sud

Liste des Figures

Figure 1	Exemples de certaines trajectoires de stock dérivées de la même série de données d'âge hypothétiques
Figure 2	Répartition d'âge des échantillons de <u>Notothenia rossii</u> capturés par les scientifiques soviétiques dans la zone 48.3 en 1970
Figure 3	Estimations annuelles de la biomasse de <u>Notothenia rossii</u> recrutée dans la zone de la Géorgie du Sud pour trois valeurs de la biomasse de 1985 en se servant du tableau survie/recrutement de a. Tableau 1A. b. Tableau 1B

Figure 4 Estimations annuelles de la biomasse du stock reproducteur de Notothenia rossii dans la zone de la Géorgie du Sud pour trois valeurs de la biomasse de 1985 en se servant du tableau survie/recrutement de a. Tableau 1A. b. Tableau 1B

Figure 5 Estimations annuelles de la biomasse de Champscephalus gunnari recrutée dans la zone de la Géorgie du Sud pour trois valeurs de la biomasse de 1985 en se servant du tableau survie/recrutement de a. Tableau 3A. b. Tableau 3B

Lista de Tablas

- Tabla 1 Cuadros alternativos de supervivencia y capturabilidad para Notothenia rossii
- Tabla 2 Estimaciones de supervivencia e índice de reclutamiento r_{II} anuales para N. rossii en el área de Georgia del Sur
- Tabla 3 Cuadros alternativos de supervivencia y capturabilidad para Champscephalus gunnari
- Tabla 4 Estimaciones de supervivencia e índice de reclutamiento anuales para C. gunnari en el área de Georgia del Sur

Lista de Figuras

- Figura 1 Ejemplos de algunas trayectorias de reserva derivados del mismo conjunto de datos de edades hipotéticas
- Figura 2 Distribución de edades de muestras de la URSS de Notothenia rossii tomadas en el área 48.3 en 1970
- Figura 3 Estimaciones anuales de biomasa de Notothenia rossii obtenida en el área de Georgia del Sur para tres valores de la biomasa de 1985, utilizando el cuadro de supervivencia/reclutamiento de a. Tabla 1A. b. Tabla 1B
- Figura 4 Estimaciones anuales de la biomasa de las reservas reproductoras de Notothenia rossii en el área de Georgia del Sur para tres valores de la biomasa de 1985, utilizando el cuadro de supervivencia/reclutamiento de a. Tabla 1A. b. Tabla 1B
- Figura 5 Estimaciones anuales de biomasa de Champscephalus gunnari obtenida en el área de Georgia del Sur para tres valores de la biomasa de 1985 utilizando el cuadro de supervivencia/reclutamiento de a. Tabla 3A. b. Tabla 3B

Список таблиц

- Таблица 1 Альтернативные графики выживаемости и улавливаемости для Notothenia rossii
- Таблица 2 Оценки годовичного коэффициента выживаемости и r_{II} - темпов пополнения для N. rossii в районе Южной Георгии
- Таблица 3 Альтернативные графики выживаемости и улавливаемости для Champsocorhpalus gunnari
- Таблица 4 Оценки годовичного коэффициента выживаемости и r_{II} - темпов пополнения для C. gunnari в районе Южной Георгии

Список рисунков

- Рисунок 1 Примеры некоторых путей развития запасов, полученные на основе одного и того же набора гипотетических данных по возрасту
- Рисунок 2 Распределение по возрасту в выборках Notothenia rossii, взятых СССР в районе 48.3 в 1970 г.
- Рисунок 3 Годичные оценки величины биомассы особей пополнения Notothenia rossii в районе Южной Георгии для трех величин биомассы в 1985 г. с использованием графиков выживаемость/пополнение, приведенных в: а. Таблице 1А; б. Таблице 1В

Таблица 4 Годичные оценки биомассы нерестующего запаса
Notothenia rossii в районе Южной Георгии для трех
величин биомассы в 1985 г. с использованием графиков
выживаемость/пополнение, приведенных в: а. Таблице 1А;
б. Таблице 1В

Таблица 5 Годичные оценки биомассы особей пополнения
Champsocерphalus gunnari в районе Южной Георгии для
трех величин биомассы в 1985 г. с использованием
графиков выживаемость/пополнение, приведенных в: а.
Таблице 3А; б. Таблице 3В

THE KERGUELEN DATABASE

G. Duhamel
(France)

Abstract

A database for fishery statistics and biological data for the Kerguelen EEZ has been operating in France since 1979. At the end of the 1984/85 fishing season, the data from 25445 trawls had been entered into the database. A graphical representation of these data is presented for several parameters including a distribution of the fishing effort, position of individual trawls, total catches and catch per species. Four species (Champsoccephalus gunnari, Notothenia squamifrons, N. rossii and Dissostichus eleginoides) represent about 99% of the total catches. Length frequency distributions of the species are also provided for the period 1979/80-1985/86.

* * * * *

LA BASE DE DONNEES DES KERGUELEN

G. Duhamel
(France)

Résumé

Une base de données pour les données biologiques et de statistiques de la pêche dans la ZEE des Iles Kerguelen est en usage en France depuis 1979. A la fin de la saison de pêche 1984/85, les données de 25.445 chaluts ont été introduites dans la base de données. Ces données sont représentées graphiquement pour plusieurs paramètres y compris une répartition de l'effort de pêche, la position des chaluts individuels, les prises totales et la prise par espèce. Quatre espèces (Champsoccephalus gunnari, Notothenia squamifrons, N. rossii et Dissostichus eleginoides) représentent environ 99% des prises totales. Les répartitions des fréquences de longueurs des espèces sont également fournies pour les périodes 1979/80-1985/86.

* * * * *

EL BANCO DE DATOS DE KERGUELEN

G. Duhamel
(Francia)

Resumen

Un banco de datos para estadísticas pesqueras y datos biológicos para la ZEE de las islas Kerguelén ha estado operando en Francia desde 1979. A fines de la temporada de pesca de 1984/85, los datos de 25 445 arrastres habían sido entrados en el banco de datos. Se presenta una representación gráfica de estos datos para varios parámetros, incluyendo una distribución del esfuerzo de pesca, de la posición de arrastres individuales, de capturas totales, y de capturas por especie. Cuatro especies (Champsoccephalus gunnari, Notothenia squamifrons, N. rossii y Dissostichus eleginoides) representan alrededor de 99% de las capturas totales. También se proporcionan las distribuciones de frecuencia de tamaño de las especies para el período 1979/80 - 1985/86.

* * * * *

БАЗА ДАННЫХ ЗОНЫ КЕРГЕЛЕНА

Г. Дюамель
(Франция)

Резюме

Начиная с 1979 г. во Франции функционирует база статистических данных промысла и биологических данных Экономической (прибрежной) зоны о-вов Кergелен. К концу промыслового сезона 1984/85 г. в эту базу были введены данные, полученные в результате 25445 тралений. Дается графическое представление этих данных по некоторым параметрам, включая распределение промысловых усилий, местоположение отдельных тралений, величины общего вылова и вылова по видам. Около 99% общего вылова приходится на четыре вида (Champsoccephalus gunnari, Notothenia squamifrons, N. rossii и Dissostichus eleginoides). Представлены также сведения о распределении по частоте длины по видам за период с 1979/80 по 1985/86 г.

* * * * *

THE KERGUELEN DATABASE

Since 1979, a data collecting system (fishery statistics and biological sampling program) has been used for the Kerguelen Islands area. The introduction of a fishing logbook for each trawler in June 1980 has generally been accepted and the data collected can be considered as reliable.

At the end of the split-year 1985/86 25445, trawlings have been registered in a database. The LFD (Length Frequency Distribution) of four abundant species are also available from 1979/80 to 1985/86. These species are Champscephalus gunnari, Notothenia squamifrons, N. rossi and Dissostichus eleginoides and they represent about 99% of the total catches.

Some data can be presented using figures and tables. In the interpretation of the results however, one should take into account that the fisheries are controlled.

The frequency of the trawlers in the area (Figure 1) illustrates the fishing effort during the year. During spring and summer the fishing effort is greatest due to better meteorological conditions and maximal concentration of fishes.

The geographical position of the fishing effort is represented in an artificial map (see Figure 2) where the total trawl number is plotted for a certain period of time. Two such periods are shown. During the first period, the main fishing effort occurs in the Southern, South-Eastern part of the shelf (see Figure 8). The effort extends from the South to the North-East of the shelf and also to a neighbouring bank (S-W) during the second period.

The same analysis, but on a seasonal base, is given in Figures 3 to 5. The period extends from winter 1984 to summer 1986. The analysis as a whole indicates that some sectors (principally N/E, S/E, S sectors and secondarily the W and S/W bank) must be considered as the main fishing grounds of the area.

The monthly total catches, catches per species, fishing effort and CPUE (Catch Per Unit Effort) for the whole area are shown in Figures 6 and 7. Two peaks can be seen in the catches during the summers of 1982/83 and 1985/86. They are related to the high level of C. gunnari catches.

The presence of N. rossii in the total catches has decreased yearly. Conservation measures established for this species have been in force for several years. In recent years, catches of N. squamifrons have never been high (except during the summer of 1980) but have been relatively constant. The catching period was restricted to the summer. Finally, D. eleginoides constitutes an important part of the catches during the 1984/85 season as a result of the discovery of a new deep fishing ground. The species did not support the fishing effort and subsequent catches in the same sector remained low.

Annual abundance of each species in the total catches is listed in Table 1. Two measures of fishing effort are given (number of trawls and hours fished). The results for the CPUE are comparable even when the CPUE in tonnes/hour is considered as the best measure of fishing effort. The highest yield occurred during the season 1985/86 (4.69 t/h) but the 1982/83 value was also good (4.57 t/h) due to the good catches of C. gunnari. It is also clear that when this species does not occur or when it is less abundant, the total value for the CPUE is low (e.g. 1.51 t/h during 1983/84).

The database allows analysis of catches and fishing effort within geographical sectors. The Kerguelen Islands EEZ has been divided into 9 sectors. This provides the possibility to study the seasonal distribution of the species and to follow the variations in catches, fishing effort and CPUE. In addition, four depth ranges have been selected for analysing the bathymetric distribution of the species. The following results were obtained :

- The first depth range (050-149 m) is not a major fishing area.
- Three sectors of the shelf are important : 2, 3 and 4.

- One species is dominant in each sector :
 - main sector for C. gunnari : 2
secondary sector : 8 and 1
main depth range : 150-249 m in the sector 2
250-349 m in the sector 8
 - main sector for N. rossii : 3
regular in sector 8
main depth range : 250-349 m and 250-600 m during the winter
 - main sector for N. squamifrons : 4
secondary sector : 3
main depth range : 250-349 m.
- Recent discovery of the D. eleginoides fishing grounds indicates :
 - main sector for D. eleginoides : 6
secondary sector : 5
main depth range : 350-600 m.
- Allopatry of the species in the depth ranges (except between N. rossii and N. squamifrons in the sectors 3 and 4 during the winter, due to the three month analysis).
- CPUE are representative in the studies of abundance if the main sector of distribution and the depth range are taken into account for each species. The season is also important.

The analysis would be incomplete if the LFD were not available. The LFD for N. rossii has already been presented and now we can supply the LFD for the two other important species.

The analysis of LFD for C. gunnari contains an important amount of information even in the absence of data for the period 1970/79. The cohorts (Figure 9 can be easily followed using the integration method). This is very useful as age determination with otoliths is difficult. We have obtained the following data :

- Two cohorts (1979 and 1982) are dominant during the period 1979/1986, taking into account the level of corresponding catches. These cohorts are exploited in the North/eastern part of the shelf.
- The cohorts 1978 and 1981 have been found outside the shelf and do not mix with those previously mentioned.
- In terms of abundance, it is necessary to modify the value of CPUE if the same cohort is followed.
- The length at first maturity is 25 cm. This value is important to consider when the catches are relative to only one age group.

The LFD and ageing of N. squamifrons are illustrated in Figure 10. It is evident that only a part of the population is exploited because no fish under 23 cm were caught. A decrease of the mean length is obvious. The actual mean length is less than the length at first maturity. The values of CPUE do not reflect a decrease of the population which is exploited at a low level.

Split year	C. gunnari	N. squamifrons	N. rossii	D. eleginoides	others	Fishing effort	
						trawls (CPUE)	hours
1979	(1347)*	(4451)*	(1175)*	(159)*	(18)*	1429	2435
1980	1631	11308	1752	159	18	(5.00)	(2.94)
1980	1095	6287	7927	43	59	4011	5682
1981						(3.84)	(2.71)
1981	16048	4051	9792	124	7	5249	8680
1982						(5.72)	(3.46)
1982	25851	1815	1823	130	29	3957	6485
1983						(7.49)	(4.57)
1983	7127	3794	744	147	618	3278	8231
1984						(3.79)	(1.51)
1984	8265	7408	1704	6673	12	4844	7146
1985						(4.97)	(3.37)
1985	17054	2464	801	459	2	2686	4435
1986						(7.74)	(4.69)

* partial data corresponding to the fishing effort & used for the CPUE

Table 1. Catches per species from split-year 1979/80 to 1985/86. Values of the total fishing effort (number of trawls and hours fished) are represented. The corresponding CPUE is in brackets. Kerguelen Islands EEZ.

Table 2. Seasonal fishing effort (trawling hours) and corresponding catches (tonnes) per species (*C. gunnari*, *N. squamifrons*, *N. rossii*, *D. eleginoides* respectively) in four depth ranges for sectors of the Kerguelen EEZ (see Figure 8).

	050 149	150 249	250 349	350 600 m
1980				
OND	—	141 + 0 1	+ 0 0 0	—
JFM	—	—	—	—
AMJ	—	—	—	—
JAS	—	25	3	1
OND	—	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0
JFM	—	1 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0
1981				
JFM	—	—	—	—
AMJ	—	—	3	—
JAS	—	3	0 0 +	—
OND	—	0 0 0 0	—	—
JFM	—	1 0 0 0	0 0 0 0	—
1982				
JFM	—	5	1	—
AMJ	—	0 0 0 0	2 0 0 0	—
JAS	—	2	2	2
OND	—	0 0 0 0	0 0 0 1	0 0 0 0
JFM	—	3	3	1
AMJ	—	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0
1983				
JFM	—	—	4	—
AMJ	—	—	0 0 0 0	—
JAS	—	—	—	—
OND	—	2364	12	—
JFM	—	2592 0 3 25	4 0 0 0	—
1984				
JFM	—	1170	2	—
AMJ	—	1118 0 0 43	3 0 0 +	—
JAS	—	17	3	—
OND	—	4 0 0 0	0 0 0 0	—
JFM	—	5 0 0 0	0 0 0 0	—
1985				
JFM	—	4	—	1
AMJ	—	1 0 0 0	—	0 0 0 0
JAS	—	—	—	—
OND	—	31 0 11 0	0 0 1 0	—
1986				
JFM	—	—	—	—
AMJ	—	—	—	—
JAS	—	—	—	—
OND	—	—	—	—

Sector I

	050 149	150 249	250 349	350 600 m
OND	<u>8</u> 0 0 0 0	<u>34</u> 9 + 1 0	<u>8</u> + 1 + 0	<u> </u>
JFM	<u>1</u> 0 0 + 0	<u>+</u> 0 0 0 0	<u>2</u> + 0 0 0	<u>2</u> 0 0 0 0
AMJ	<u>2</u> 2 0 0 0	<u>13</u> 14 0 0 0	<u>1</u> 2 0 0 0	<u> </u> 0 0 0 0
1980 JAS	<u>13</u> 0 0 0 0	<u>27</u> 0 1 0 0	<u>8</u> 0 0 0 0	<u>1</u> 0 0 0 0
OND	<u>8</u> 2 0 0 0	<u>58</u> 14 0 6 0	<u>80</u> 55 3 0 0	<u>3</u> 0 0 0 0
JFM	<u> </u> 	<u>10</u> 0 0 0 0	<u>6</u> + 2 0 0	<u> </u>
AMJ	<u> </u> 	<u>23</u> 7 + + 4	<u>2</u> 0 0 0 +	<u>3</u> 0 0 0 0
1981 JAS	<u>21</u> 0 0 0 0	<u>23</u> 5 0 + 0	<u>5</u> + 0 0 0	<u> </u>
OND	<u>2</u> 58 0 0 0	<u>48</u> 34 1 31 3	<u>51</u> 11 4 22 2	<u>4</u> 0 0 0 0
JFM	<u>22</u> 69 0 0 2	<u>1435</u> 6459 3 36 33	<u>196</u> 361 65 7 15	<u>43</u> 1 16 2 3
AMJ	<u> </u> 	<u>5</u> 14 0 + 0	<u> </u> 	<u> </u>
1982 JAS	<u>26</u> 3 0 0 0	<u>325</u> 905 0 71 1	<u>138</u> 377 0 81 4	<u>3</u> 0 0 0 0
OND	<u>832</u> 5660 8 63 0	<u>956</u> 8105 1 167 2	<u>63</u> 215 0 4 4	<u>17</u> 0 2 0 2
JFM	<u>64</u> 403 0 0 0	<u>973</u> 6995 2 41 1	<u>345</u> 438 466 7 34	<u>24</u> 0 30 0 2
AMJ	<u>40</u> 99 0 3 1	<u>118</u> 495 0 4 9	<u>69</u> 582 2 + 18	<u>8</u> 0 0 0 5
1983 JAS	<u> </u> 	<u> </u> 	<u> </u> 	<u> </u>
OND	<u>43</u> 19 0 0 0	<u>1214</u> 1329 0 8 +	<u>106</u> 55 0 0 0	<u> </u>
JFM	<u>12</u> 2 1 1 +	<u>545</u> 774 7 + 6	<u>123</u> 106 10 0 1	<u>10</u> 0 1 0 0
AMJ	<u>2</u> 0 0 0 0	<u>105</u> 187 + 0 6	<u>4</u> 1 0 0 0	<u> </u>
1984 JAS	<u>19</u> 2 0 0 0	<u>39</u> 30 0 0 0	<u>17</u> 46 0 0 0	<u>13</u> 4 0 0 0
OND	<u>2</u> 0 0 0 0	<u>35</u> 123 1 1 +	<u>21</u> 56 1 1 +	<u>11</u> 1 1 1 +
JFM	<u>8</u> 45 + 0 0	<u>631</u> 4808 53 6 9	<u>223</u> 482 149 3 22	<u>5</u> 5 0 0 0
AMJ	<u>4</u> 9 0 0 0	<u>249</u> 2081 1 1 13	<u>16</u> 104 + 0 1	<u> </u>
1985 JAS	<u> </u> 	<u> </u> 	<u> </u> 	<u> </u>
OND	<u>179</u> 865 0 2 +	<u>2429</u> 15248 10 92 26	<u>172</u> 690 20 60 14	<u>38</u> 22 + 0 2
JFM	<u> </u> 	<u>17</u> 114 3 0 0	<u>7</u> 1 23 0 0	<u> </u>
AMJ	<u> </u> 	<u> </u> 	<u> </u> 	<u> </u>
1986 JAS	<u> </u> 	<u> </u> 	<u> </u> 	<u> </u>
OND	<u> </u> 	<u> </u> 	<u> </u> 	<u> </u>

	050 149	150 249	250 349	350 600 m
1980				
OND	0 0 5 0	0 0 9 0	0 0 24 0	0 0 0 0
JFM	0 0 0 0	0 0 2 0	0 57 10 0	0 0 0 0
AMJ	0 0 0 0	0 0 6 0	0 12 131 0	0 0 17 0
JAS	0 0 3 0	0 0 44 0	0 29 504 0	0 29 271 0
OND	0 0 3 0	0 0 91 0	0 28 97 0	0 0 15 0
JFM	0 0 0 0	4 35 105 0	0 28 88 0	0 0 0 0
JFM	0 0 0 0	2 346 258 0	1 1731 0 +	0 30 21 0
AMJ	0 0 1 0	0 2 128 0	1 19 207 0	0 0 80 0
JAS	0 0 0 0	0 0 175 0	0 4 686 0	0 3 300 0
OND	0 0 0 0	5284 3 161 15	437 1431 1394 11	0 42 21 0
JFM	16 0 2 0	861 12 312 27	208 1091 112 4	0 234 59 0
AMJ	0 0 0 0	+ 0 72 16 3	+ 0 226 685 0	0 2 261 1263 0
JAS	0 0 1 0	0 0 61 10 0	0 243 1060 829 2	0 130 192 65 +
OND	373 0 40 0	818 113 118 17 0	5 0 31 0 2	0 2 7 0 0
JFM	12 0 2 0	319 0 125 18 2	46 609 323 5 8	0 222 93 4 14
AMJ	+ 0 + 0	0 0 4 1 0	0 0 25 60 5	0 5 54 143 9
JAS	0 0 0 0	0 0 0 0 0	0 0 0 0 0	0 0 0 0 0
OND	0 0 1 0	0 153 175 258 1	1 539 397 237 5	0 9 14 4 1
JFM	0 0 9 0	1 22 31 0 0	31 70 83 3 9	0 10 11 0 3
AMJ	0 0 0 0	0 + 6 0 +	0 0 2 0 0	0 1 6 0 0
JAS	0 0 4 0	0 2 17 5 0	0 12 178 255 1	0 69 235 853 0
OND	0 0 0 0	+ 6 24 0 10	0 638 271 2 15	0 1 3 0 +
JFM	0 0 1 0	127 1 29 0 0	18 504 404 259 21	0 16 21 33 0
AMJ	0 0 0 0	0 0 0 0 0	0 0 0 0 0	0 0 0 0 0
JAS	0 0 0 0	0 0 0 0 0	0 0 0 0 0	0 0 0 0 0
OND	0 0 1 0	25 2 15 0 0	3 225 280 625 2	0 25 27 0 2
JFM	0 0 0 0	0 0 2 0 0	16 269 155 0 0	0 2 6 0 0
AMJ	0 0 0 0	0 0 0 0 0	0 0 0 0 0	0 0 0 0 0
JAS	0 0 0 0	0 0 0 0 0	0 0 0 0 0	0 0 0 0 0
OND	0 0 0 0	0 0 0 0 0	0 0 0 0 0	0 0 0 0 0

	050 149	150 249	250 349	350 600 m
1980				
OND	—	0 143 0 +	6 615 0 2	0 27 0 1
JFM	—	0 103 0 +	0 323 0 +	0 1 0 0
AMJ	—	—	—	—
JAS	—	0 11 0 0	0 21 22 0	—
OND	—	0 289 6 0	4 136 0 2	0 0 + 0 0
JFM	—	7 1009 861 +	1 649 0 +	0 18 0 0
AMJ	—	3 28 3 0	1 25 + 1	—
JAS	—	4 26 0 0	+ 31 0 0	0 1 0 0
OND	—	479 135 4 0	6 338 140 3	0 5 9 0
JFM	—	635 310 25 0	66 225 12 2	0 1 0 0
AMJ	—	0 43 34 0	0 66 + 0	—
JAS	—	0 19 6 0	0 13 57 2	0 3 0 0
OND	—	—	0 4 0 0	—
JFM	—	0 7 0 0	0 59 0 0	0 1 0 0
AMJ	—	—	—	—
JAS	—	—	—	—
OND	—	0 22 0 0	0 21 0 0	—
JFM	—	0 27 4 +	0 758 8 9	0 98 0 2
AMJ	—	—	—	—
JAS	—	0 20 0 0	0 101 0 1	0 415 73 0
OND	—	1 322 122 0	3 277 56 5	0 14 0 8
JFM	0 2 0 0	0 54 0 0	6 497 11 15	0 25 0 +
AMJ	—	—	—	—
JAS	—	—	—	—
OND	—	24 27 1 0	16 183 9 0	2 89 0 +
JFM	—	0 2 0 0	0 336 0 41	0 168 0 0
AMJ	—	—	—	—
JAS	—	—	—	—
OND	—	—	—	—

	050 149	150 249	250 349	350 600 m
1980				
OND	—	<u>213</u> 324 + 0 62	<u>431</u> 845 0 0 93	—
JFM	—	<u>3</u> 0 0 0 0	<u>6</u> + 0 0 0 0	—
AMJ	—	—	—	—
JAS	—	<u>7</u> 0 0 0 0	<u>16</u> 0 0 0 0	<u>1</u> 0 0 0 0
OND	—	<u>5</u> 0 0 0 0	<u>23</u> 0 0 0 5	—
JFM	—	—	—	—
1981				
AMJ	—	<u>1</u> 0 0 0 0	<u>3</u> + 0 0 0 4	—
JAS	—	<u>4</u> 1 0 0 0	<u>2</u> 0 0 0 0	—
OND	—	—	<u>1</u> 0 0 0 0	—
JFM	—	—	—	—
1982				
AMJ	—	—	<u>1</u> 0 0 0 0	—
JAS	—	—	—	—
OND	—	—	—	—
JFM	—	—	—	—
1983				
AMJ	—	—	<u>3</u> 0 0 0 0	—
JAS	—	—	—	—
OND	—	<u>16</u> 0 0 0 0	<u>6</u> 0 0 0 14	—
JFM	—	<u>6</u> 0 0 0 0	<u>9</u> 0 0 2 5	—
1984				
AMJ	—	—	—	—
JAS	—	<u>3</u> 0 0 0 0	<u>53</u> 1 0 0 39	<u>9</u> 0 0 0 5
OND	—	<u>±</u> 0 0 0 0	<u>142</u> 2 0 0 210	<u>252</u> 1 1 0 730
JFM	—	—	<u>1</u> 0 0 0 0	<u>12</u> 0 0 0 5
1985				
AMJ	—	—	—	—
JAS	—	—	—	—
OND	—	<u>3</u> 0 0 0 0	<u>10</u> 0 0 0 3	<u>43</u> 0 0 0 47
JFM	—	—	—	<u>14</u> 0 0 0 7
1986				
AMJ	—	—	—	—
JAS	—	—	—	—
OND	—	—	—	—

	050 149	150 249	250 349	350 600 m
1980				
OND	—	4 0 6 0	+ 0 7 0 0	—
JFM	—	—	—	—
AMJ	—	—	—	—
JAS	—	0 0 12 0	0 0 11 0	—
OND	—	0 0 7 0	0 0 14 0	0 0 2 0
JFM	—	—	—	—
AMJ	—	—	—	—
1981				
JAS	—	—	0 0 1 0	—
OND	—	0 0 1 0	+ 0 5 3 1	—
JFM	—	—	—	—
AMJ	—	—	0 0 1 0	—
1982				
JAS	—	—	—	—
OND	—	—	—	—
JFM	—	—	—	—
AMJ	—	—	0 0 3 0	—
1983				
JAS	—	—	—	—
OND	—	—	—	—
JFM	—	—	—	—
AMJ	—	—	—	—
1984				
JAS	—	0 0 2 0	0 0 15 0	0 0 1 0
OND	—	—	8 0 315 0	8 0 895 0
JFM	—	0 0 2 0	55 0 170 0	0 0 479 0
AMJ	—	—	0 0 4 0	0 0 230 0
1985				
JAS	—	—	0 0 0 5	0 0 0 209
OND	—	0 0 + 0	0 0 37 0	0 0 147 0
JFM	—	—	—	—
AMJ	—	—	—	0 0 8 0
1986				
JAS	—	—	—	—
OND	—	—	—	—

Sector VI

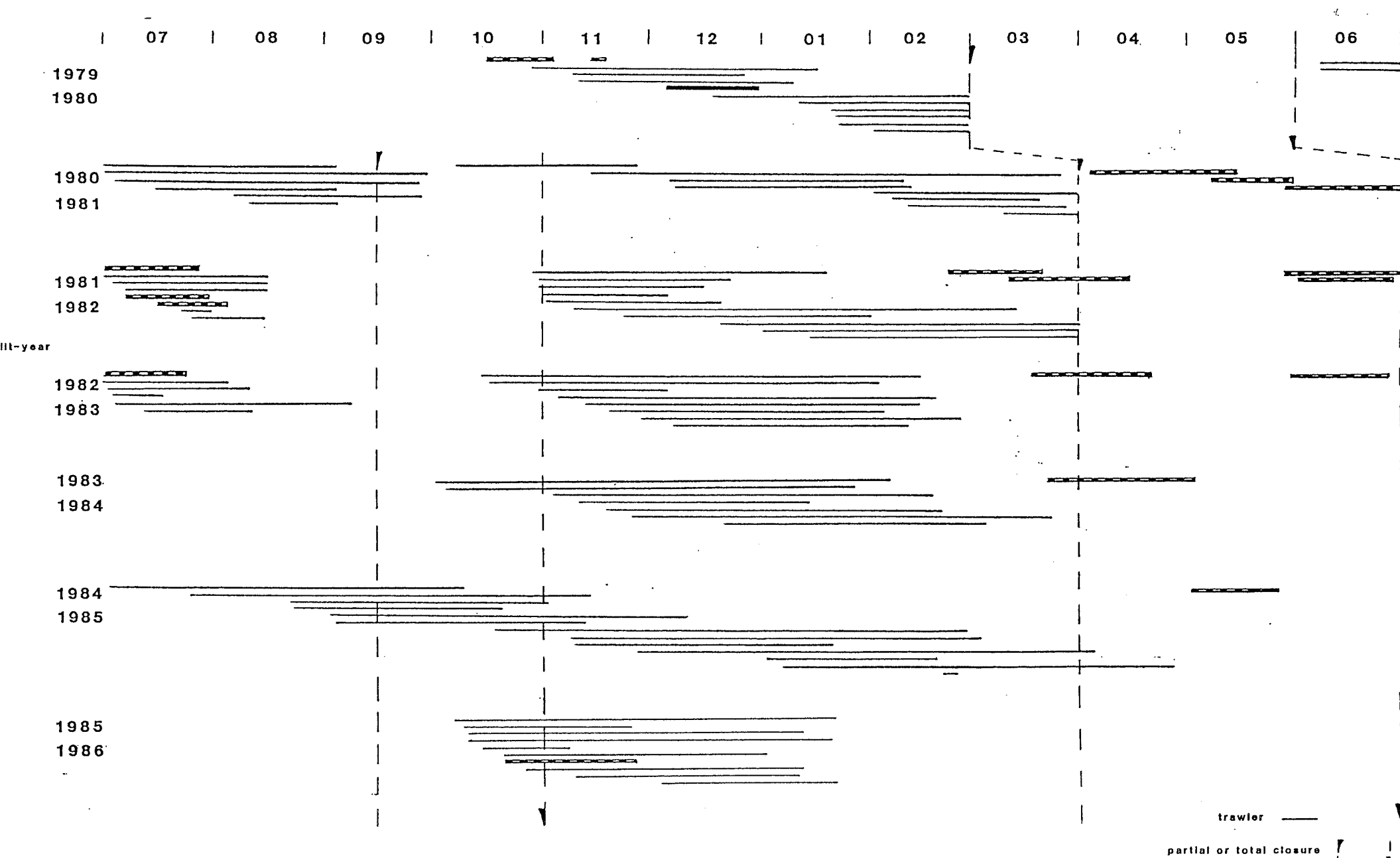
	050 149	150 249	250 349	350 600 m
1980				
OND	—	12	3	—
JFM	—	—	—	—
AMJ	—	—	—	—
JAS	—	16	24	6
OND	—	9	3	—
1981				
JFM	—	—	—	—
AMJ	—	—	—	—
JAS	—	—	2	—
OND	—	—	—	—
1982				
JFM	—	—	—	—
AMJ	—	—	—	—
JAS	—	—	—	—
OND	—	—	—	—
1983				
JFM	—	—	—	—
AMJ	—	—	—	—
JAS	—	—	—	—
OND	—	2	—	—
1984				
JFM	—	10	—	—
AMJ	—	—	—	—
JAS	—	4	3	—
OND	—	3	3	1
1985				
JFM	—	—	—	—
AMJ	—	—	—	—
JAS	—	—	—	—
OND	—	3	—	—
1986				
JFM	—	—	—	—
AMJ	—	—	—	—
JAS	—	—	—	—
OND	—	—	—	—

	050 149	150 249	250 349	350 600 m
1980				
OND	—	0 0 <u>1</u> 0 0	1 0 <u>85</u> 21 0	+ 0 <u>3</u> 0 0
JFM	—	—	—	—
AMJ	—	—	—	—
JAS	—	0 0 <u>1</u> 0 0	0 0 <u>9</u> 0 0	0 0 <u>1</u> 0 0
OND	—	—	5 0 <u>28</u> 12 0	+ 0 <u>11</u> 5 0
JFM	—	—	—	—
AMJ	—	—	395 1 <u>154</u> 16 3	—
JAS	—	4 0 <u>3</u> 0 0	587 1 <u>411</u> 54 7	—
OND	—	—	2 0 <u>50</u> 0 0	—
JFM	—	—	—	—
AMJ	—	—	733 6 <u>393</u> 51 14	0 0 <u>2</u> 0 0
JAS	—	—	289 3 <u>190</u> 41 7	—
OND	—	—	—	—
JFM	—	—	—	—
AMJ	—	0 0 <u>75</u> 116 0	3 + <u>64</u> 51 2	0 0 <u>4</u> 0 0
JAS	—	—	1 0 <u>3</u> 0 1	—
OND	—	—	—	—
JFM	—	—	—	—
AMJ	—	19 0 <u>23</u> 7 2	135 0 <u>333</u> 75 1	—
JAS	—	—	—	—
OND	—	—	—	—
JFM	—	19 0 <u>26</u> 5 0	155 0 <u>223</u> 19 4	0 0 <u>4</u> 0 0
AMJ	—	—	577 0 <u>196</u> 109 9	—
JAS	—	0 0 <u>2</u> 0 0	9 1 <u>70</u> 6 0	0 1 <u>21</u> 2 0
OND	—	0 0 <u>2</u> + 0	9 0 <u>19</u> 10 1	—
JFM	—	—	—	—
AMJ	—	15 0 <u>5</u> 0 1	176 26 <u>105</u> 2 3	15 16 <u>18</u> 0 2
JAS	—	—	+ 0 <u>8</u> 1 1	—
OND	—	—	—	—
JFM	—	—	—	—
AMJ	—	0 0 <u>14</u> 9 +	0 0 <u>9</u> 3 +	—
JAS	—	—	—	—
OND	—	—	—	—
JFM	—	—	—	—
AMJ	—	—	—	—
JAS	—	—	—	—
OND	—	—	—	—

Sector VIII

	050 149	150 249	250 349	350 600 m
1980				
OND	—	—	0 24 0 1	0 0 0 0
JFM	—	0 0 1 0	0 0 2 0	—
AMJ	—	—	—	—
JAS	—	0 0 3 0	0 0 26 0	0 0 10 0
OND	—	—	0 0 11 0	0 0 + 0 0
1981				
JFM	—	—	—	—
AMJ	—	0 0 2 0	0 0 2 0	—
JAS	—	0 0 2 0	0 0 20 0	—
OND	—	0 0 1 0	0 0 3 0	—
1982				
JFM	—	—	—	—
AMJ	—	—	—	—
JAS	—	0 0 4 0	0 0 5 0	—
OND	—	—	—	—
1983				
JFM	—	—	0 3 4 0	—
AMJ	—	—	—	—
JAS	—	—	—	—
OND	—	—	0 0 3 0	—
1984				
JFM	—	0 0 1 0	0 0 6 0	—
AMJ	—	—	—	—
JAS	—	—	—	—
OND	—	—	—	—
1985				
JFM	—	0 0 2 0	0 0 2 0	0 0 2 0
AMJ	—	—	—	—
JAS	—	—	—	—
OND	—	—	—	—
1986				
JFM	—	—	—	—
AMJ	—	—	—	—
JAS	—	—	—	—
OND	—	—	—	—

Figure 1 Distribution of the fishing effort in the Kerguelen Island EEZ during the period 1979-80/1985/86.



01/10/1979-30/09/1980

[illegible]

01/10/1983-30/09/1984

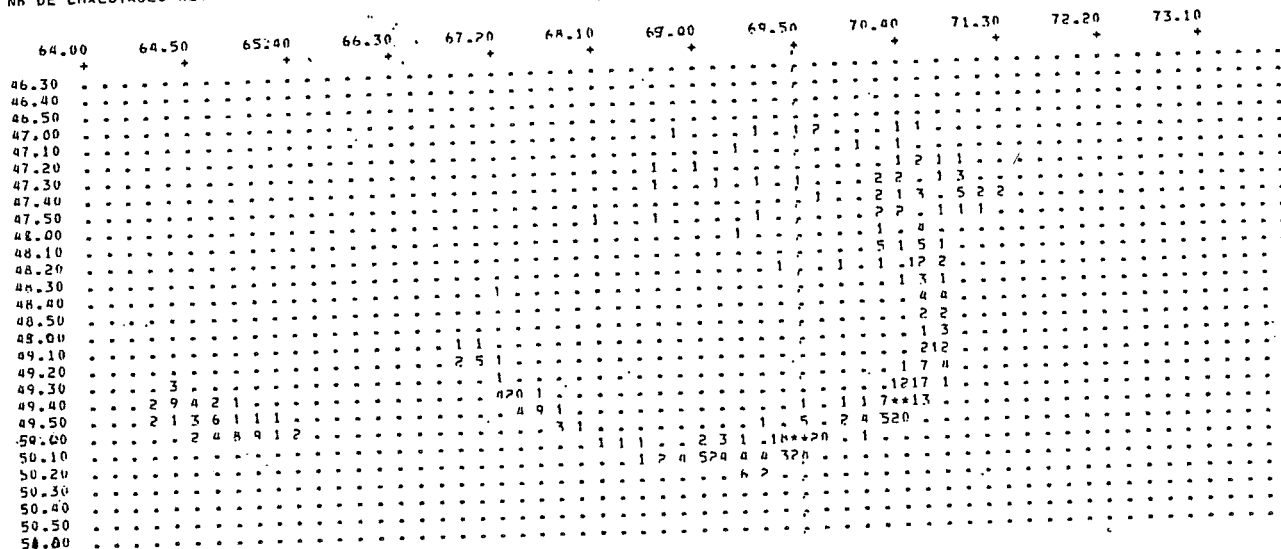
[illegible]

Figures 3, Seasonal position of the trawl on the Kerguelen shelf and
4 and 5 surrounding banks from winter 1984 to summer 1986.

Fig. 3

DATE INITIALE 1/ 7/84 ID= 30926
DATE FINALE 30/ 9/84 IT= 31017
LIMITES ET MAILLAGE DE LA ZONE SELECTIONNEE
XLA1= 4650.00 XLAM= 5650.00 XLOT= 6400.00 XLOM= 7400.00 XNET=10.
DATE FINALE 25/ 5/85 IT= 31254

NB DE CHALUTAGES LUS : 4844
NB DE CHALUTAGES RETENUS : 1069



DATE INITIALE 1/10/84 ID= 31018
DATE FINALE 31/12/84 IT= 31109
LIMITES ET MAILLAGE DE LA ZONE SELECTIONNEE
XLA1= 4650.00 XLAM= 5650.00 XLOT= 6400.00 XLOM= 7400.00 XNET=10.
DATE FINALE 25/ 5/85 IT= 31254

NB DE CHALUTAGES LUS : 4844
NB DE CHALUTAGES RETENUS : 1644

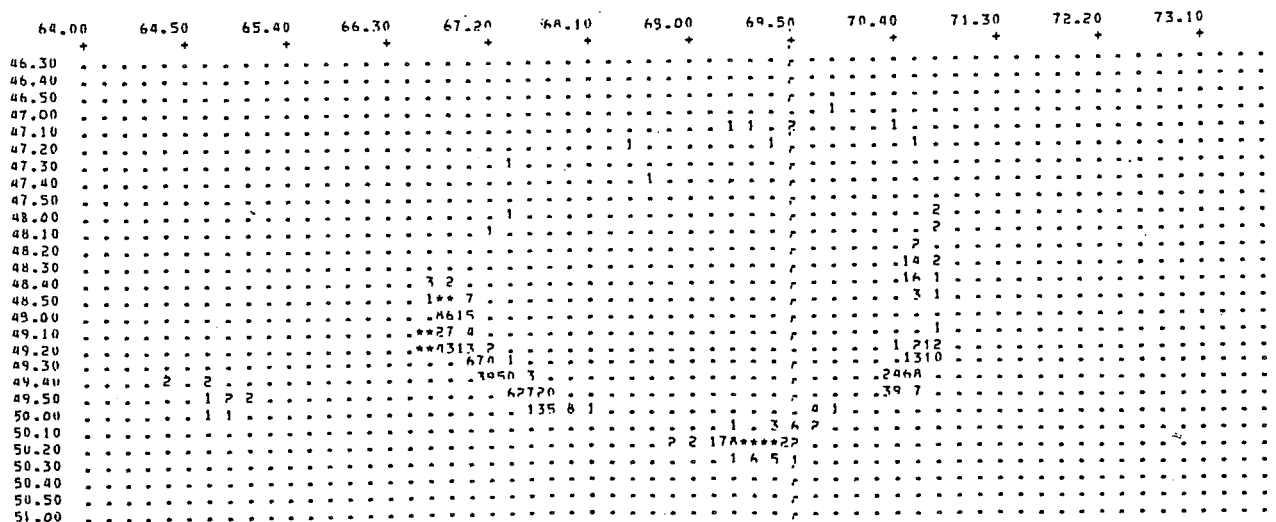
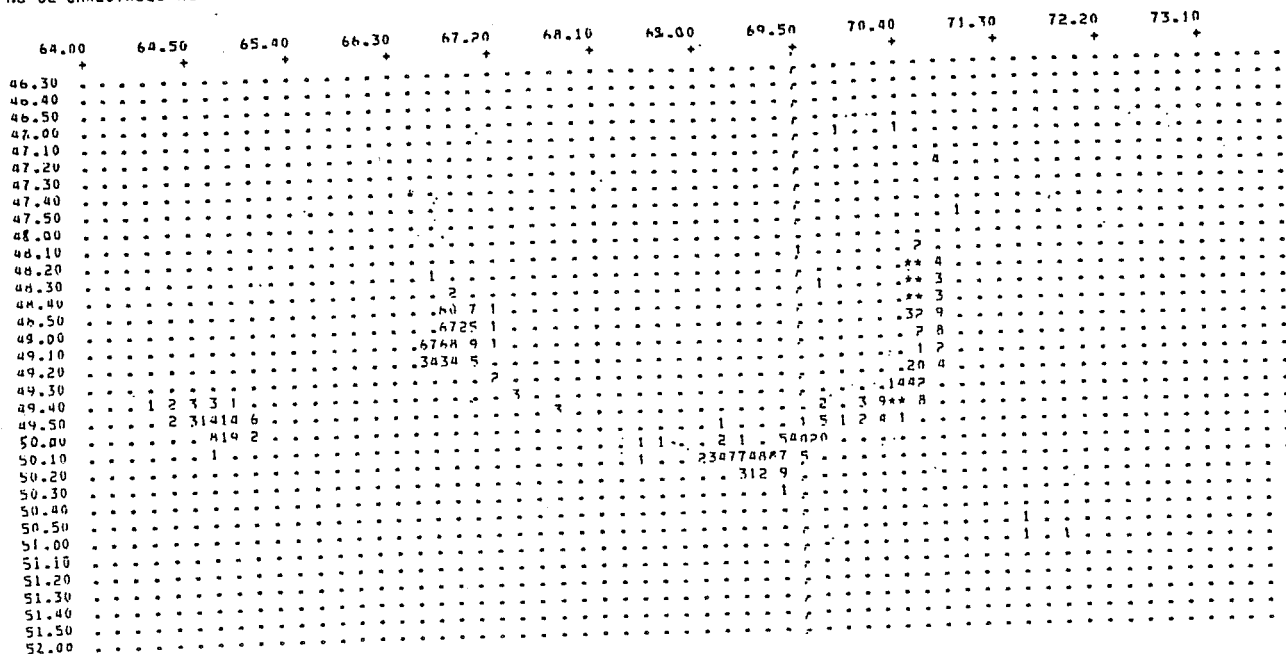


Fig. 4

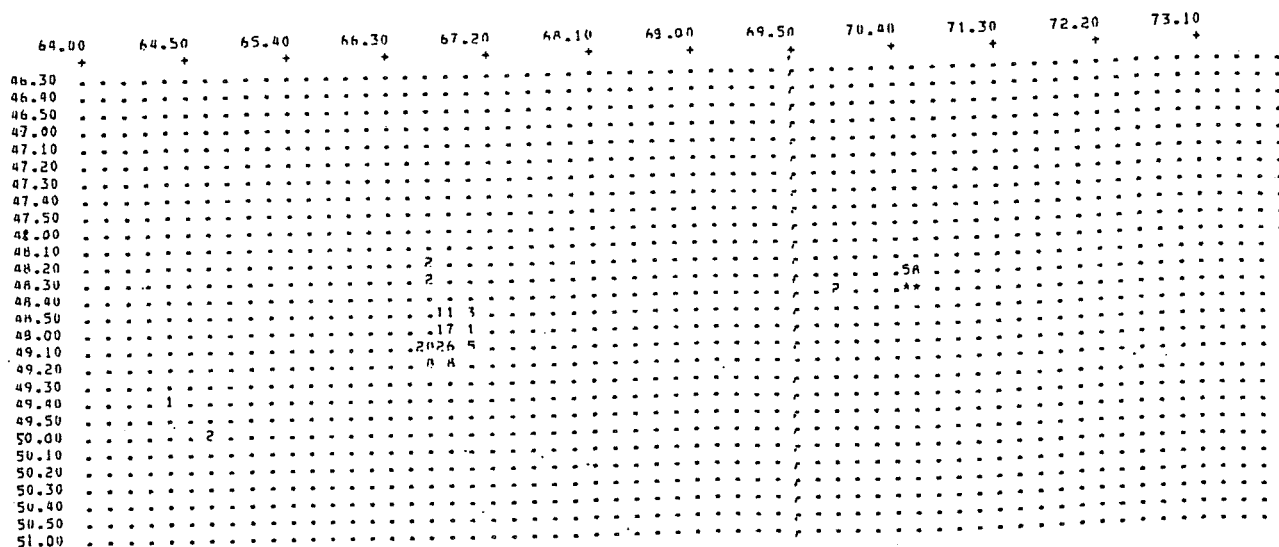
DATE INITIALE 1/ 1/85 ID= 31110
 DATE FINALE 31/ 3/85 IT= 31199
 LIMITES ET MAILLAGE DE LA ZONE SELECTIONNEE
 XLAI= 4650.00 XLAM= 5650.00 XLOI= 6400.00 XLOH= 7400.00 XNET=10.
 DATE FINALE 25/ 5/85 IT= 31254

NB DE CHALUTAGES LUS : 4844
 NB DE CHALUTAGES RETENUS : 1865

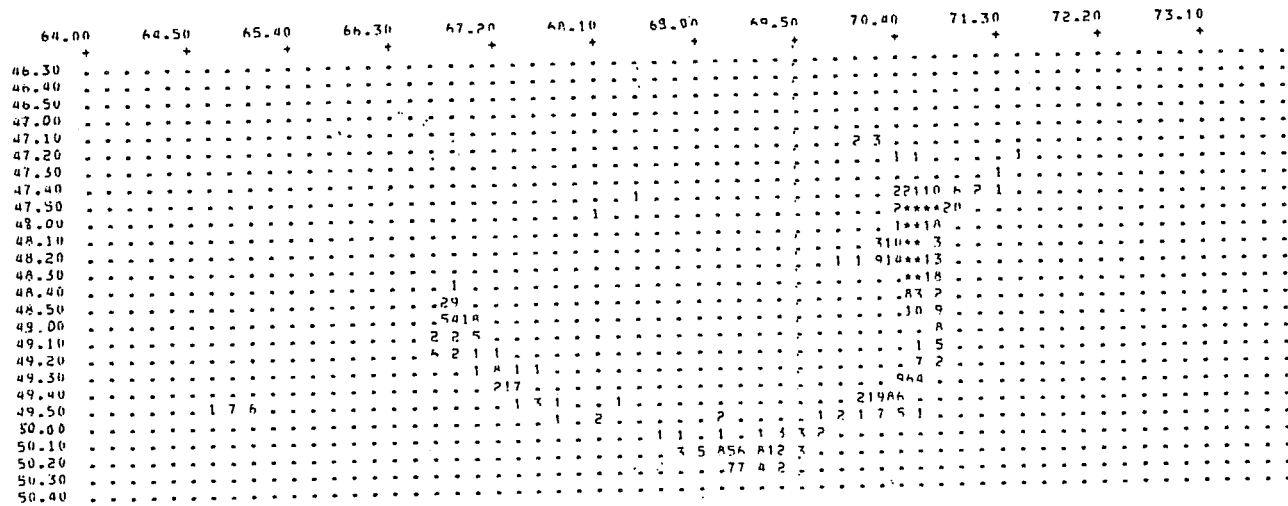


DATE INITIALE 1/ 4/85 ID= 31200
 DATE FINALE 30/ 6/85 IT= 31290
 LIMITES ET MAILLAGE DE LA ZONE SELECTIONNEE
 XLAI= 4650.00 XLAM= 5650.00 XLOI= 6400.00 XLOH= 7400.00 XPET=10.
 DATE FINALE 25/ 5/85 IT= 31254

NB DE CHALUTAGES LUS : 4844
 NB DE CHALUTAGES RETENUS : 266



NU DE CHALUTAGES LUS	:	2686
NU DE CHALUTAGES RETENUS	:	2218



NR DE CHALUTAGES LUS :	2686
NR DE CHALUTAGES RETENUS :	468

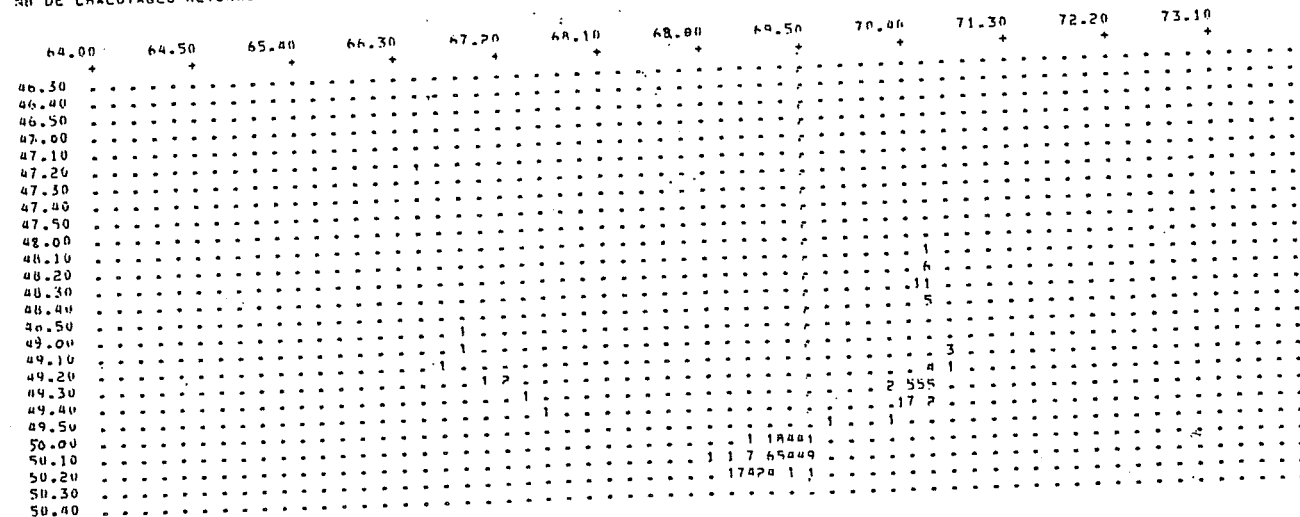


Figure 6 Total catches, fishing effort and CPUE in the Kerguelen Islands EEZ from 1979 to 1986.

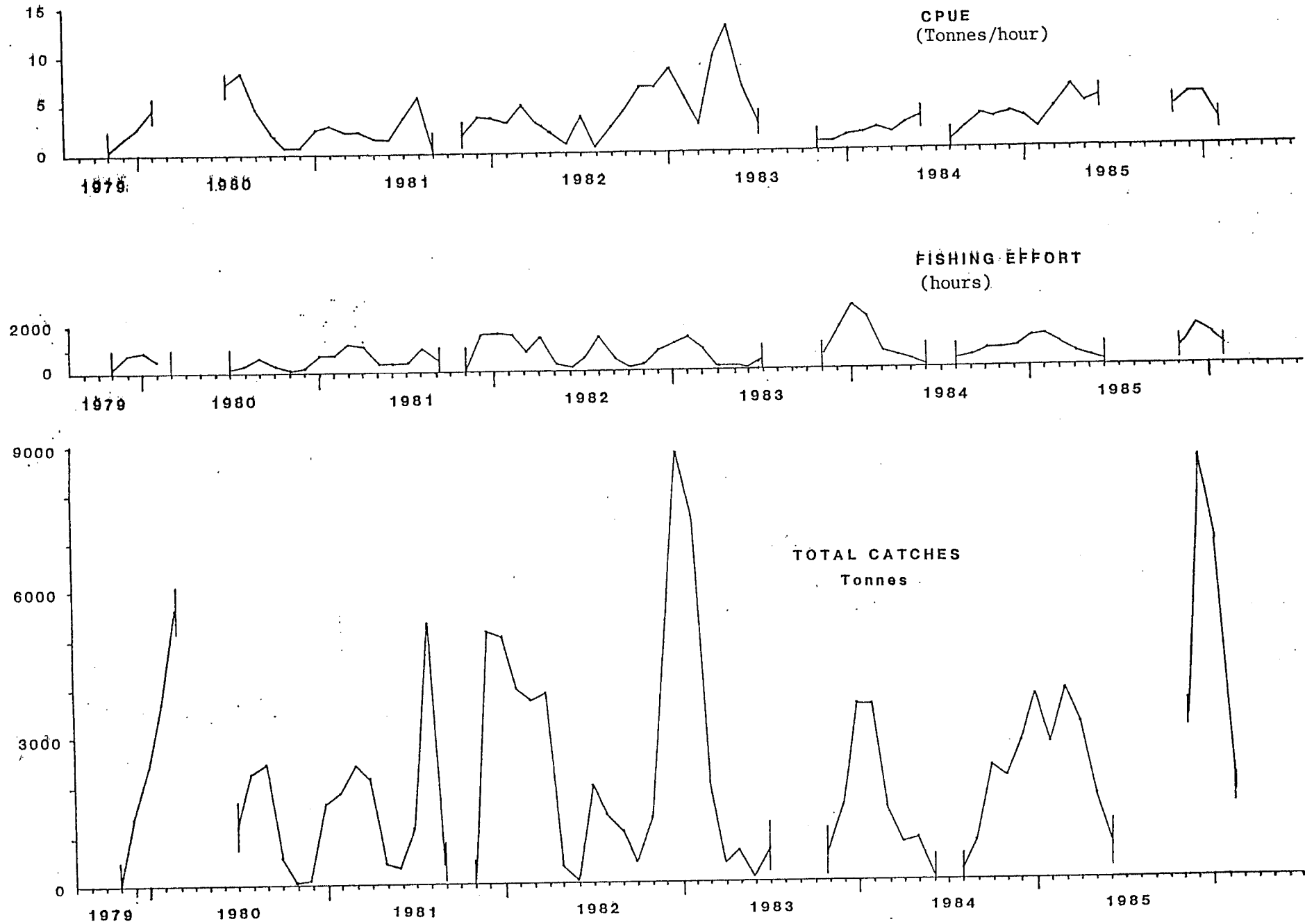
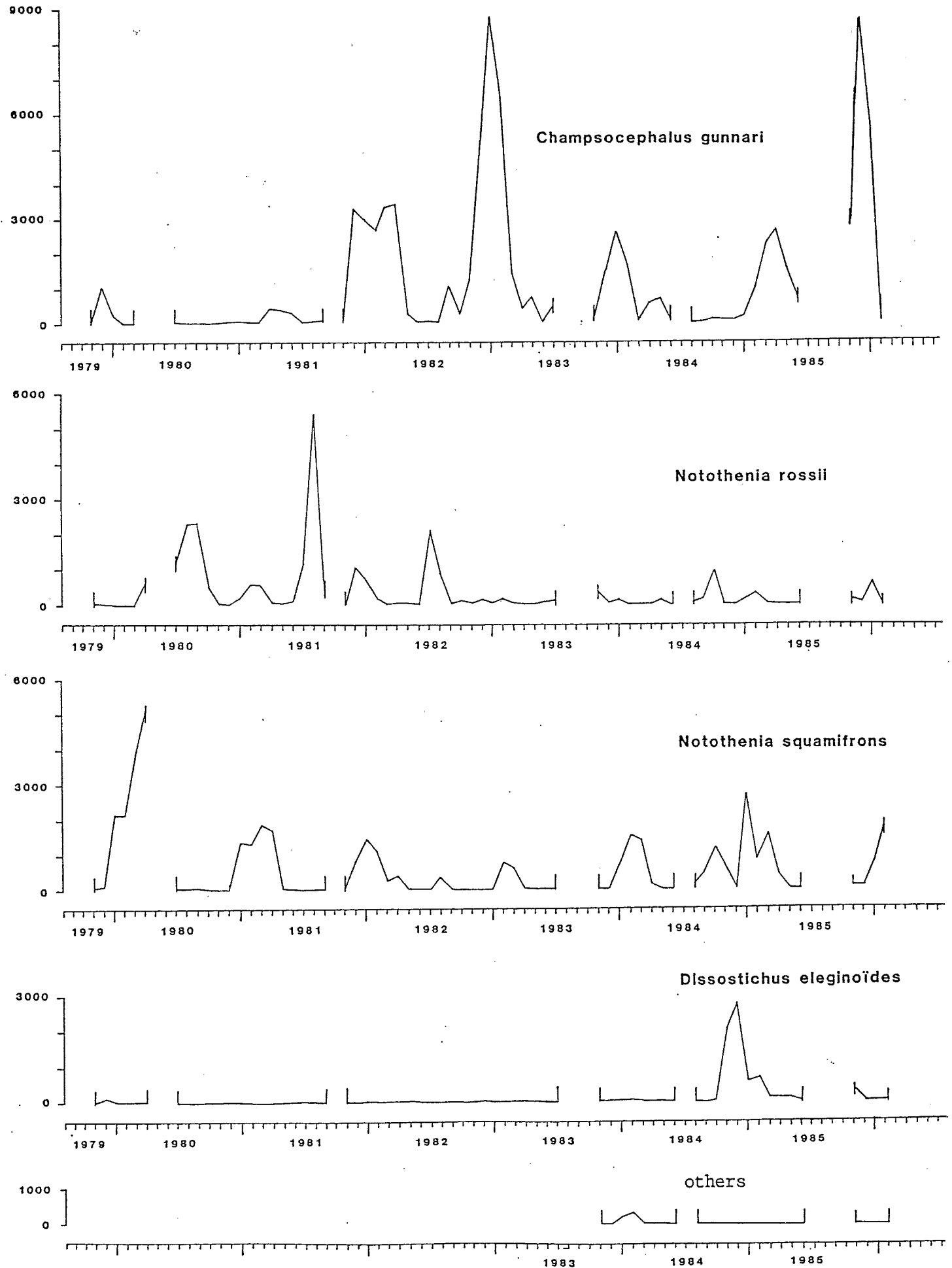


Figure 7 Catches per species in the Kerguelen Islands EEZ from 1979 to 1986.

(tonnes)



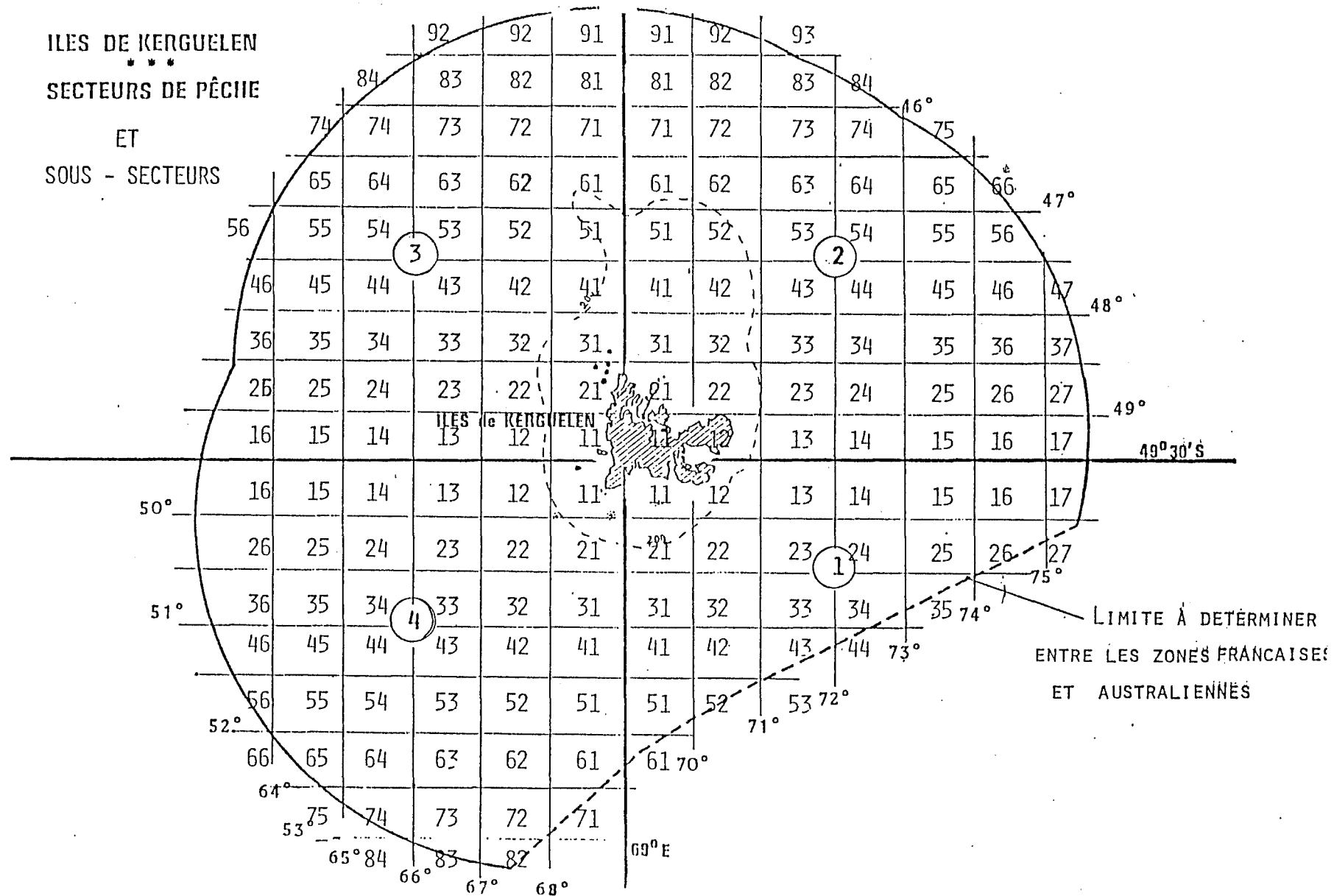


Figure 8. Fishing sectors of the Kerguelen Islands EEZ. Territorial waters and the limits between French and Australian zones are represented.

Figure 9 LFD of C. gunnari in the Kerguelen EEZ from 1979 to 1986. The growth of the cohorts is represented using lines. The shaded distributions are scientific samples.

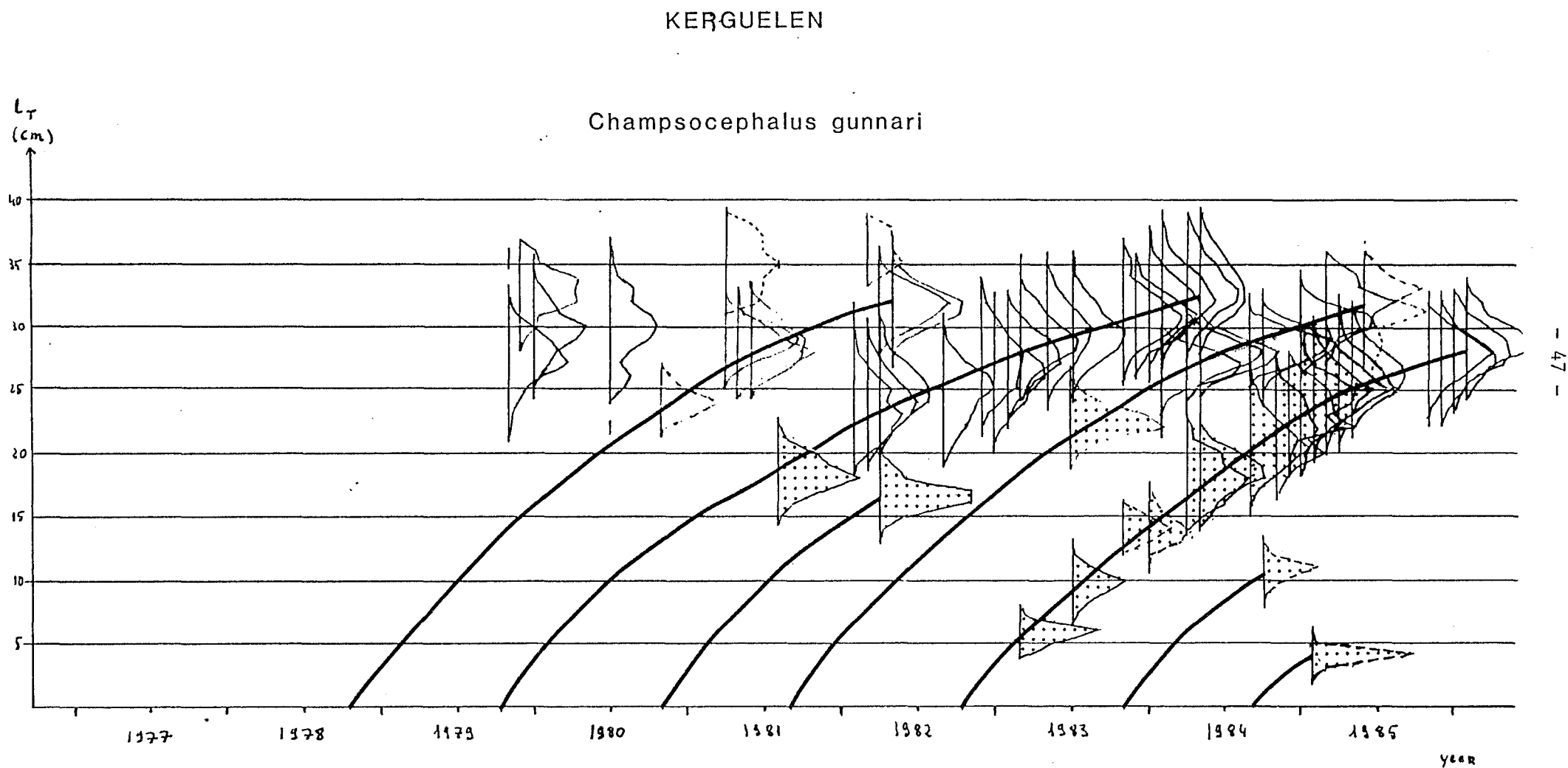
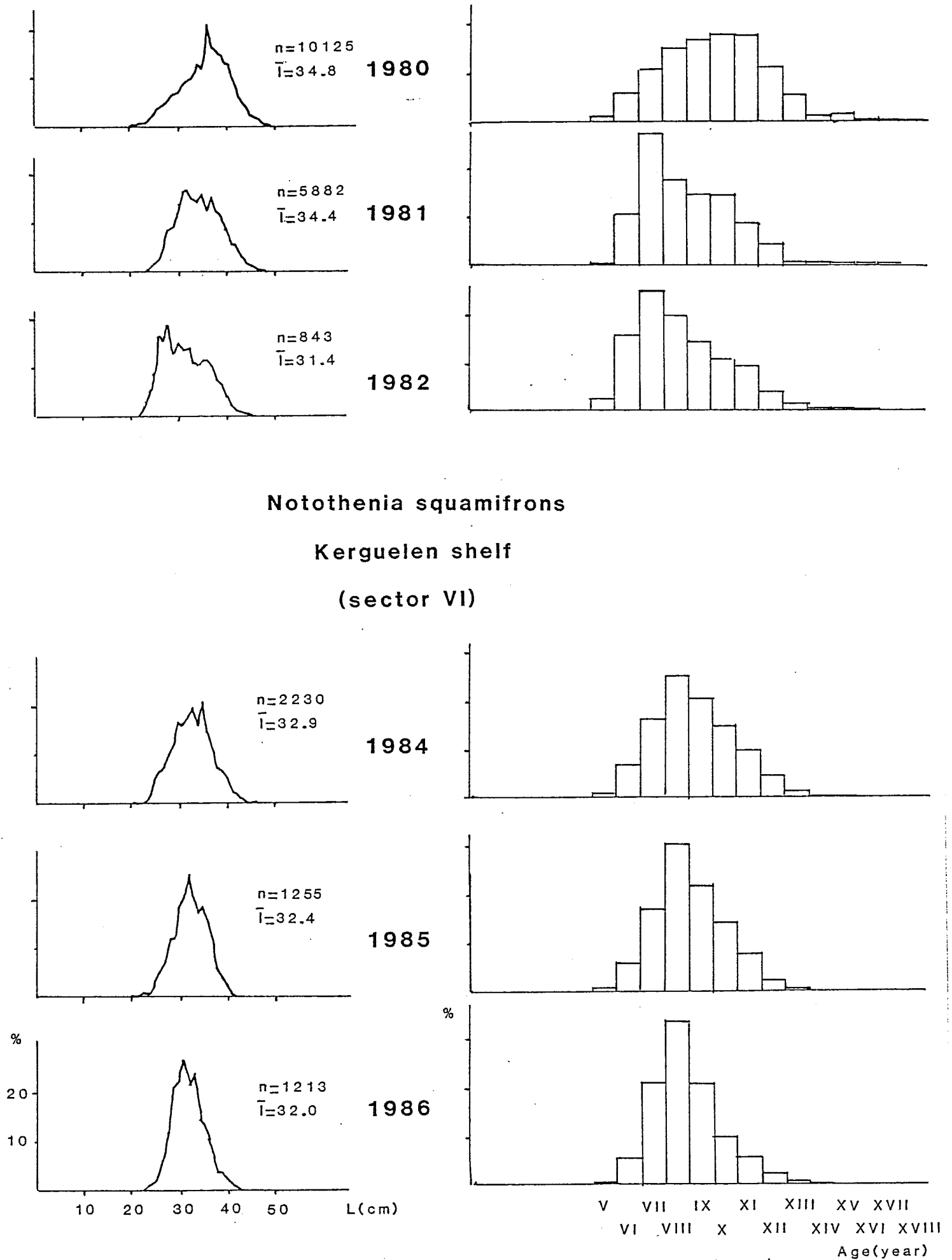


Figure 10 LFD and ageing of *N. squamifrons* from the southern part of the Kerguelen Shelf (summer distributions) for the period 1980-86.



List of Tables

- Table 1 Catches per species from split-year 1979/80 to 1985/86. Values of the total fishing effort (number of trawls and hours fished) are represented. The corresponding CPUE is in brackets. Kerguelen Islands EEZ.
- Table 2 Seasonal fishing effort (trawling hours) and corresponding catches (tonnes) per species (C. gunnari, N. squamifrons, N. rossii, D. eleginoides respectively) in four depth ranges for sectors of the Kerguelen EEZ (see Figure 8).

List of Figures

- Figure 1 Distribution of the fishing effort in the Kerguelen Island EEZ during the period 1979-80/1985/86.
- Figure 2 Position of the trawl on the Kerguelen Shelf and surrounding banks for two periods.
- Figures 3, Seasonal position of the trawl on the Kerguelen shelf and
4 and 5 surrounding banks from winter 1984 to summer 1986.
- Figure 6 Total catches, fishing effort and CPUE in the Kerguelen Islands EEZ from 1979 to 1986.
- Figure 7 Catches per species in the Kerguelen Islands EEZ from 1979 to 1986.
- Figure 8 Fishing sectors of the Kerguelen Islands EEZ. Territorial waters and the limits between French and Australian zones are represented.
- Figure 9 LFD of C. gunnari in the Kerguelen EEZ from 1979 to 1986. The growth of the cohorts is represented using lines. The shaded distributions are scientific samples.

Figure 10 LFD and ageing of N. squamifrons from the southern part of the Kerguelen Shelf (summer distributions) for the period 1980-86.

Liste des Tableaux

Tableau 1 Prises par espèce de l'année fractionnée 1979/80 à 1985/86. Les valeurs de l'effort de pêche total (nombre de coups de chaluts et heures de pêche) sont représentées. La PUE correspondante est entre parenthèses. ZEE des Iles Kerguelen.

Tableau 2 Effort de pêche saisonnier (heures de chalutage) et prises correspondantes (tonnes) par espèce (C. gunnari, N. squamifrons, N. rossii, D. eleginoides respectivement) dans quatre catégories de profondeurs pour les secteurs de la ZEE des Kerguelen (voir figure 8).

Liste des figures

Figure 1 Répartition de l'effort de pêche dans la ZEE des Iles Kerguelen pendant la période 1979-80/1985/86.

Figure 2 Position du chalut sur le plateau des Kerguelen et hauts-fonds environnants pour les deux périodes.

Figures 3, 4

et 5 Position saisonnière du chalut sur le plateau des Kerguelen et hauts-fonds environnants de l'hiver 1984 à l'été 1986.

Figure 6 Prises totales, effort de pêche et PUE dans la ZEE des Iles Kerguelen de 1979 à 1986.

- Figure 7 Prises par espèce dans la ZEE des Iles Kerguelen de 1979 à 1986.
- Figure 8 Secteurs de pêche dans la ZEE des Iles Kerguelen. Les eaux territoriales et limites entre les zones française et australienne sont représentées.
- Figure 9 RFL de C. gunnari dans la ZEE des Kerguelen de 1979 à 1986. La croissance des cohortes est représentée par des lignes. Les répartitions représentées en gris sont des échantillons scientifiques.
- Figure 10 RFL et lecture de l'âge de N. squamifrons de la partie sud du plateau des Kerguelen (répartitions estivales) pour la période 1980-86.

Lista de Tablas

- Tabla 1 Capturas por especie del año dividido 1979/80 a 1985/86. Los valores del esfuerzo total de pesca (número de arrastres y horas de pesca) están representados. El CPUE correspondiente está entre paréntesis. ZEE de las islas Kerguelén.
- Tabla 2 El esfuerzo de pesca de la temporada (horas de arrastre) y las capturas correspondientes (en toneladas) por especies (C. gunnari, N. squamifrons, N. rossii, D. eleginoides respectivamente) en cuatro grados de profundidad para sectores de la ZEE de las islas Kerguelén (véase la Figura 8).

Lista de Figuras

- Figura 1 Distribución del esfuerzo de pesca en la ZEE de las islas Kerguelén durante el período 1979-80/1985/86.
- Figura 2 Posición del arrastre en la Plataforma de la islas Kerguelén y en los bancos circundantes para dos períodos.
- Figuras 3,
4 y 5 Posición de temporada del arrastre en la plataforma de la islas Kerguelén y en los bancos circundantes desde el invierno de 1984 hasta el verano de 1986.
- Figura 6 Capturas totales, esfuerzo de pesca y CPUE en la ZEE de las islas Kerguelén desde 1979 hasta 1986.
- Figura 7 Capturas por especies en la ZEE de las islas Kerguelén desde 1979 hasta 1986.
- Figura 8 Sectores de pesca de la ZEE de las islas Kerguelén. Las aguas territoriales y los límites entre las zonas francesa y australiana están representados.
- Figura 9 El LFD de C. gunnari en la ZEE de las islas Kerguelén desde 1979 hasta 1986. El crecimiento de los cohortes está representado usando líneas. Las distribuciones sombreadas son muestras científicas.
- Figura 10 El LFD y la determinación de edades de N. squamifrons de la parte austral de la plataforma Kerguelén (distribuciones de verano) para el período 1980-86.

Список таблиц

Таблица 1 Улов по видам за каждый разбитый год с 1979/80 по 1985/86. Даны значения общих промысловых усилий (количество тралений и продолжительность промысла в часах). В скобках - значения соответствующего СРУЕ. Экономическая зона о-вов Кергелен.

Таблица 2 Сезонные промысловые усилия (в часах траления) и соответствующие им выловы (в тоннах) по видам (C. gunnari, N. squamifrons, N. rossii, D. eleginoides соответственно) по четырем глубинным зонам в секторах Экономической зоны о-вов Кергелен (см. рисунок 8).

Список рисунков

Рисунок 1 Распределение величин промысловых усилий в Экономической зоне о-вов Кергелен в период с 1979/80 по 1985/86 г.г.

Рисунок 2 Местоположение тралений в районе кергеленского шельфа и близлежащих отмелей за два периода.

Рисунки 3, 4 и 5 Сезонные местоположения тралений в районе кергеленского шельфа и близлежащих отмелей в период с зимы 1984 г. по лето 1986 г.

Рисунок 6 Общий улов, промысловые усилия и СРУЕ в Экономической зоне о-вов Кергелен с 1979 по 1986 г.

Рисунок 7 Уловы по видам в Экономической зоне о-вов Кергелен с 1979 по 1986 г.

Рисунок 8. Промысловые сектора Экономической зоны о-вов Кергелен. Показаны территориальные воды и граница между французской и австралийской зонами.

Рисунок 9. Распределение по частоте длины C. gunnari в Экономической зоне о-вов Кергелен с 1979 по 1986 г. Развитие когорт представлено сплошными линиями. Заштрихованные участки на кривых распределения - научные выборки.

Рисунок 10. Распределение по частоте длины и возрастной состав запаса N. squamifrons южной части кергеленского шельфа (летнее распределение) за период с 1980 по 1986 г.

DISTRIBUTION AND RELATIVE ABUNDANCE OF JUVENILE ICEFISH (CHAMPSOCEPHALUS GUNNARI) FROM A TRAWL SURVEY OF THE SOUTH GEORGIA SHELF IN JUNE-JULY 1985

V.A. Boronin, G.P. Zakharov, V.P. Shopov
(U.S.S.R.)

Abstract

A trawl survey of the distribution and relative abundance of juvenile icefish (Chamsocephalus gunnari) in South Georgia waters was carried out in June-July 1985. Shelf and slope areas extending from the 12 Nautical mile protected zone around South Georgia to the 500 m isobath were sampled with a specially designed juvenile trawl of 13.6 m. The size range of juvenile icefish collected was 82-146 mm. Catches were the highest in the west, south and south-east shelf areas and the greatest abundance was found in shallow waters of 100-200 m depth. A typical pattern of diurnal vertical migration of fish was observed. To obtain a more complete data set, it is recommended that future surveys should cover shallower water areas, including areas within the 12 Nmile zone.

* * * * *

REPARTITION ET ABONDANCE RELATIVE DES POISSONS DES GLACES (CHAMPSOCEPHALUS GUNNARI) JUVENILES A PARTIR D'UNE ETUDE AU CHALUT SUR LE PLATEAU DE LA GEORGIE DU SUD EN JUIN-JUILLET 1985

V.A. Boronin, G.P. Zakharov, V.P. Shopov
(U.R.S.S.)

Résumé

Une étude au chalut sur la répartition et l'abondance relative des poissons des glaces (Chamsocephalus gunnari) juveniles a été menée en Géorgie du Sud en juin-juillet 1985. Des échantillons ont été prélevés dans des zones de plateau et de pentes s'étendant de la zone protégée de 12 milles marins au large de la Géorgie du Sud jusqu'à l'isobathe de 500 m au moyen d'un chalut de 13,6 m spécialement conçu pour capturer les juvéniles. Les jeunes poissons des glaces capturés mesuraient entre 82 et 146 mm. C'est dans les zones ouest, sud et sud-est du plateau que les prises ont été les plus importantes et la plus grande abondance de poissons se trouvait dans les eaux peu profondes entre 100 et 200 mètres. Un modèle typique de migration verticale diurne des poissons a été observé. Pour

obtenir une série de données plus complète, il est recommandé que les études ultérieures soient menées dans les zones d'eaux moins profondes, y compris celles qui se trouvent dans la zone de 12 milles marins.

* * * * *

DISTRIBUCION Y ABUNDANCIA RELATIVA DEL PEZ DE HIELO JUVENIL
(CHAMPSOCEPHALUS GUNNARI) SEGUN UNA PROSPECCION DE ARRASTRE EN LA
PLATAFORMA DE GEORGIA DEL SUR EN JUNIO-JULIO DE 1985

V.A. Boronin, G.P. Zakharov, V.P. Shopov
(U.R.S.S.)

Resumen

Una prospección de arrastre de la distribución y abundancia relativa del pez de hielo juvenil (Champscephalus gunnari) en las aguas de Georgia del Sur se llevó a cabo en junio-julio de 1985. Las áreas de la plataforma y de pendiente que se extienden desde la zona protegida de 12 millas náuticas alrededor de Georgia del Sur hasta las isóbatas de 500 m, fueron muestreadas con una red especialmente diseñada para arrastre de peces juveniles de 13.6 m. La fluctuación de tamaños de los peces de hielo juveniles recolectados fue de 82-146 mm. Las mayores capturas fueron en el oeste, al sur y sureste de las áreas de la plataforma, y la mayor abundancia fue encontrada en aguas poco profundas de 100 a 200 m de profundidad. Se observó un modelo típico de migración diurna vertical de peces. Para obtener un conjunto de datos más completo, se recomienda que las prospecciones futuras deberían cubrir áreas de aguas menos profundas, incluyendo áreas dentro de la zona de las 12 millas náuticas.

* * * * *

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ И ОТНОСИТЕЛЬНАЯ ЧИСЛЕННОСТЬ МОЛОДИ БЕЛОКРОВНОЙ
РЫБЫ (CHAMPSOCERPHALUS GUNNARI) ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ТРАЛОВЫХ СЪЕМОК
В ШЕЛЬФОВЫХ ВОДАХ ЮЖНОЙ ГЕОРГИИ В ИЮНЕ-ИЮЛЕ 1985 г.

В.А.Боронин, Г.П.Захаров, В.П.Шопов
(СССР)

Резюме

Траловое обследование распределения и относительной численности молоди белокровной рыбы (Champsocerphalus gunnari) в водах Южной Георгии проводилось в июне-июле 1985 г. В районах шельфа и склона, выступающих за пределы охраняемой 12-мильной зоны вокруг Южной Георгии до 500-метровой изобаты, брались пробы тралом размером в 13,6 м, специально сконструированным для ловли молоди. Размеры выловленных молодых особей белокровной рыбы были в пределах 82-146 мм. Наибольшие уловы были взяты в западном, южном и юго-восточном участках шельфа, а наибольшая численность была обнаружена на мелководье глубиной в 100-200 м. Наблюдалась типичная картина дневной вертикальной миграции рыбы. Для получения более полного набора данных рекомендуется, чтобы в будущем съемки проводились на мелководных участках, включая участки внутри 12-мильной зоны.

* * * * *

DISTRIBUTION AND RELATIVE ABUNDANCE OF
JUVENILE ICEFISH (CHAMPSOCEPHALUS GUNNARI)
FROM A TRAWL SURVEY OF THE
SOUTH GEORGIA SHELF IN JUNE-JULY 1985

Mackerel icefish is one of the major fish species in the waters of South Georgia. The first survey of distribution and abundance of juvenile (0-group) mackerel icefish was conducted by AtlantNIRO in 1985.

MATERIALS AND METHODS

A trawl survey was conducted from 28 June to 13 July 1985. The South Georgian shelf and slope area was divided into 28 zones (strata) with depth ranges of 100-200 m, 200-300 m and 300-500 m. Tow numbers in each stratum* were defined proportionally to the stratum area (approximately one tow per 100 square miles) but not less than two. During the survey the Soviet 13.6 m Juvenile Trawl (designed in AtlantNIRO) was employed. This trawl is made of kapron fibre netting with 20-45 mm mesh size with an inside liner of 5 mm mesh size inserted into the codend. The horizontal opening of the trawl was 8 m; the vertical opening was 6 m. The area covered in 30 minutes was 0.004416 square miles. Fishing operations were made on a 24 hour basis; stations were chosen randomly within the following depth zones : near-bottom (2-5 m off the sea-bed), mid-water and near surface. The duration of each haul was 10 minutes at a towing speed of 3.5 knots. An echo depth-sounder was attached to the headline for monitoring and controlling the trawl movement at different depths.

The shelf and slope area between the 12 Nmile protected zone and 500-m isobath was sampled by trawls. 75 hauls were made and a 24 hour station at one location was sampled with 16 tows.

* the term "stratum" refers to the shelf zone of approximately the same depth

Juvenile mackerel icefish abundance indices were calculated by the formula :

$$\bar{Y}_{st} = \frac{\sum N_h \cdot \bar{Y}_h}{N} ,$$

where $\bar{Y}_h$ = mean (in numbers) in h stratum

N_h = h stratum area

N = total strata area

$\bar{Y}_{st}$ = abundance index

This formula was used to calculate abundance indices of mackerel icefish both for different depth zones and for the survey as a whole.

Juveniles of 82 to 146 mm length, corresponding to the age of one year (0-group), were used for the calculation of abundance indices. Catchability was assumed to be 1.

SPATIAL DISTRIBUTION OF JUVENILES

The largest catches of juvenile mackerel icefish were taken in the west, south and south-east shelf areas. Minimum catches were made to the north of the island where juveniles were usually absent from the catches. Juvenile mackerel icefish were dominant at 150-200 m depth. In areas deeper than 300 m, juveniles occurred only as occasional individuals (Table 1).

VERTICAL DISTRIBUTION OF JUVENILE MACKEREL ICEFISH

The upper limit of the vertical distribution of juvenile fish was determined from a haul of the fishery midwater trawl with small-meshed inside liner in the depth range of 0-50 m during night-time. 1600 juvenile mackerel icefish were caught in one hour. A similar haul of a bottom trawl with the same inside liner in the cod-end indicated the occurrence of juvenile fish up to a depth of 500 m.

A 24-hour station of 16 hauls was conducted to study vertical distribution of the juvenile mackerel icefish at one station in a depth of 245-270 m, where the juvenile distribution was determined in the upper, middle and near-bottom layers. Juveniles appeared to concentrate near the bottom during the day-time. Juvenile mackerel icefish rarely occurred in the middle and surface layers during the 24-hour period.

The day-time catches of juvenile fish were in general 8.5 times higher than those at night. This fact in part reflects the different juvenile aggregation patterns during the day-time.

It is suggested that juvenile mackerel icefish undergo diurnal vertical migrations, i.e. fish descend and aggregate near the bottom during day-time and rise into the middle and surface layers and scatter at night.

SIZE COMPOSITION OF JUVENILE MACKEREL ICEFISH

The length of 0-group mackerel icefish in the Juvenile Trawl catches ranged from 82 to 146 mm.

Differences in juvenile size composition occurred both between the various shelf areas and between depth zones. Fish length was lower at depths less than 170 m than deeper.

ABUNDANCE OF JUVENILE FISH

The highest abundance of juvenile mackerel icefish in any catch was 11097 specimens in one haul. According to the results of two surveys the lowest abundance index (0.87) occurred in a depth range of 301-500 m. The highest juvenile abundance index of 553.2 specimens on the average were found at shallow depths of 100-200 m (Table 2).

The accuracy of the abundance indices for juvenile mackerel icefish is indicated by the variance coefficient of 38%.

Thus the 1985 results on distribution and relative abundance of juvenile mackerel icefish in the South Georgia area indicate the association of the bulk of juvenile population with the shallow water part of the shelf in the 12 Nmile near-shore zone.

The results of a survey conducted in the area from the shore to the 500-metre isobath would provide more complete data on the distribution and abundance of the juvenile mackerel icefish.

Table 1 : Juvenile mackerel icefish catches in relation to depth
(June-July 1985 trawl survey)

Depth m	Tow numbers	Total catch in numbers	Mean catch per tow	
			in numbers	in %
120-175	29	23556	812.2	83.5
176-225	18	1928	107.1	10.9
226-275	16	183	11.4	1.2
276-325	13	482	37.0	3.8
326-375	-	-	-	-
376-425	4	0	0	0
426-475	1	6	6.0	0.6

Table 2 : Abundance indices for juvenile mackerel icefish
in the South Georgia shelf area in June-July 1985

Abundance indices			
Depth range (m)			Total Survey
100-200	201-300	301-500	
577.1 $\pm$ 235.2	23.1 $\pm$ 1.0	0.87 $\pm$ 0.69	235.6 $\pm$ 91.3

List of Tables

- Table 1. Juvenile mackerel icefish catches in relation to depth (June - July 1985 trawl survey).
- Table 2. Abundance indices for juvenile mackerel icefish in the South Georgia shelf area in June - July 1985.

Liste des Tableaux

- Tableau 1 Prises de maquereaux des glaces juvéniles selon la profondeur (étude au chalut, juin à juillet 1985).
- Tableau 2 Indices d'abondance de maquereaux des glaces juvéniles dans la zone du plateau de la Géorgie du Sud en juin-juillet 1985.

Lista de Tablas

- Tabla 1. Capturas de pez de hielo 'mackerel' (*mackerel icefish*) juvenil con relación a la profundidad (Prospección por arrastre de junio a julio de 1985)
- Tabla 2. Indices de abundancia de pez de hielo 'mackerel' (*mackerel icefish*) juvenil de la plataforma de Georgia del Sur de junio a julio de 1985.

Список таблиц

- Таблица 1 Уловы молоди белокровной скумбрии в зависимости от глубины (траловая съемка, июнь-июль 1985 г.)
- Таблица 2 Показатели численности молоди белокровной скумбрии в районе шельфа о. Южная Георгия в июне-июле 1985 г.

PRELIMINARY REPORT ON BIOLOGICAL OBSERVATIONS AND EXPLORATORY FISHING
DATA COLLECTED IN THE SOUTH GEORGIA AREA DURING THE 1985/1986 CRUISE OF
MT CARINA

K. Kreft, J. Szynaka
Poland

Abstract

A fish survey in South Georgia waters was undertaken from November 1985 to January 1986 as a part of the on-going fish stock monitoring program conducted by the Sea Fisheries Institute, Gdynia. Codends of two mesh sizes (47 and 60 mm) were used with a bottom trawl of 32 m headrope. Catch data were collected in 249 hauls using 60 mm mesh size outside the 12 nautical mile protected zone around South Georgia. Sampling tows, including some tows inside the 12 Nm zone, were made with 47 mm mesh size codends. Fifty six fish samples were taken for biological analysis. Random length measurements and detailed biological analyses were made of five species : Champscephalus gunnari, Chaenocephalus aceratus, Pseudochaenichthys georgianus, Notothenia gibberifrons and N. rossii marmorata. Scales and otoliths were also collected for age determinations. The total catch with 60 mm mesh size codends was 1305.4 tons with a mean CPUE of 1822 kg/hour. C. gunnari comprised the bulk of the catch (62.5%), C. aceratus, P. georgianus and N. gibberifrons, 7.5 to 14% while N. rossii and D. eleginoides were present only as by-catch. In sampling catches two length groups of C. gunnari were found with modes of 18 and 28 cm. The length range of C. aceratus was 25-72 cm. P. georgianus was represented by three length groups : 20-24, 32-41 and 42-56 cm. N. gibberifrons was also represented by three length groups : 7-22/23, 22-31 and 31-49 cm. Weight/length ratios were calculated for all five species. The fish in samples were at maturity stages II to V with the majority at stage III. Feeding intensity was rather low for all species at the beginning of cruise. A rapid increase in feeding intensity of C. gunnari was observed between the second and third 10-day periods in December, while for P. georgianus and C. aceratus it remained low throughout the whole cruise. Some comparisons of the observed parameters were drawn between this and previous seasons.

* * * * *

RAPPORT PRELIMINAIRE SUR LES OBSERVATIONS BIOLOGIQUES ET LES DONNEES
DE PECHE EXPLORATOIRE RELEVÉES DANS LA ZONE DE LA GEORGIE DU SUD
PENDANT L'EXPEDITION DE 1985/1986 DU CHALUTIER CARINA

K. Kreft, J. Szynaka
Pologne

Résumé

Une étude sur des poissons a été entreprise en Géorgie du Sud de novembre 1985 à janvier 1986 dans le cadre du programme continu de contrôle des stocks de poissons mené par l'Institut de la Pêche Maritime, Gdynia. Des rabans de cul de maillage de deux tailles (47 et 60 mm) ont été utilisés avec un chalut de fond de 32 mètres. Des données de prise ont été relevées au cours de 249 traits à l'aide d'un maillage de 60 mm en dehors de la zone protégée de 12 milles marins au large de la Géorgie du Sud. Des traits d'échantillonnage, y compris quelques-uns effectués à l'intérieur de la zone de 12 milles marins ont été réalisés au moyen de rabans de cul d'un maillage de 47 mm. Cinquante-six échantillons de poissons ont été prélevés pour analyse biologique. Des mesures de longueur de cinq espèces, Champscephalus gunnari, Chaenocephalus aceratus, Pseudochaenichthys georgianus, Notothenia gibberifrons et N. rossii marmorata, ont été prises au hasard et des analyses biologiques ont été réalisées en détail sur ces espèces. Des écailles et des otolithes ont également été prélevées pour déterminer l'âge des poissons. La prise totale au moyen de maillasses de 60 mm était de 1.305,4 tonnes avec une PUE moyenne de 1822 kg/heure. C. gunnari était l'espèce dominante de la prise (62,5%), C. aceratus, P. georgianus et N. gibberifrons, 7,5 à 14% alors que N. rossii et D. eleginoides étaient présents seulement en tant que prises secondaires. Dans les prises d'échantillonnage, deux catégories de longueurs de C. gunnari ont été découvertes avec des modes de 18 et 28 cm. La gamme de longueurs de C. aceratus était de 25 à 72 cm. P. georgianus était représenté par trois catégories de longueurs: 20-24, 32-41 et 42-56 cm. N. gibberifrons était également représenté par trois catégories de longueurs: 7-22/23, 22-31 et 31-49 cm. La relation poids/longueur a été calculée pour toutes les cinq espèces. Les poissons des échantillons avaient atteint les stades II à V de la maturité et la majorité d'entre eux en étaient au stade III. On a enregistré une intensité alimentaire assez faible pour toutes les espèces au début de l'expédition. Une hausse rapide de l'intensité alimentaire de C. gunnari a été observée

entre la seconde et la troisième période de 10 jours en décembre, alors que pour P. georgianus et C. aceratus, on a enregistré une intensité alimentaire assez faible pendant toute la période de l'expédition. Quelques comparaisons des paramètres observés ont pu être effectuées entre cette saison et la précédente.

* * * * *

INFORME PRELIMINAR DE OBSERVACIONES BIOLOGICAS Y DATOS DE EXPLORACION PESQUERA RECOPIRADOS EN EL AREA DE GEORGIA DEL SUR DURANTE EL CRUCERO DEL MT CARINA EN 1985/1986

K. Kreft, J. Szynaka
Polonia

Resumen

Se realizó una prospección de peces en las aguas de Georgia del Sur de noviembre 1985 a enero 1986 como parte del programa continuo de control de la población pesquera realizado por el Instituto de Pesquerías Marinas, Gdynia. Se utilizaron coronas de dos tamaños de malla (47 mm y 60 mm) con un arrastre de fondo de 32 m. Se recopilaron datos de captura en 249 arrastres utilizando luz de malla de 60 mm fuera de la zona protegida de 12 millas náuticas alrededor de Georgia del Sur. Se realizaron arrastres de muestreo, incluyendo algunos arrastres dentro de la zona de 12 millas náuticas con coronas de arrastre de luz de malla de 47 mm. Se tomaron cincuenta y seis muestras de peces para análisis biológicos. Se realizaron mediciones de tamaño al azar y análisis biológicos detallados de cinco especies: Champscephalus gunnari, Chaenocephalus aceratus, Pseudochaenichthys georgianus, Notothenia gibberifrons and N. rossii marmorata. Se recolectaron también escamas y otolitos para determinación de edades. La captura total con coronas de luz de malla de 60 mm fue de 1305.4 toneladas con un CPUE promedio de 1822 kls/hora. La mayor parte de la captura estaba compuesta por C. gunnari (62.5%), C. aceratus, P. georgianus y N. gibberifrons, 7.5% a 14%, mientras que N. rossii y D. eleginoides estuvieron presentes sólo como pesca accidental. En capturas de muestreo se encontraron dos grupos de tamaño de C. gunnari con modos de 18 y 28 cm. El rango de tamaño de C. aceratus fue de 25-72 cm. P. georgianus estuvo representado por tres grupos de tamaño: 20-24, 32-41 y 42-56 cm. N. gibberifrons también estuvo representado por tres grupos de tamaño: 7-22/23, 22-31 y 31-49 cm. Se calcularon las proporciones peso/tamaño para cada una de las cinco especies. Los peces en las muestras estaban en las

этапы з мадурыз II а V, кон ла мауорiа ен ла етапа III. Ла интенсидад де алиментацiон ера релативаменте бая па тoдaс ла еспециес ал комиезо де ла травесiа. Се оуеруо ун рiпiдо аументо ен ла интенсидад де алиментацiон де C. gunnari ентре ел сегундо у ел терцер перiодо де 10 дiас ен диеибре, миентрас же па P. georgianus у C. aceratus эста перманецио бая дуранте тoдa ла травесiа. Се оуувieron алунас компарационес де лос парiметрос оуервадос ентре эста temporada у temporadas anteriores.

* * * * *

ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЙ ОТЧЕТ ПО ДАННЫМ БИОЛОГИЧЕСКИХ НАБЛЮДЕНИЙ
И ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО ПРОМЫСЛА, СОБРАННЫМ В РАЙОНЕ ЮЖНОЙ
ГЕОРГИИ ВО ВРЕМЯ ПЛАВАНИЯ Т/Х "КАРИНА"
В СЕЗОНЕ 1985/86 г.

К.Крефт, Й.Жинака
(Польша)

Резюме

С ноября 1985 г. по январь 1986 г. в водах Южной Георгии проводилась съемка рыбных запасов, что является частью продолжающейся программы мониторинга этих запасов, проводимой Институтом морского промысла в Гдыне. Использовались кутки с двумя размерами ячеи (47 и 60 мм) и донный трал с верхней подборой длиной в 32 м. Данные по улову были собраны во время 249 тралений тралями с ячейей в 60 мм за пределами 12-мильной охраняемой зоны вокруг Южной Георгии. Пробные траления проводились с использованием кутка с ячейей в 47 мм, включая несколько тралений внутри 12-мильной зоны. Для проведения биологического анализа было взято пятьдесят шесть проб рыб. Были проведены выборочные измерения длин и подробный биологический анализ пяти видов: Chamsocerphalus gunnari, Chaenocerphalus aceratus, Pseudochaenichthys georgianus, Notothenia gibberifrons и N. rossii marmorata. Для определения возраста также собирались чешуя и отоциты. Общий улов кутками с размером ячеи в 60 мм составил 1305,4 тонны при средней величине CPUE в 1822 кг/ч. Основную часть улова составил вид C. gunnari (62,5%), C. aceratus, P. georgianus и N. gibberifrons - от 7,5 до 14%, в то время как N. rossii и D. eleginoides входили только в прилов. В пробных уловах были отмечены две размерные группы C. gunnari - 18 и 28 см.

Размерный диапазон длин у C. aceratus был 25-72 см. P. georgianus был представлен тремя размерными группами: 20-24 см, 32-41 см и 42-56 см. N. gibberifrons был представлен также тремя размерными группами: 7-22/23 см, 22-31 см и 31-49 см. Были вычислены величины отношения веса к длине для всех пяти видов. Рыба в пробах находилась на стадиях половозрелости от II до V; большинство - на стадии III. Интенсивность питания в начале плавания была довольно низкой для всех пяти видов. Резкий рост интенсивности питания у C. gunnari был замечен в конце второй-начале третьей декады декабря, тогда как для P. georgianus и C. aceratus она оставалась низкой в продолжение всего плавания. Проведено несколько сравнений величин параметров, полученных в этом и предыдущих сезонах.

, * * * * *

PRELIMINARY REPORT ON BIOLOGICAL OBSERVATIONS AND EXPLORATORY
FISHING DATA COLLECTED IN THE SOUTH GEORGIA AREA
DURING THE 1985/86 CRUISE OF MT CARINA

INTRODUCTION

Since 1976, the Sea Fisheries Institute in Gdynia has conducted fish stock monitoring in the South Georgia area by means of exploratory vessels or research vessels of the same size and fishing power. In the 1985/86 season, the trawler Carina, operating on the shelf of South Georgia as a scouting vessel, was engaged in an SFI research program. Investigations and fishing were carried out from 28 November 1985 to 19 January 1986 and covered the north-eastern part of the shelf. Permission for conducting fishing for scientific research purposes by Carina was issued by the Maritime Office in Szczecin in accordance with the CCAMLR conservation measures 1/III and 2/III.

MATERIALS AND METHODS

Catch data have been collected from 249 hauls. For biological analysis 56 fish samples were taken. Bottom trawls with 32 m headrope and two kinds of codend (mesh size 47 and 60 mm) were employed. Sampling tows were made using 47 mm mesh. The 60 mm mesh was used on the fishing grounds to make c.p.u.e. values comparable with those obtained in previous years. The trawler entered 12 Nm zone for sampling purposes exclusively.

Biological sampling comprised random length measurements and detailed biological analyses of five species : Champscephalus gunnari, Chaenocephalus aceratus, Pseudochaenichthys georgianus, Notothenia gibberifrons and Notothenia rossii marmorata. The biological analysis of samples included : measurements of total length (to the nearest cm below) and weight, determination of sex and gonad maturity (according to Maier's scale) and degree of stomach fullness on a 5-grade scale (0-4). Scales and otoliths were collected for later ageing of fish.

Catch data and length composition of catches are presented in this report by rectangles 0.5×1^0 (subdivisions of the FAO statistical subarea 48.3, after Everson, 1984). To retain fishing grounds undivided, hauls crossing boundaries of rectangles 56/57 and 61/62 were included to 56 and 61 respectively (Figure 1). A compensatory factor was introduced to take into account proportions between the catch rate of a particular tow and the size of a sample.

RESULTS OF FISHING ACTIVITIES

Fishing grounds and the location of sampling tows are shown in Figure 1. Towing depth ranged from 120 to 300 m. Total catch was 1305.4 tons (Table I). The c.p.u.e. in particular decades* (except for 3 days of fishing in November) ranged from 1273 to 3642 kg/h, mean in the whole period being 1822 kg/h. The best catch rates in the first decade of December were attained, when 379.4 tons of fish were caught with mean c.p.u.e. of 3642 kg/h. In the remaining decades, catch rates were lower, no more than 1800 kg/h. C. gunnari was the predominant species (62.5%). The percentage share of C. aceratus, P. georgianus, and N. gibberifrons in the total catch fluctuated from 7.5 to 14%. The by-catch consisted of N. rossii and D. eleginoides.

It is not possible to compare the catch results of the MT Carina with the catches made in the 1984/85 season. Fishing operations at that time started earlier (in October) and ended at the end of November/beginning of December because of low c.p.u.e. (Table II). The expected concentrations of C. gunnari did not appear in this period. The fleet concentrated its fishing operations on four different species of fish (C. aceratus, P. georgianus, N. gibberifrons and N. rossii) within the whole shelf area of South Georgia. In the 1983/84 season, as in the previous year, the predominance of C. gunnari in catches was observed.

* "decade" is used here to mean a period of 10 days - Editor

Fishing operations concentrated in the same subdivisions (56 and 61, Table II) as in the 1985/86 season because the highest yields were attained there. The c.p.u.e. for C. gunnari was similar, except that in 1983/84, the highest values were noted in subdivision 61 while in the last season they were highest in subdivision 56. Next to C. gunnari, c.p.u.e. for P. georgianus in the 1983/84 season was also high, something not observed during fishing operations of the MT Carina, in which the by-catch of C. gunnari consisted of three species with similar shares : C. aceratus, P. georgianus and N. gibberifrons.

LENGTH COMPOSITION

The total length of C. gunnari ranged from 14 to 46 cm (Figure 2). In research catches, two length groups of fish were present : 14-22 cm and 22-46 cm with the modes of 18 cm and 28 cm, respectively. Fish measured during commercial catches belonged mainly to the second length group (84%, by number). The length range of C. aceratus was 25-72 cm (Figure 3) with total length of 47-65 cm predominating in commercial catches. Length distribution of P. georgianus in research catches in subdivision 61 consisted of three separate length groups : 20-24, 32-41 and 42-56 cm. The latter was observed in commercial catches in the same area and north of South Georgia in subdivision 55 (Figure 4). There were also three length groups in some length distributions of N. gibberifrons caught east of South Georgia. The first group comprised specimens with a total length of 7-22/23 cm, the second 22-31 cm and the third 31-49 cm (Figure 6). The last one occurred in commercial catches and in the deep waters of subdivisions 55 and 60. N. rossii was present as a by-catch in commercial tows in subdivision 61 and in single research hauls in subdivision 62. The length-frequency distributions of this species had similar patterns, consisting of specimens with lengths of 36/42-69 cm (Figure 5).

For comparison, unpublished age and length frequency distributions of the investigated species in the 1983/84 and 1984/85 seasons are presented in Figure 7-11. The bulk of C. gunnari catches in those two seasons consisted of the year class of 1980 (Sosinski, unpublished). In the catches of the MT Carina made with a 60 mm mesh size trawl, the

predominance of the same length/age group¹ was observed as in the 1983/84 season. In the catches of C. aceratus in previous seasons there were more young fish (with lengths of 30-45 cm), which were not observed in catches made with the 60 mm trawl in 1985/86². The same may be said when analysing length distributions for both nototheniids. The length distribution of P. georgianus, especially in the last two years, did not undergo significant changes.

LENGTH-WEIGHT RELATIONSHIP

Specimens collected for the detailed biological analysis were weighed by length classes. On the basis of mean weights in length classes, the relations between weight and length for each species were calculated (remarkable sex dimorphism in C. aceratus should be stressed [Figure 12]). The following equations are the results of these calculations :

<u>C. gunnari</u>	- W = 0.00141072 x L ^{3.433}
<u>P. georgianus</u>	- W = 0.00475029 x L ^{3.17903}
<u>C. aceratus</u>	- W = 0.000468096 x L ^{3.68063}
	- W = 0.000679441 x L ^{3.57088}
<u>N. rossii m.</u>	- W = 0.0364521 x L ^{2.74576}
<u>N. gibberifrons</u>	- W = 0.00302616 x L ^{3.33353}

¹ according to Sosinski (unpublished), in that season, age group III was characterized by smaller than usual length of fish, which explains the difference in modal lengths between the two seasons.

² length and age composition of C. aceratus from the 1984/85 season is not representative of Polish catches of this species (Sosinski, personal communication). The presence of juvenile C. aceratus from age groups I and II was observed in single tows. The bulk of catches of this species consisted of fish with lengths of 34-68 cm (Sosinski and Mucha, unpublished).

MATURATION

The fish examined in samples were at maturity stages from II to V. The prevailing number of fish were at maturity stage III (Figure 13). From December, an increasing percentage of gonads at stage IV in male specimens of C. gunnari was observed. Female gonads of this species were less developed, generally at grade II and III. In contrast, male specimens of C. aceratus had their gonads at stages II and III but females had some gonads developed at grade IV. There was not a big difference in the rate of maturation between males and females of P. georgianus. Maturation was similar in females although in the third decade of December single specimens having ripe stage V gonads appeared in the samples. The process of maturation of N. gibberifrons was similar in males and females. Gonads of both sexes were mostly at stage II and III. Maturation of gonads of N. rossii m. was observed during the period of the second and third decade of December only. Female gonads were mostly at stage II and III or maturity, whereas males had more developed gonads, at stage III and IV.

FEEDING

The feeding intensity of all examined species was rather low at the beginning of the cruise (Figure 14). The rapid increase in the feeding intensity of C. gunnari was observed between the first and the second decade of December. Later, the average degree of their stomach fullness stayed at grade 3. Fish stomachs were filled with krill. The feeding intensity of two other channichthyids, P. georgianus and C. aceratus remained low throughout the whole period of the investigations. Stomachs of P. georgianus contained juvenile C. gunnari and krill, while those of C. aceratus contained juvenile C. gunnari only. Average degree of stomach fullness of N. gibberifrons at the end of the cruise was much the same as that of C. gunnari, although the process of feeding of this species was more even and remained close to grade 2. N. gibberifrons fed on benthic organisms. In the case of N. rossii only two samples were taken for biological analysis, in the second and third decades of December. Average degree of stomach fullness was about 1. Stomachs contained mainly krill and benthic organisms.

REFERENCES

- Everson I. 1984. Areas of seabed within selected depth ranges in the south-west Atlantic and Antarctic Peninsula regions of the Southern Ocean. British Antarctic Survey, Cambridge, England.
- Sosinski J. Unpublished. State of stock of Champscephalus gunnari in the South Georgia area in 1983/84 season. Sea Fisheries Institute, Gdynia (in Polish mimeogr.).
- Sosinski J, Mucha m. Unpublished. Report on ichthyological and fisheries investigations near South Georgia on MT "Taurus" in November-December 1984. Sea Fisheries Institute, Gdynia (in Polish, mimeogr.).

Table 1 Catch and effort data, M.T. Carina, South Georgia, 1985/86

Month	Decade	Days fished	No. of hauls	Time fished	Total catch /tons/	Catch /tons/ per day	Catch /kg/ per hour fished							
							Total	Champocephalus gunnari	Champocephalus aceratus	Pseudochaenichthys georgianus	Notothenia gibberifrons	Notothenia rossii marmorata	Dissostichus eleginoides	Miscellaneous marine fishes
Nov.	III	3	15	36 h 40'	19.2	6.4	524	95	56	41	179	8		145
Dec.	I	10	49	104 h 10'	379.4	37.9	3642	3008	250	2	222	1		159
	II	10	45	140 h 30'	178.9	17.9	1273	635	300	76	191	26	1	44
	III	11	55	172 h 20'	290.0	26.4	1683	894	294	210	202	32	2	49
Jan.	I	10	50	153 h 35'	241.7	24.2	1574	975	196	144	167	31		61
	II	8	35	109 h 20'	196.2	24.5	1795	963	287	248	209	17	5	66
Total		52	249	716 h 35'	1305.4									
Mean c.p.u.e.						25.1	1822	1138	255	136	195	23	1	74
Catch composition %/								62.4	14.0	7.5	10.7	1.3	0.1	4.0

Table 2 Catch rates (kg per hour fished) in the Polish commercial fishing MT Taurus 1983/84 and 1984/85 in the South Georgia area, compared with CPUE values of MT Carina 1985/86

Species	Subdiv..	55				56				60				61				62			
	Months	X	XI	XII	I	X	XI	XII	I	X	XI	XII	I	X	XI	XII	I	X	XI	XII	I
	Seasons																				
Champsoccephalus gunnari	1983/84			350		1749	354	246			290			3751	1633	1082		34	76		
	1984/85					61				205				42	20						
	1985/86			120	25		3242	1073			94	525				694	1005				80
Chaenocephalus aceratus	1983/84			94			113	511			326	70				20	643	206	144		
	1984/85					138				135	146			371	339						
	1985/86			40	95		309	266				55	113			290	237				11
Pseudochaenichthys georgianus	1983/84			937			828	438			394	170				33	1378				
	1984/85					91				483	191			301	516			303	42		
	1985/86			60	152		15	44				17	23			155	240				11
Notothenia gibberifrons	1983/84			455			72	130			195	140				21	229				
	1984/85					94				151	150			352	97			518	212		
	1985/86			120	429		231	86				88	38			201	209				69
Notothenia rossii marmorata	1983/84			45			52				399	60				1					
	1984/85					289				1146	189			890	235			223	280		
	1985/86						3	1								31	34				11
Dissostichus eleginoides	1983/84																				
	1984/85													2	1			8			
	1985/86				76											1					
Miscellaneous marine fishes	1983/84																				
	1984/85																				
	1985/86			40	44		148	73				77	38			49	62				149

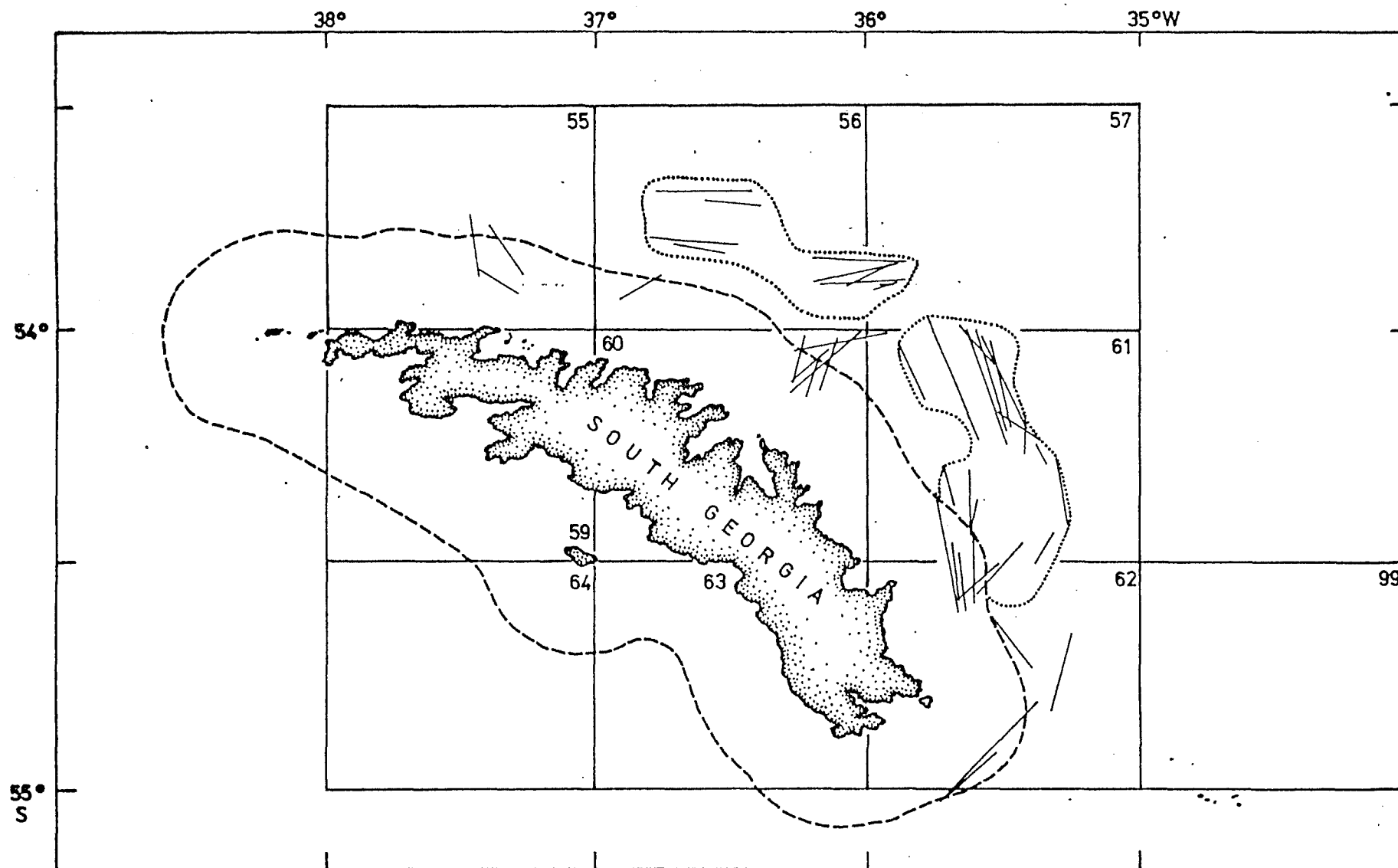


Figure 1 Area of sampling and fishing operations of MT Carina : location of sampling and search tows, boundaries of fishing grounds (dotted line) and 12 Nm zone (dashed line). Numbers 55-64 and 99 are subdivisions by Everson (1984)

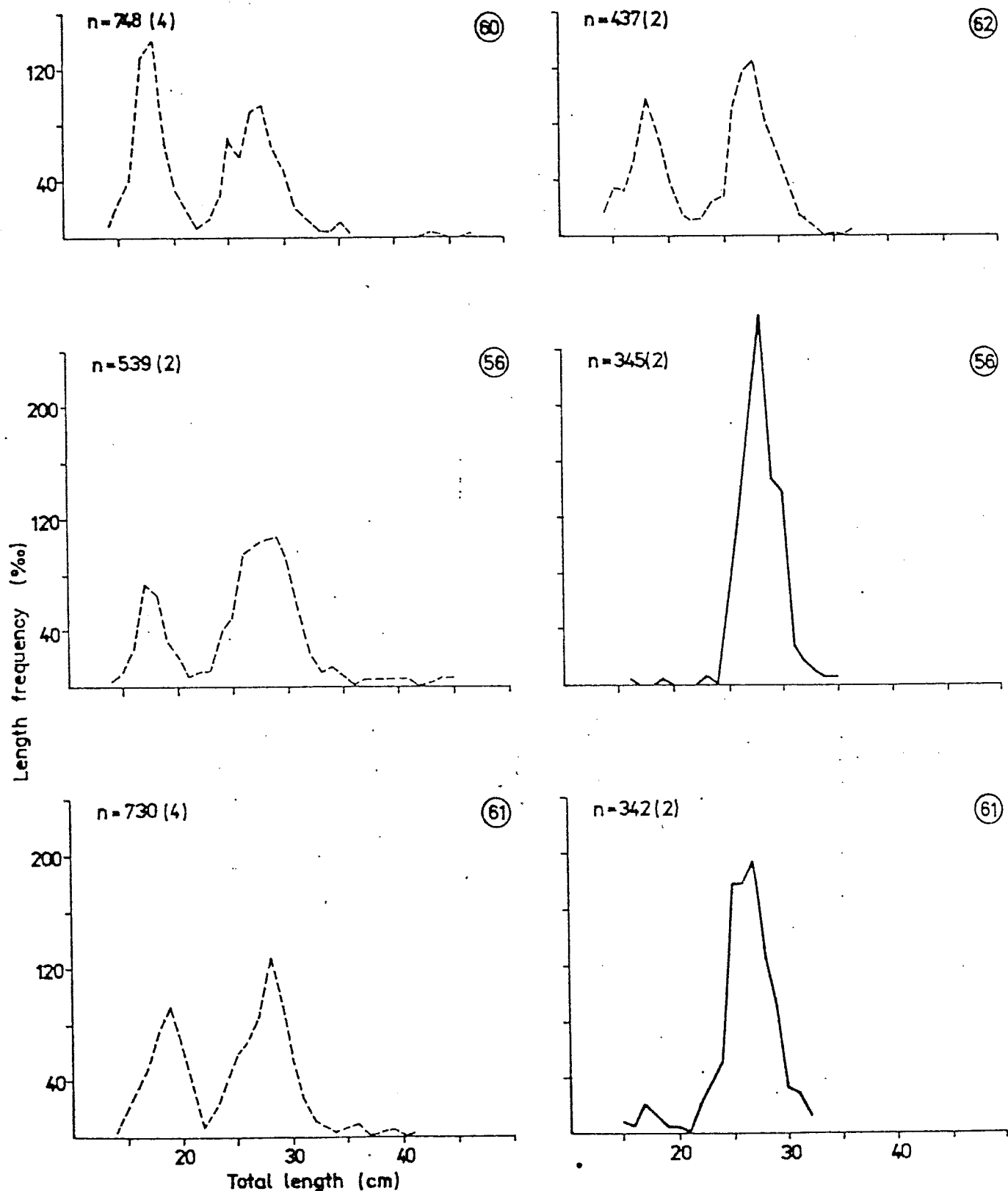


Figure 2 Length frequency distribution of *Champsocephalus gunnari* (South Georgia, December-January 1985/86). Solid line distributions refer to 60 mm mesh size, dashed line is 47 mm mesh size; "n" is number of fish measured; number of samples is given in brackets; encircled numbers are subdivisions by Everson (1984)

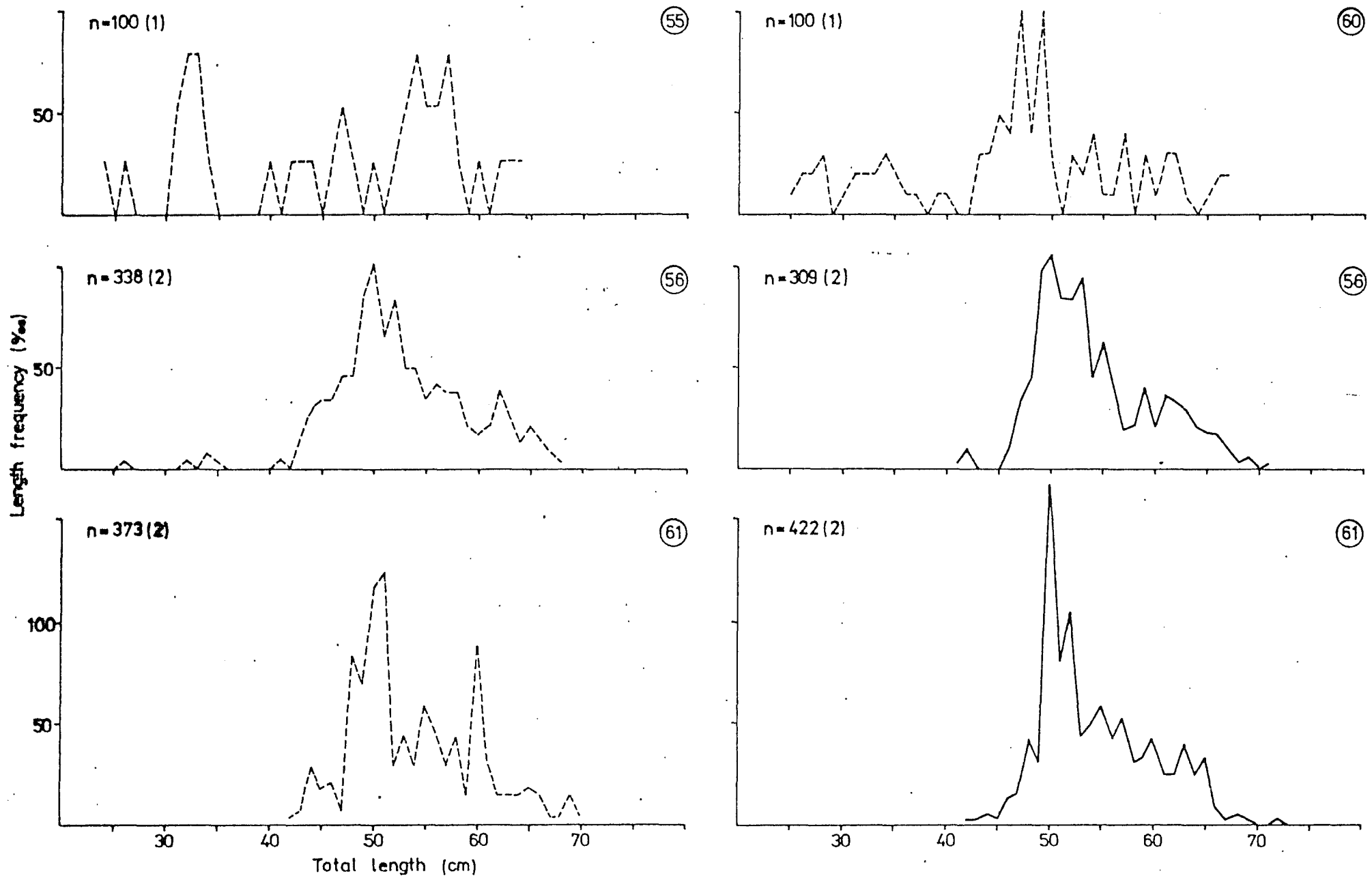


Figure 3 Length frequency distribution of *Chaenocephalus aceratus* (South Georgia, December-January 1985/86)

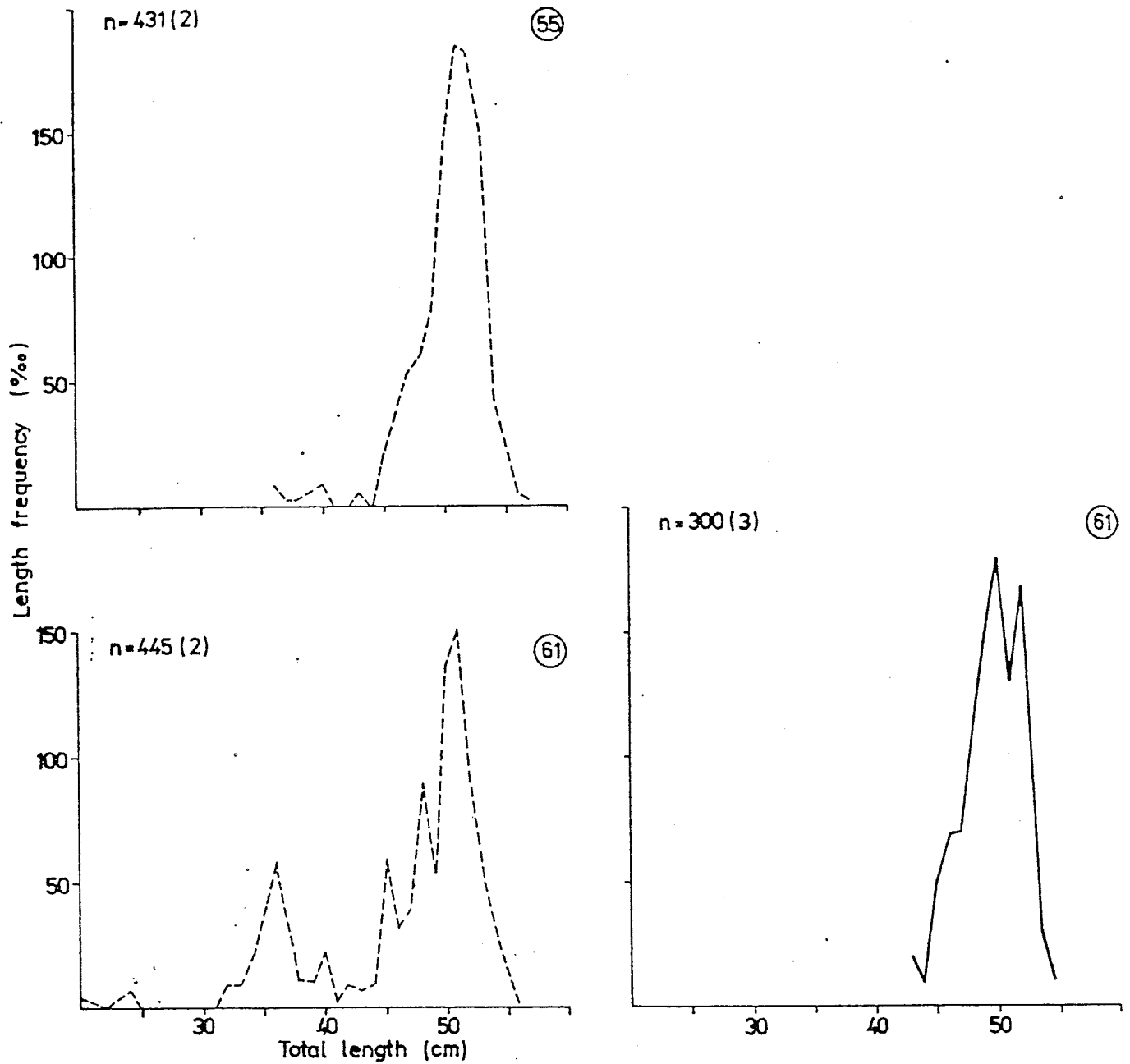


Figure 4 Length frequency distribution of *Pseudochaenichthys georgianus*
(South Georgia, December-January 1985/86)

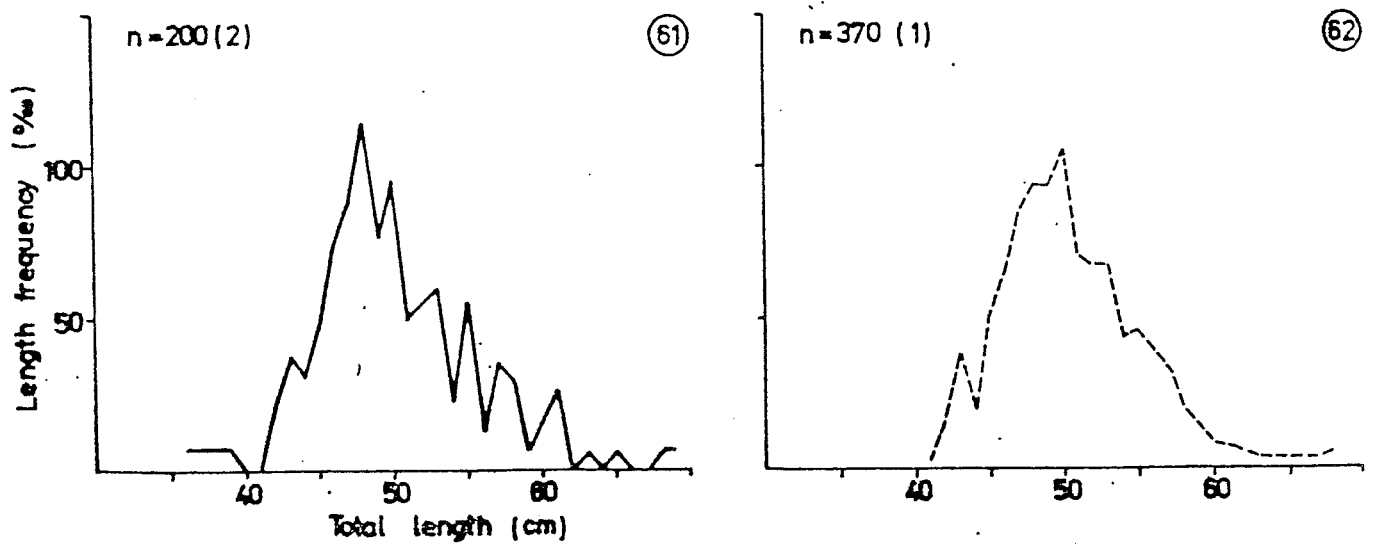


Figure 5 Length frequency distribution of *Notothenia rossii marmorata*
(South Georgia, December-January 1985/86)

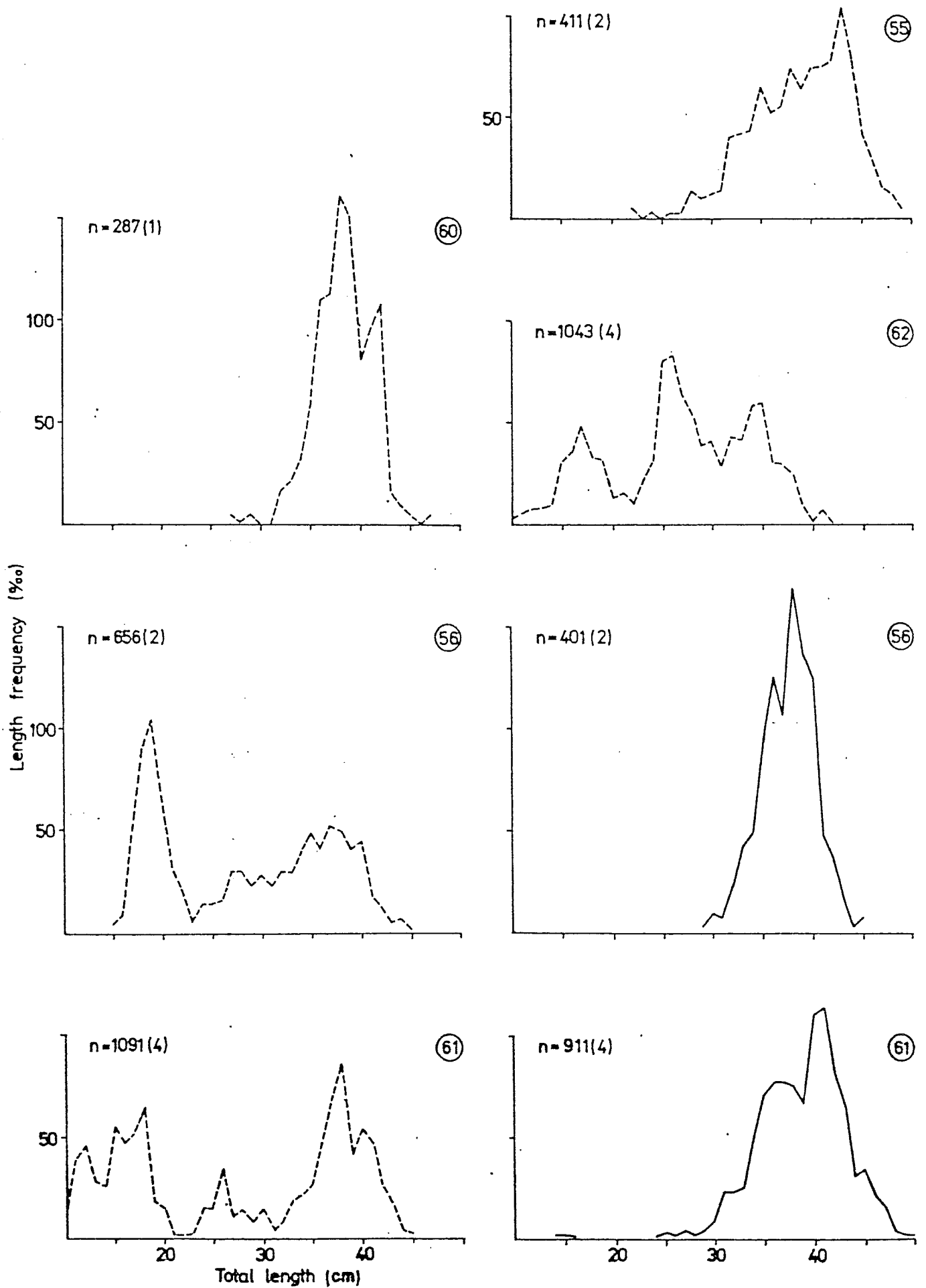


Figure 6 Length frequency distribution of *Notothenia gibberifrons* (South Georgia, December-January 1985/86)

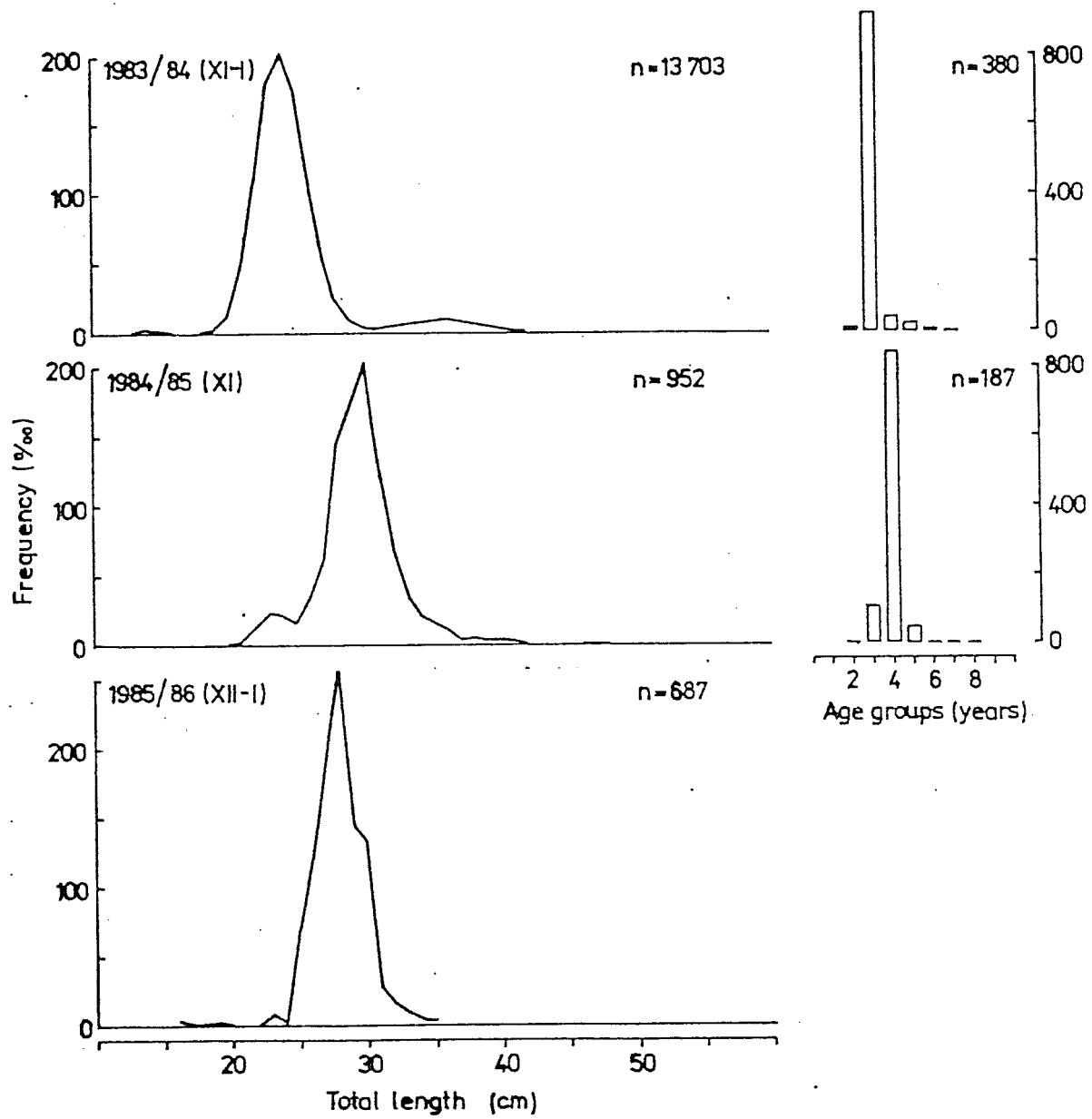


Figure 7 Length and age frequency distribution of Champsocephalus gunnari (South Georgia, 1983/84 - 1985/86)

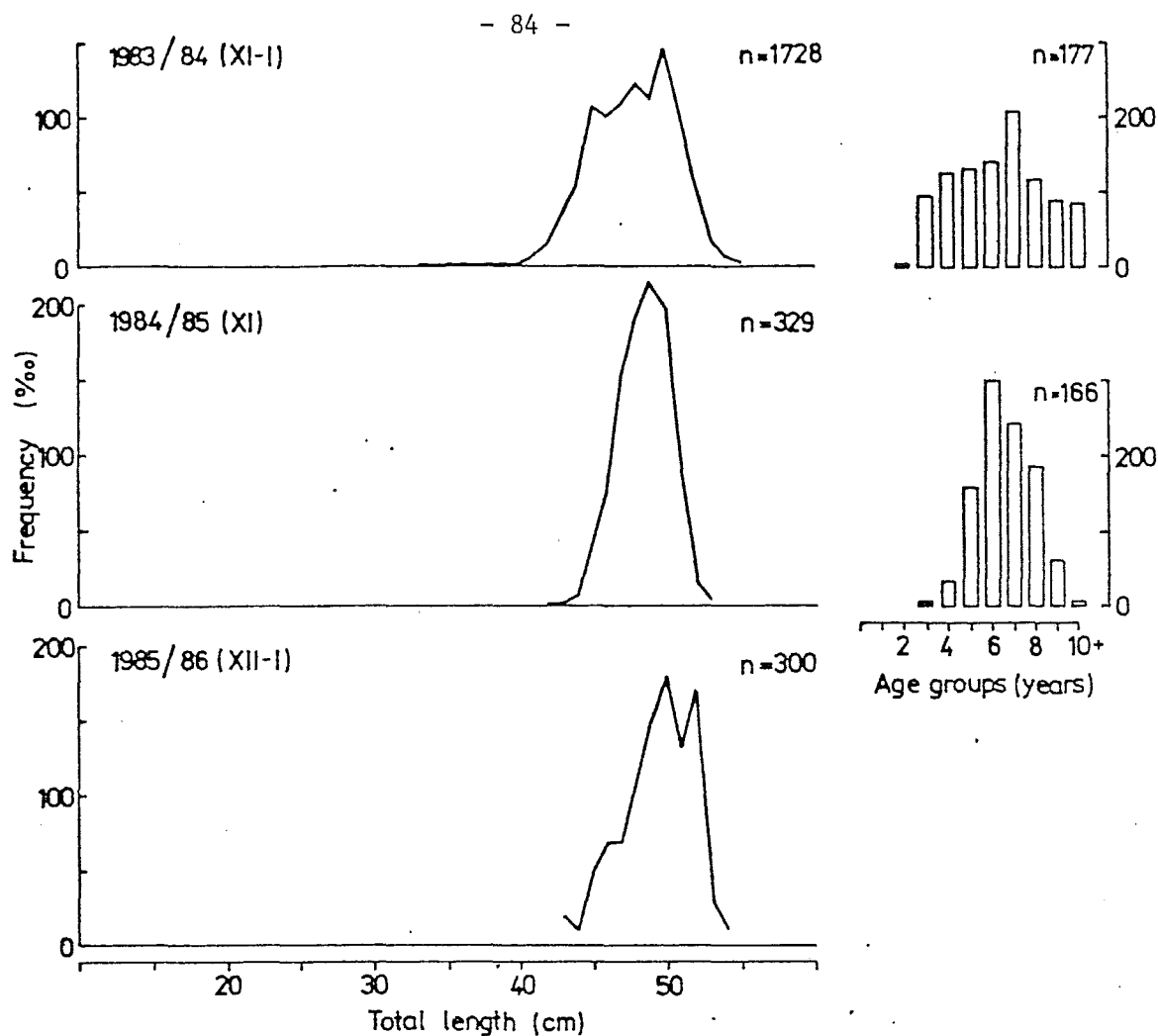


Figure 8 Length and age frequency distribution of *Pseudochaenichthys georgianus* (South Georgia 1983/84 - 1985/86)

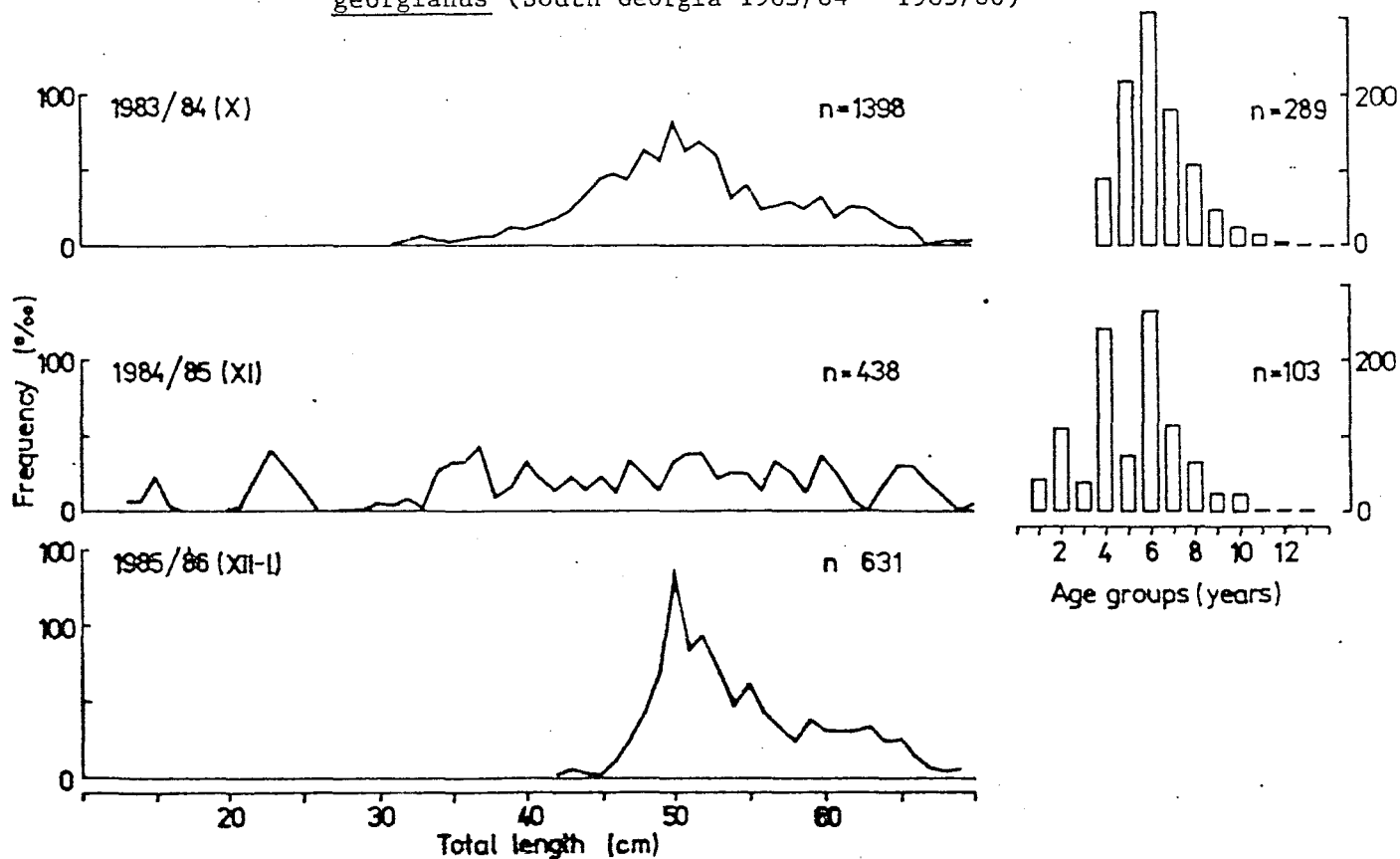


Figure 9 Length and age frequency distribution of *Chaenocephalus aceratus* (South Georgia, 1983/84 - 1985/86)

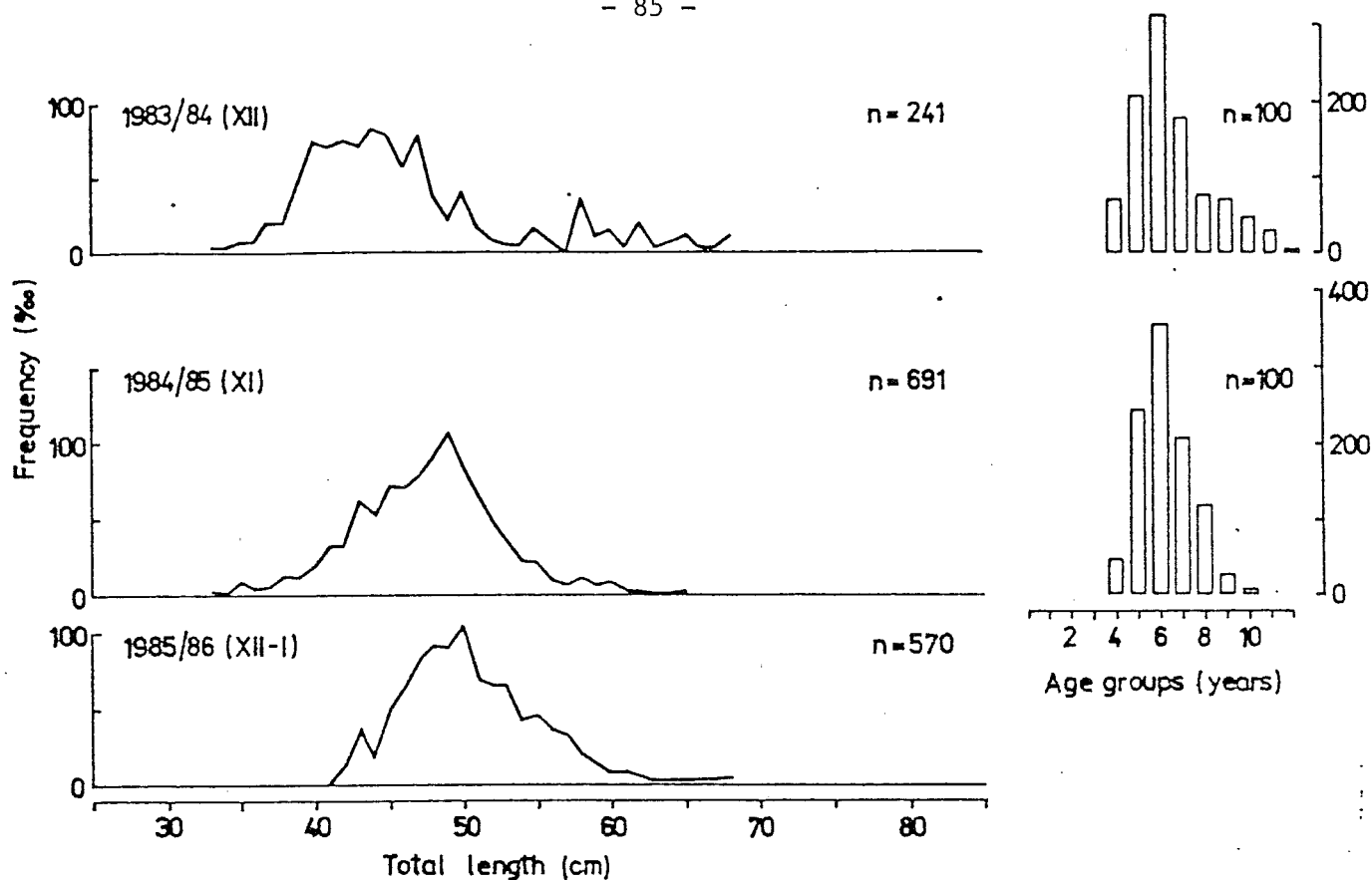


Figure 10 Length and age frequency distribution of *Notothenia rossii marmorata* (South Georgia 1983/84 - 1985/86)

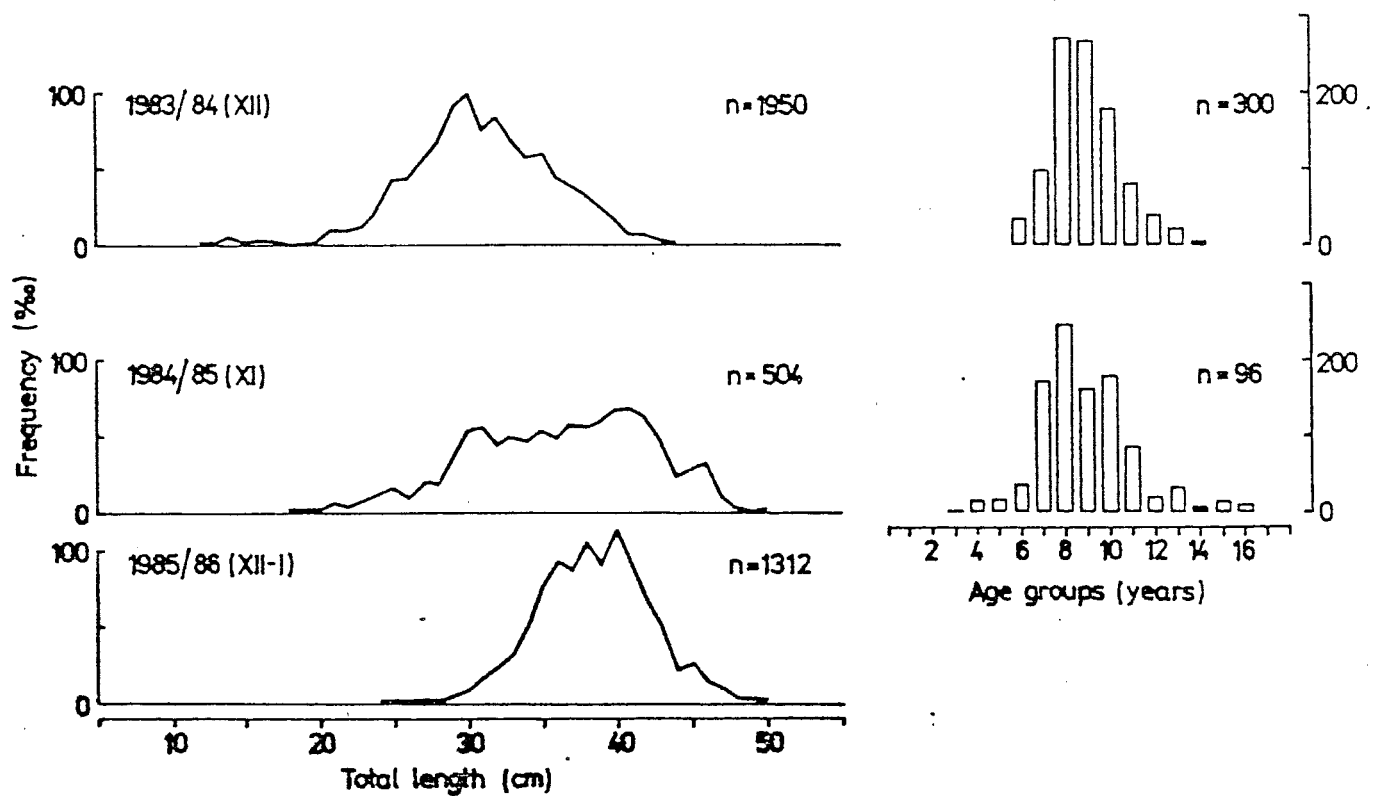


Figure 11 Length and age frequency distribution of *Notothenia gibberifrons* (South Georgia 1983/84 - 1985/86)

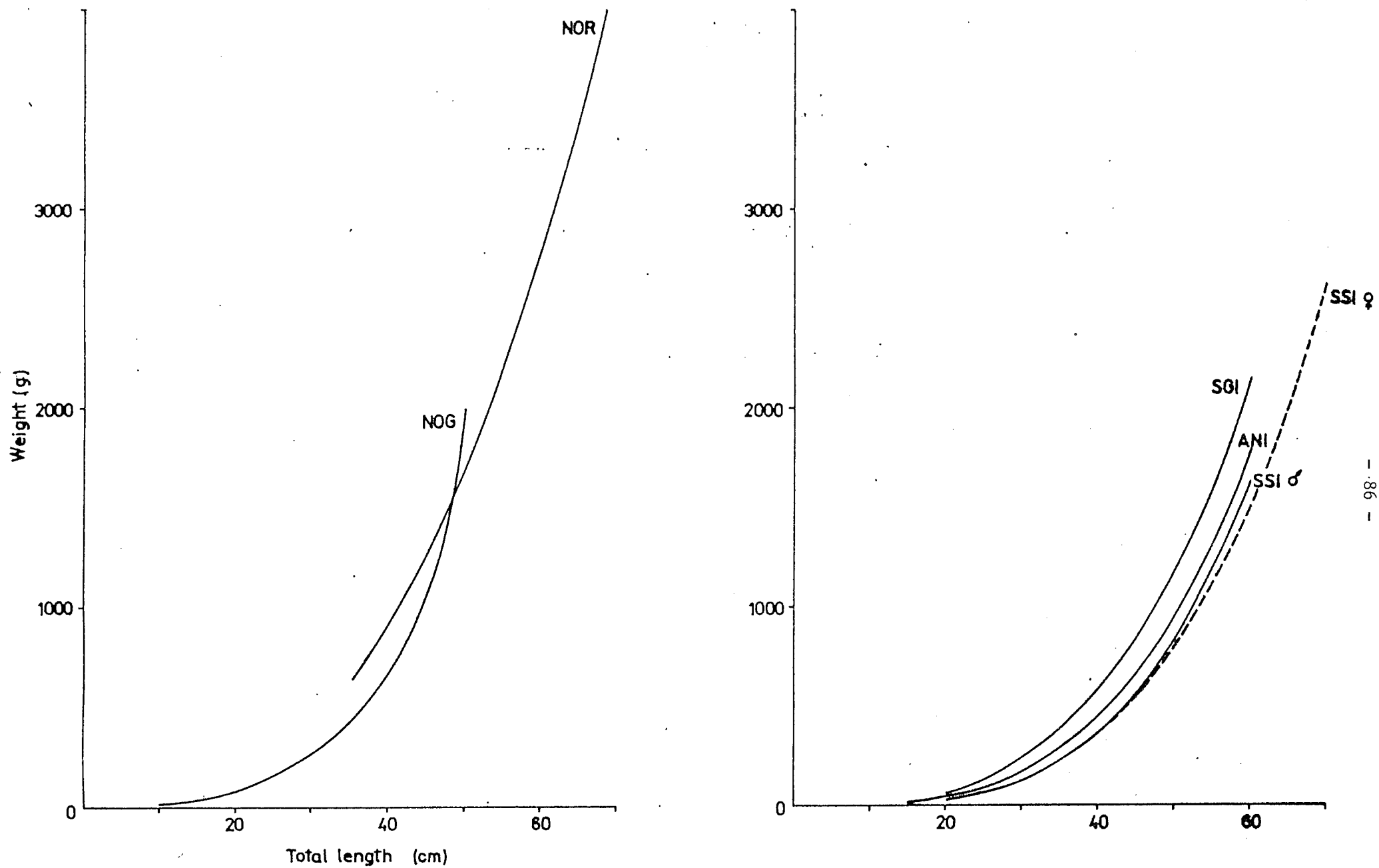


Figure 12. Length-weight relationship for Nototothenia rossii marmorata (NOR), Nototothenia gibberifrons (NOG), Champscephalus gunnari (ANI), Pseudochaenichthys georgianus (SGI) and Chaenocephalus aceratus (SSI, males and females separately) from South Georgia (December - January 1985/86).

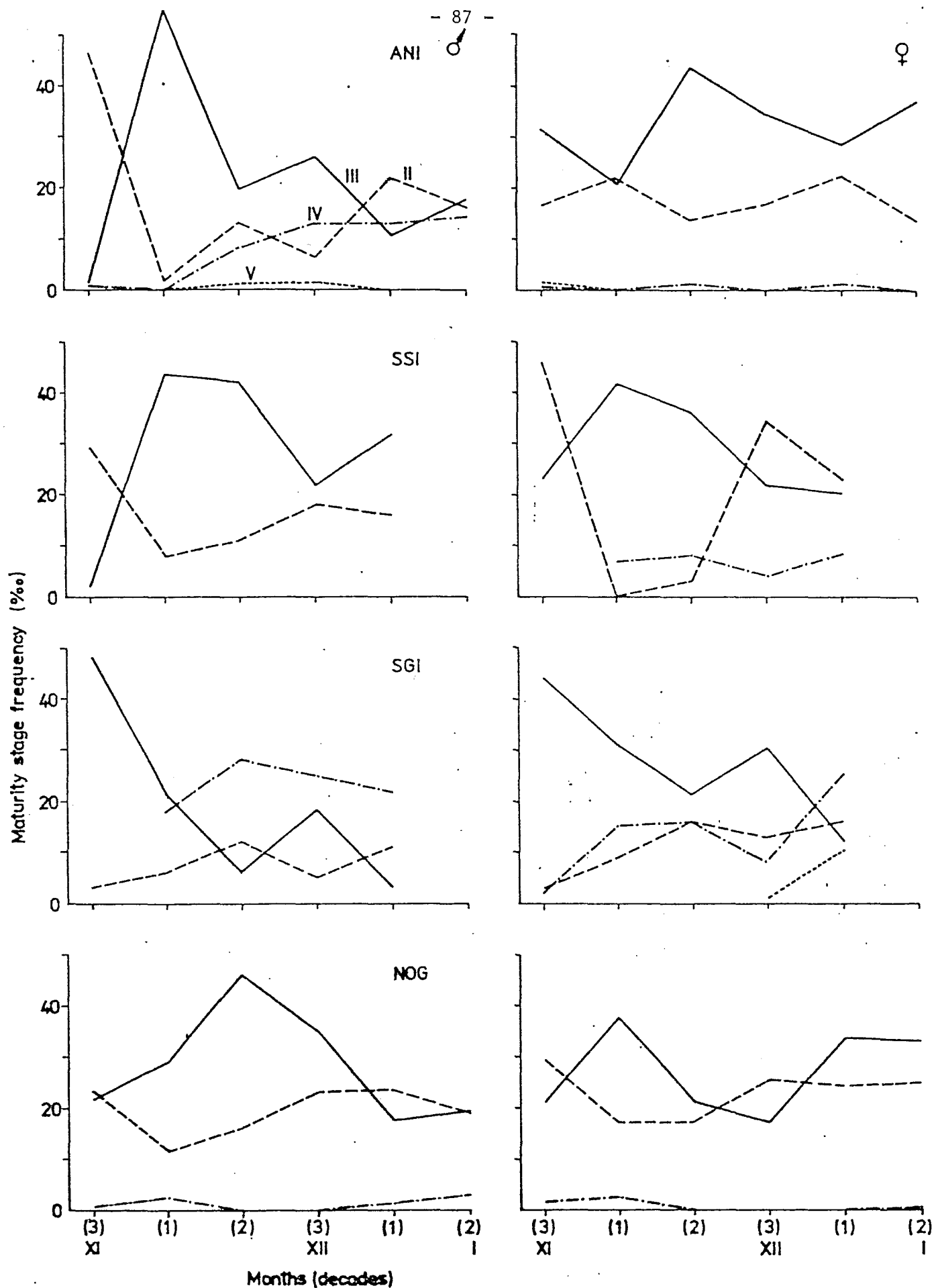


Figure 13 Fish gonads maturity changes in November-January 1986
 (ANI - Champscephalus gunnari, SSI - Chaenocephalus aceratus,
 SGI - Pseudochaenichthys georgianus, NOG - Notothenia
 gibberifrons). Roman numerals II-V are Maier's maturity
 stages.

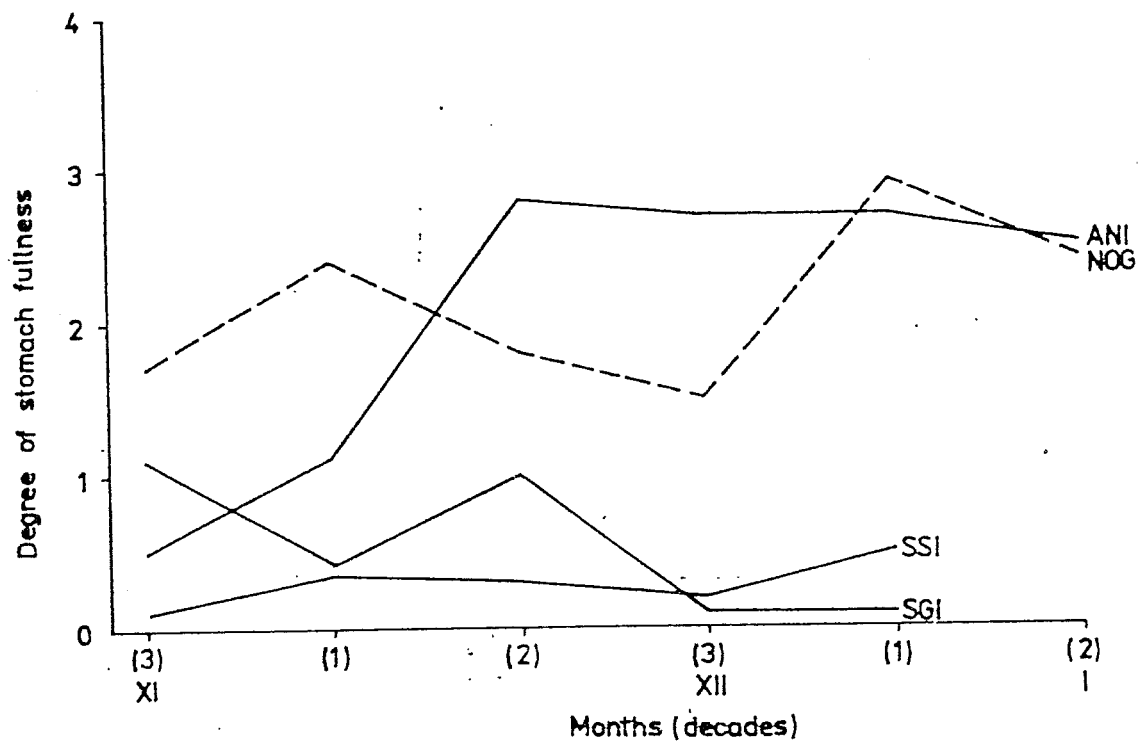


Figure 14 Fish stomach fullness changes in November-January 1985/86
(ANI - Champsocephalus gunnari, SSI - Chaenocephalus aceratus,
SGI - Pseudochaenichthys georgianus, NOG - Nototothenia
gibberifrons).

LIST OF TABLES

- Table 1 Catch and effort data, M.T. Carina, South Georgia, 1985/86
- Table 2 Catch rates (kg per hour fished) in the Polish commercial fishing MT Taurus 1983/84 and 1984/85 in the South Georgia area, compared with CPUE values of MT Carina 1985/86

LIST OF FIGURES

- Figure 1 Area of sampling and fishing operations of MT Carina : location of sampling and search tows, boundaries of fishing grounds (dotted line) and 12 Nm zone (dashed line). Numbers 55-64 and 99 are subdivisions by Everson (1984)
- Figure 2 Length frequency distribution of Champscephalus gunnari (South Georgia, December-January 1985/86). Solid line distributions refer to 60 mm mesh size, dashed line is 47 mm mesh size; "n" is number of fish measured; number of samples is given in brackets; encircled numbers are subdivisions by Everson (1984)
- Figure 3 Length frequency distribution of Chaenocephalus aceratus (South Georgia, December-January 1985/86)
- Figure 4 Length frequency distribution of Pseudochaenichthys georgianus (South Georgia, December-January 1985/86)
- Figure 5 Length frequency distribution of Notothenia rossii marmorata (South Georgia, December-January 1985/86)
- Figure 6 Length frequency distribution of Notothenia gibberifrons (South Georgia, December-January 1985/86)
- Figure 7 Length and age frequency distribution of Champscephalus gunnari (South Georgia, 1983/84 - 1985/86)

- Figure 8 Length and age frequency distribution of Pseudochaenichthys georgianus (South Georgia 1983/84 - 1985/86)
- Figure 9 Length and age frequency distribution of Chaenocephalus aceratus (South Georgia, 1983/84 - 1985/86)
- Figure 10 Length and age frequency distribution of Nototothenia rossii marmorata (South Georgia 1983/84 - 1985/86)
- Figure 11 Length and age frequency distribution of Nototothenia gibberifrons (South Georgia 1983/84 - 1985/86)
- Figure 12 Length-weight relationship for Nototothenia rossii marmorata (NOR), Nototothenia gibberifrons (NOG), Champscephalus gunnari (ANI), Pseudochaenichthys georgianus (SGI) and Chaenocephalus aceratus (SSI males and females separately) from South Georgia (December-January 1985/86)
- Figure 13 Fish gonads maturity changes in November-January 1986 (ANI - Champscephalus gunnari, SSI - Chaenocephalus aceratus, SGI - Pseudochaenichthys georgianus, NOG - Nototothenia gibberifrons). Roman numerals II-V are Maier's maturity stages.
- Figure 14 Fish stomach fullness changes in November-January 1985/86 (ANI - Champscephalus gunnari, SSI - Chaenocephalus aceratus, SGI - Pseudochaenichthys georgianus, NOG - Nototothenia gibberifrons).

LISTE DES TABLEAUX

- Tableau 1 Données de prise et d'effort, chalutier Carina, Géorgie du Sud, 1985/86.
- Tableau 2 Taux de prise (kg par heure de pêche) des activités commerciales de pêche du chalutier Taurus 1983/84 et 1984/85 en Géorgie du Sud par rapport aux valeurs de PUE du chalutier Carina 1985/86.

LISTE DES FIGURES

- Figure 1 Zone des opérations d'échantillonnage et de pêche du chalutier Carina: lieu des traits d'échantillonnage et de reconnaissance, limites des lieux de pêche (ligne en pointillé) et zone de 12 milles marins (ligne brisée). Les numéros 55 à 64 et 99 sont des sous-divisions d'Emerson (1984)
- Figure 2 Répartition des fréquences de longueurs de Champsoccephalus gunnari (Géorgie du Sud, décembre à janvier 1985/86). Les répartitions représentées par une ligne continue se rapportent à une taille de maillage de 60 mm, celles représentées par une ligne brisée se rapportent à une taille de maillage de 47 mm; "n" est le nombre de poissons mesuré; le nombre d'échantillons est donné entre parenthèses; les numéros entourés d'un cercle sont des sous-divisions d'Emerson (1984)
- Figure 3 Répartition de la fréquence des longueurs de Champsoccephalus aceratus (Géorgie du Sud, décembre-janvier 1985/86)
- Figure 4 Répartition de la fréquence des longueurs de Pseudochaenichthys georgianus (Géorgie du Sud, décembre-janvier 1985/86)
- Figure 5 Répartition de la fréquence des longueurs de Notothenia rossii marmorata (Géorgie du Sud, décembre-janvier 1985/86)

- Figure 6 Répartition de la fréquence des longueurs de Notothenia gibberifrons (Géorgie du Sud, décembre-janvier 1985/86)
- Figure 7 Répartition des fréquences de longueurs et d'âges de Champscephalus gunnari (Géorgie du Sud, 1983/84 - 1985/86)
- Figure 8 Répartition des fréquences de longueurs et d'âges de Pseudochaenichthys georgianus (Géorgie du Sud, 1983/84 - 1985/86)
- Figure 9 Répartition des fréquences de longueurs et d'âges de Chaenocephalus aceratus (Géorgie du Sud, 1983/84 - 1985/86)
- Figure 10 Répartition des fréquences de longueurs et d'âges de Notothenia rossii marmorata (Géorgie du Sud, 1983/84 - 1985/86)
- Figure 11 Répartition de la fréquence de l'âge et de la longueur de Notothenia gibberifrons (Géorgie du Sud, 1983/84 - 1985/86)
- Figure 12 Relation poids-longueur pour les espèces Notothenia rossii marmorata (NOR), Notothenia gibberifrons (NOG), Champscephalus gunnari (ANI), Pseudochaenichthys georgianus (SGI et Chaenocephalus aceratus (SSI) mâles et femelles séparément) de la Géorgie du Sud (décembre-janvier 1985/86)
- Figure 13 Changements de maturité des gonades en novembre-janvier 1986 (ANI - Champscephalus gunnari, SSI - Chaenocephalus aceratus, SGI - Pseudochaenichthys georgianus, NOG - Notothenia gibberifrons). Les chiffres romains II à V se réfèrent aux étapes de maturité selon Maier.
- Figure 14 Changements dans la taille de l'estomac des poissons en novembre-janvier 1985/86 (ANI - Champscephalus gunnari, SSI - Chaenocephalus aceratus, SGI - Pseudochaenichthys georgianus, NOG - Notothenia gibberifrons).

LISTA DE TABLAS

- Tabla 1 Datos sobre la captura y esfuerzo, M.T. Carina, Georgia del Sur, 1985/86
- Tabla 2 Indices de captura (kg pescado por hora) en la embarcación comercial polaca MT Taurus durante 1983/84 y 1984/85 en el área de Georgia del Sur, comparados con los valores de CPUE (Catch Per Unit of Effort) de MT Carina durante 1985/86

Lista de Ilustraciones

- Ilustración 1 Area de operaciones y de muestreo de pesca de MT Carina : localización de los arrastres de muestreo y de búsqueda, límites de los terrenos de pesca (línea punteada) y zona de 12 Nm (línea entrecortada). Los números 55-64 y 99 son subdivisiones hechas por Emerson (1984)
- Ilustración 2 Distribución de la frecuencia de talla de Champscephalus gunnari (Georgia del Sur, diciembre-enero de 1985/86). Las distribuciones marcadas con una línea indican que el tamaño de la malla es de 60 mm, la línea punteada indica que el tamaño de la malla es de 47 mm; la "n" representa la cantidad de peces medidos; la cantidad de muestras se da entre paréntesis, y los números en círculos son las subdivisiones hechas por Emerson (1984).
- Ilustración 3 Distribución de la frecuencia de talla de Champscephalus aceratus (Georgia del Sur, diciembre-enero 1985/86)
- Ilustración 4 Distribución de la frecuencia de talla de Pseudochaenichthys georgianus, (Georgia del Sur, diciembre-enero 1985/86)

- Ilustración 5 Distribución de la frecuencia de la talla de Notothenia rossii marmorata, (Georgia del Sur, diciembre-enero 1985/86)
- Ilustración 6 Distribución de la frecuencia de talla de Notothenia gibberifrons (Georgia del Sur, diciembre-enero 1985/86)
- Ilustración 7 Distribución de frecuencia de talla y edad de Champscephalus gunnari (Georgia del Sur, 1983/84 - 1985/86)
- Ilustración 8 Distribución de frecuencia de talla y edad de Pseudochaenichthys georgianus (Georgia del Sur 1983/84 - 1985/86)
- Ilustración 9 Distribución de frecuencia de talla y edad de Chaenocephalus aceratus (Georgia del Sur, 1983/84 - 1985/86)
- Ilustración 10 Distribución de la frecuencia de talla y edad de Notothenia rossii marmorata (Georgia del Sur 1983/84 - 1985/86)
- Ilustración 11 Distribución de la frecuencia de talla y edad de Notothenia gibberifrons (Georgia del Sur 1983/84 - 1985/86)
- Ilustración 12 Relación talla-peso de Notothenia rossii marmorata (NOR), Notothenia gibberifrons (NOG), Champscephalus gunnari (ANI), Pseudochaenichthys georgianus (SGI) y Chaenocephalus aceratus (SSI machos y hembras separadamente) de Georgia del Sur (diciembre-enero 1985/86)

Ilustración 13 Cambios en la madurez de las gónadas de peces en noviembre-enero 1986 (ANI - Champscephalus gunnari, SSI - Chaenocephalus aceratus, SGI - Pseudochaenichthys georgianus, NOG - Notothenia gibberifrons). Los números romanos II-V indican los estados de madurez de Maier.

Ilustración 14 Cambios en la llenura del estómago de los peces en noviembre-enero 1985/86 (ANI - Champscephalus gunnari, SSI - Chaenocephalus aceratus, SGI - Pseudochaenichthys georgianus, NOG - Notothenia gibberifrons).

СПИСОК ТАБЛИЦ

Таблица 1 Данные по улову и усилиям, т/х "Карина", Южная Георгия, 1985/86 г.

Таблица 2 Интенсивность вылова (кг за час промысла) у польского дизельного судна коммерческого промысла "Таурус" в сезонах 1983/84 и 1984/85 г.г. в районе Южной Георгии в сравнении с величинами CPUE у т/х "Карина" в 1985/86 г.

СПИСОК РИСУНКОВ

- Рисунок 1 Район взятия проб и промысла т/х "Карина": места выборочных и поисковых тралений, границы промысловых участков (пунктирная линия) и зона в 12 морских миль (штрих-пунктирная линия). Цифры 55-64 и 99 - участки по Эверсону (1984 г.).
- Рисунок 2 Распределение по частоте длины для Champsocephalus gunnari (Южная Георгия, декабрь-январь 1985/86 г.). Распределение, показанное сплошной линией, относится к ячее размер 60 мм, штрих-пунктирная линия - ячее размер 47 мм; n - число измеренных рыб; количество проб дано в скобках; цифры в кружках - участки по Эверсону (1984 г.).
- Рисунок 3 Распределение по частоте длины для Chaenocephalus asceratus (Южная Георгия, декабрь-январь 1985/86 г.).
- Рисунок 4 Распределение по частоте длины для Pseudochaenichthys georgianus (Южная Георгия, декабрь-январь 1985/86 г.).
- Рисунок 5 Распределение по частоте длины для Notothenia rossii marmorata (Южная Георгия, декабрь-январь 1985/86 г.).
- Рисунок 6 Распределение по частоте длины для Notothenia gibberifrons (Южная Георгия, декабрь-январь 1985/86 г.).
- Рисунок 7 Распределение по частоте длины и возраста для Champsocephalus gunnari (Южная Георгия, 1983/84 - 1985/86 г.г.).
- Рисунок 8 Распределение по частоте длины и возраста для Pseudochaenichthys georgianus (Южная Георгия, 1983/84 - 1985/86 г.г.).

Рисунок 9 Распределение по частоте длины и возраста для Chaenocephalus aceratus (Южная Георгия, 1983/84 - 1985/86 г.г.)

Рисунок 10 Распределение по частоте длины и возраста для Notothenia rossii marmorata (Южная Георгия, 1983/84 - 1985/86 г.г.).

Рисунок 11 Распределение по частоте длины и возраста для Notothenia gibberifrons (Южная Георгия, 1983/84 - 1985/86 г.г.).

Рисунок 12 Соотношение между длиной и весом у Notothenia rossii marmorata (NOR), Notothenia gibberifrons (NOG), Champsocephalus gunnari (ANI), Pseudochaenichthys georgianus (SGI) и Chaenocephalus aceratus (SSI, мужские и женские особи отдельно), полученное в районе Южной Георгии (декабрь-январь 1985/86 г.).

Рисунок 13 Изменения степени зрелости гонад рыб в ноябре-декабре 1986 г. (ANI - Champsocephalus gunnari, SSI - Chaenocephalus aceratus, SGI - Pseudochaenichthys georgianus, NOG - Notothenia gibberifrons). Римскими цифрами II - V указаны степени зрелости по Майеру.

Рисунок 14 Изменения степени наполнения желудка рыб в ноябре-январе 1985/86 г. (ANI - Champsocephalus gunnari, SSI - Chaenocephalus aceratus, SGI - Pseudochaenichthys georgianus, NOG - Notothenia gibberifrons).

METHODOLOGY OF DATA COLLECTION ON NET SELECTIVITY AND ACCIDENTAL MORTALITY
OF FISH PASSING THROUGH THE MESH OF THE CODEND

VNIRO
(U.S.S.R.)

Abstract

This paper contains advice on determining mesh selectivity factors for trawl codends using a special liner. The design and technical specifications of the liner are described.

It also describes an experiment to determine the accidental mortality of fish passing through the trawl codend.

It contains proposals on standardising data collection and handling for mesh selectivity studies.

* * * * *

METHODOLOGIE POUR LA COLLECTE DES DONNEES SUR LA SELECTIVITE
DU MAILLAGE ET LA MORTALITE ACCIDENTELLE DES POISSONS PASSANT
A TRAVERS LE MAILLAGE AU CUL DE CHALUT.

VNIRO
(U.R.S.S.)

Résumé

Ce document présente des avis sur la détermination des facteurs de sélectivité du maillage aux culs de chaluts utilisant un voile spécial. Le modèle et les caractéristiques techniques du voile sont décrits.

Le document présente aussi une description d'une expérience menée pour déterminer la mortalité accidentelle des poissons passant à travers le cul de chalut.

Il contient également des propositions sur la standardisation de la collecte et traitement des données pour les études sur la sélectivité du maillage.

* * * * *

METODOLOGIA PARA LA RECOPIACION DE DATOS SOBRE SELECTIVIDAD DE MALLAS Y MORTALIDAD ACCIDENTAL DE LOS PECES QUE PASAN A TRAVES DE LA MALLA DE LA CORONA.

VNIRO
(U.R.S.S.)

Resumen

Este documento contiene asesoramiento para la determinación de factores de selectividad para coronas de arrastre usando un forro especial. Se describe el diseño y las especificaciones técnicas del forro.

También describe un experimento para determinar la mortalidad accidental de los peces que pasan a través de la corona de arrastre.

Contiene asimismo, proposiciones de estandarización de recopilación y manejo de datos para estudios de selectividad de malla.

* * * * *

МЕТОДОЛОГИЯ СБОРА ДАННЫХ ПО СЕЛЕКТИВНОСТИ ТРАЛОВ И ТРАВМАТИЧЕСКОЙ ГИБЕЛИ РЫБ, ПРОШЕДШИХ СКВОЗЬ ЯЧЕЮ КУТКА

ВНИРО
(С.С.С.Р.)

Резюме

Работа содержит рекомендации по определению селективных свойств сетного полотна кутка трала, с использованием специального рыбоуловителя. Описывается конструкция рыбоуловителя и его технические параметры.

Приводится описание эксперимента по определению травматической гибели рыб, прошедших сквозь ячею кутка трала.

Даются рекомендации по унификации сбора и обработки данных при проведении исследований селективности тралов.

* * * * *

МЕТОДОЛОГИЯ СБОРА ДАННЫХ ПО СЕЛЕКТИВНОСТИ ТРАЛОВ
И ТРАВМАТИЧЕСКОЙ ГИБЕЛИ РЫБ,
ПРОШЕДШИХ СКВОЗЬ ЯЧЕЮ КУТКА ТРАЛОВ

All-Union Research Institute of Marine Fisheries
and Oceanography (VNIRO)
U.S.S.R., Moscow B-140, Verkhnyaya Krasnoselskaya, 17.

ОСНАЩЕНИЕ ТРАЛОВОГО МЕШКА

Определение селективных свойств тралового кутка

Для удержания рыб, прошедших через ячею, траловый мешок оснащается мелкоячейным рыбоуловителем.

Рыбоуловитель состоит из внешней части для улавливания рыб, отсеянных из мешка, и внутренней (рис. 1) для предотвращения ухода рыб через нижнюю пластъ тралового мешка. Материал, шаг ячеи и размеры рыбоуловителя зависят от размеров нижней и верхней пластей цилиндрической части тралового мешка и связаны с ним соотношениями, приведенными в таблице 1.

Внешняя и внутренняя части рыбоуловителя выкраиваются из сетного полотна по форме, показанной на рис. 1. При двухрядном мешке d - диаметр нитки соответствующий однорядной дели.

Перед установкой рыбоуловителя траловый мешок освобождают от мелкоячейной рубашки, остальная оснастка - пожилыны, куктыли, фартуки и другие части - остаются без изменения.

Внутренняя часть рыбоуловителя вставляется в цилиндрическую часть мешка и пришивается по всем четырем кромкам к его нижней плати. Переднюю и заднюю кромки этой части длиной h_2 , равной ширине пласти мешка, пришивают в жгут, а боковые кромки l_2 пришивают с равномерной усадкой, поскольку их длина на 0,5 м больше длины соответствующей кромки пласти.

Внешнюю часть рыбоуловителя пришивают снаружи к верхней пласти цилиндрической части мешка. Кромку h_1 , длина которой на 30% больше передней кромки верхней пласти, пришивают с рав-

номерной усадкой, поскольку их длина на 0,5 м больше длины соответствующей кромки пласти.

Внешнюю часть рыбоуловителя пришивают снаружи к верхней пласти цилиндрической части мешка. Кромку h_1 , длина которой на 30% больше передней кромки верхней пласти, пришивают с равномерной усадкой. Затем, начиная от передней кромки, пришивают в жгут боковые кромки на длину l_4 , равную длине верхней пласти мешка.

Выступающую за пределы мешка часть рыбоуловителя изготовляют в форме цилиндра (мешка), для чего сетное полотно с кромками h_1 и l_2 подворачивают вниз; затем кромку h_1 с равномерной усадкой пришивают к концевой кромке верхней пласти, а кромку l_2 соединяют шворкой в жгут с выступающей за пределы мешка частью кромки l_1 .

По периметру конечной кромки внешней части рыбоуловителя вывязывают полуячей, через которые пропускают фал диаметром 10-12 мм (гайтян), которым перед травлением завязывают куток рыбоуловителя.

В зависимости от размера трала и величины улова рыбоуловитель можно оснащать поперечными предохранительными поясами и продольными пожилинами из капронового фала диаметром 8-10 мм. Допускается постановка не более двух поясов и пожилин, которые должны пришиваться без усадки сетного полотна.

Общий вид тралового мешка с рыбоуловителем показан на рис.2. В связи с тем, что ячей тралового мешка, изготовленного из новой дели, вытягивается (за счет затяжки узлов и остаточной деформации капрона), до первого зачетного траления новый траловый мешок должен пробывать в эксплуатации не менее 40 ч.

Определение травматической гибели рыб, прошедших сквозь ячею кутка трала

В результате прохождения через ячею некоторая часть из отсеянных кутком рыб травмируется и погибает. При исследовании причин травматической гибели рыб, чтобы исключить дополнительное травмирование и удержать рыб, прошедших сквозь куток, изготавливают мелкоячейный полужесткий контейнер, который надевают на куток трала (рис.3).

Чтобы придать контейнеру цилиндрическую форму, посадку мелкоячейного полотна делают зеркальной.

В конечную часть контейнера вшивают кольцо диаметром 1,1-1,2 м, по периметру которого прикрепляют пружинистые замки из нержавеющей пластин. Конечную часть контейнера закрывают крышкой, состоящей из кольца 1,1-1,2 м с натянутой на него мелкоячейной делью.

По периметру передней кромки контейнера вывязывают полуячей, в которые пропускают фал диаметром 8-10 мм, и к нему через каждые 25-30 см подвязывают петли из фала диаметром 5-6 мм. По периметру конусной части кутка пришивают фал диаметром 5-6 мм, к которому на расстоянии 25-30 мм подвязывают металлические кольца, через которые пропускают распускные петли для соединения контейнера с кутком (рис.4).

В передней части контейнера на расстоянии 0,5 м от края при помощи колец присоединяется стяжной конец. Чтобы отсоединить контейнер от кутка, необходимо разрезать фиксирующий конец, после чего рассыпаются петлевые соединения, и из контейнера выбирают траловый мешок. Чтобы предотвратить выход рыб, прошедших сквозь ячею кутка, переднюю часть контейнера затягивают удавным концом.

В зависимости от количества отсеянных рыб сетной контейнер можно оснастить двумя пожилыми из капронового фала диаметром 5-6 мм, которые пришивают без усадки. Размер ячеей и диаметр нитей сетного полотна в контейнере такие же, как в рыбоуловителе, применяемом при оценке селективных свойств тралового мешка.

СБОР ДАННЫХ

Общие указания

Данные по избирательности тралов собирают для каждого вида промысловых рыб проведением серии тралений. Одна серия состоит из 10 зачетных тралений, продолжительностью 60 мин каждое. Зачетным считается безаварийное траление с уловом не менее 100 кг. Для каждого вида промысловых рыб по каждому сезону проводят одну серию тралений. Траления одной серии проводят тралом одной конструкции. Когда судно в один и тот же сезон работает в разных подрайонах и в каждом подрайоне облавливаются один и тот же вид рыб, то во всех подрайонах проводят одну серию тралений.

Данные по избирательности трала собирают в следующей последовательности:

1. измеряют внутренний размер ячеей в траловом кутке (до и после каждого траления);
2. выполняют траление;
3. при тралении при помощи планширного лага измеряют скорость буксировки трала;
4. улов из тралового мешка выливается на палубу, а из рыбоуловителя в отдельные емкости (отгороженный участок палубы, ящики и т.д.);
5. отбирают пробы рыб и производят их анализ;
6. обрабатывают первичные данные и заполняют карточки селективности траловых кутков.

Измерение ячей

Ячей в траловом мешке измеряют при помощи прибора-щупа (рис.5). Щуп представляет собой клиновидную пластину толщиной 2 мм, имеющую через каждые 2 см высоты трапециoidalные и прямоугольные участки. Трапециoidalные участки щупа сужаются по ширине на 2 см через каждые 8 см высоты. На щуп с двух сторон поперечными параллельными рисками нанесены деления, соответствующие внутренним размерам ячей (в мм). Со стороны большого основания щуп имеет рукоятку, со стороны малого - отверстие диаметром 10 мм для подвешивания груза при измерениях. В состав комплекта измерительных приборов входят пять щупов разной ширины - от 0 до 145 мм.

Номер щупа	0	1	2	3	4
Диапазон	0-55		65-100		105-145
измерения, мм		30-80		90-1	

Внутренний размер ячей определяют после каждого зачетного траления, не позднее чем через 30 мин после подъема трала при положительной температуре воздуха. При отрицательных температурах испытаний внутренний размер ячей определяется по формуле:

$$B = (1,0 + 0,0075t^{\circ})B_1,$$

где: B - истинный внутренний размер ячей, мм,

t° - отрицательная температура воздуха, C° ,

B_1 - размер ячей, измеренный при отрицательной температуре.

Ячей измеряют только в верхней селективной пластине цилиндрической части тралового мешка под рыбоуловителем или контейнером. Промер проводится в ряду, расположенном параллельно продольной оси мешка, отстоящем не менее чем на 10 ячеек от продольной оси швов, пожилин и топенантов. Всего измеряется 30 ячеек: 10 в начале, 10 в середине и 10 в конце мешка. При изме-

рении двухрядных долей с нитью диаметром 3,1 мм, из которых преимущественно изготавливают траловые мешки, щуп вводят в ячей с усилием 5 кгс.

При определении внутреннего размера ячеей в однорядном сетном полотне нагрузка щупа уменьшается соответственно вдвое. Ячейя при измерении должна растягиваться в направлении ширины сетного полотна (по длине кутка) таким образом, чтобы нити соседних ячеей оставались совершенно свободными от нагрузки. При отсчете размера ячейя образующие ее нити должны располагаться параллельно рискам, нанесенным на поверхности щупа. Результаты измерений при отрицательных температурах после соответствующего пересчета заносят в карточку селективности тралов.

Взятие проб

Массу пойманной рыбы оценивают по объему улова. Из улова каждого траления берут две пробы: удержанных рыб из мешка и отсеянных рыб из рыбоуловителя. При уловах менее 0,5 т вся рыба из тралового мешка идет на анализ (массовые замеры). Если улов превышает 0,5 т, из него отбирают пробу примерно массой 0,5 т. Обработку первой и второй проб, их анализ проводят отдельно. Аналогичные пробы берут при использовании контейнера.

Из проб отбирают рыб тех видов, для которых определяют селективность траловых кутков и травматическую гибель; остальная рыба считается приловом. Отделенные от прилова пробы идут на биологический анализ.

Биологический анализ удержанных и отсеянных живых и погибших рыб

При анализе определяют физиологическое состояние и экстерьерные показатели рыб, которые влияют на удерживающие свойства траловых кутков.

1. Массовые промеры промысловой длины рыб ($L_{\text{пр.}}$) производят от начала рыла до конечной части чешуйчатого покрова на хвостовом плавнике.

2. Промеры общей длины рыб (L_0) - от начала рыла до конца лучей хвостового плавника.

3. Длину рыб по Смиту (L_s) измеряют от начала рыла до развилки хвостового плавника.

Из каждой пробы необходимо измерять не менее 500 рыб.

Максимальный обхват рыб промеряют специальным прибором (рис.6), отрегулированным на заданную постоянную нагрузку. Данные биометрических показателей и общего биологического анализа заносят в таблицы 2 и 3.

Показатели для определения возраста, пола и стадии зрелости гонад, степени наполнения желудка и жирности приводятся в приложениях.

Если научная группа включает физиологов, необходимо исследовать изменение содержания показателей, характеризующих жизнеспособность рыб: молочной кислоты, гемоглобина в крови, гликогена в печени, креатинина, креатинфосфата и холестерина в мышцах.

Для биохимических анализов используют рыб, отсеянных кутком в последующие дни их выдерживания. На учетной карточке необходимо указать метод определения того или иного показателя.

ПЕРВИЧНАЯ ОБРАБОТКА ДАННЫХ И ЗАПОЛНЕНИЕ КАРТОЧКИ СЕЛЕКТИВНОСТИ ТРАЛА И ТРАВМАТИЧЕСКОЙ ГИБЕЛИ РЫБ

Карточки селективности траловых кутков и травматической

гибели рыб, прошедших сквозь ячей, заполняют отдельно на каждое зачетное траление.

Карточка селективности тралов

Дата траления	Глубина траления, м
Вид рыбы	Скорость траления, узлы
Названия судна	Ветер, баллы
Район, координаты	Волнение, баллы
Глубина моря, м	Температура, °C
Горизонт хода трала	воздуха
Тип трала	воды
Траление №	Общий улов, т
Время начала траления	Прилов, т
Продолжительность траления	

Заполнение таблицы "Замеры ячей в мешке". Записывают данные промера ячей, выполненные после траления (истинные) с рыбоуловителями и контейнером. Номер ячей отсчитывают от передней части мешка. Ниже указывают материал, из которого изготовлен мешок, и номер измерительной пластины (шупа). (Табл. 4).

Заполнение таблицы "Прилов". Перечисляют основные виды рыб, составляющие прилов. Массу прилова в траловом мешке определяют при помощи соотношения:

$$y_{\Pi} = \frac{P_{\Pi}}{P_1} y_1 ,$$

где y_{Π} - масса прилова в траловом мешке, кгс,

P_{Π} - масса прилова в пробе № 1, кгс,

P_1 - общая масса пробы № 1, кгс,

y_1 - общая масса улова, кгс,

и записывают в графу "В мешке". (Табл. 5).

Данные биологического анализа удержанных и отсеянных рыб перед занесением их в таблицу группируют в соответствии с размером рыб. Затем для каждого размера подсчитывают число

особей, измеряют общую промысловую длину и длину по Смитту, периметр рыбы в максимальном обхвате, высоту, толщину тела рыб, общую и среднюю массу, средние баллы жирности и наполнения желудков, соотношение полов (в %) и среднюю стадию зрелости гонад.

В графе № 1 проставляется с интервалом 0,5 и 1,0 см размерный ряд вида рыбы, по отношению к которому определяют избирательность трала. Первая строка этой графы соответствует минимальной длине рыб, последняя строка - максимальной. В графе 2 и 3 записывают промысловый размер рыб и длину по Смитту, в графы 4, 5 и 6 - данные о периметре рыб в максимальном обхвате, высоту и толщину тела рыб.

В графу 7 помещают показатели средней массы одной рыбы соответствующего размера, для чего из данных, полученных при анализе проб выбирают данные для рыб каждого размера, подсчитывают их число и общую массу. Среднюю массу особи каждого размера определяют делением общей массы рыб на их число.

В графе 8 указывается число рыб каждого размера, удержанных траловым мешком. При улове более 0,5 т, когда не вся рыба из тралового мешка подвергается анализу, число удержанных рыб определяют пересчетом размерного состава пробы на весь улов.

Для каждой строки число рыб в траловом мешке каждого размера рассчитывают по формуле:

$$N_i = \frac{Y_v \cdot n_i}{Q_{пр}},$$

где N_i - число рыб размера i в траловом мешке,

i - индекс размерной группы рыб,

Y_v и $Q_{пр}$ - общая масса рыб данного вида в траловом мешке
и в пробе, кгс,

n_i - число рыб размера i в пробе.

Общая масса рыб вида, для которого определяют селектив-

ность, равен величине улова, полученной в результате траления, минус масса прилова. Общую массу рыб данного вида в пробе определяют суммированием масс всех рыб этого вида, полученных при анализе пробы. Число рыб каждого размера в пробе определяют из данных биологического анализа пробы.

Таблица 1. Раскрой тралового мешка

Характеристика	Верхняя (нижняя) пласть цилиндри- ческой части тралового мешка	Рыбоуловитель	
		внутренняя часть	внешняя часть
Нитка токотильная	93,5 (текстильная)		
номер			
диаметр, мм		$d_1 = 0,65d$	
Шаг ячеи, мм	a	$a_1 = 0,65a$	
Жгут, м			
длина	l	$l_2 = l + 0,5m$	$l_1 = 1,1l$
ширина	h	$h_2 = h$	$h_1 = 1,3h$
Выступающая часть рыбоуловителя в жгуте, м			
длина			$l_3 = 0,1l$
ширина			$h_1 + h_3 = 2,6h,$
		где	$h_2 = 1,3h$

Таблица 2. Биометрические показатели и данные общего биологического анализа

Длина рыб, см			Периметр рыбы в максимальном обхвате, см	Ширина тела рыбы, мм	Толщина тела рыбы, мм	Средняя масса экз., кг	Число рыб		Наполнение желудка (среднее), баллы	Жирность (средняя), баллы	Самцы		Самки	
общая	промысловая	по Смитту					в мешке	в рыболовном теле			% стадия зрелости гонад (средняя), баллы	% стадия зрелости гонад (средняя), баллы		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15

Таблица 3. Данные биологического анализа живых и погибших рыб (после траления)

№ п/п	Общая длина, см		М а с с а, г		Полово- зрелость, баллы	Наполнение желудков, баллы	Жирность, баллы	Возраст, годы	Результаты расчета					
			общая	порки										
	жив.+ пог.++	жив.	пог.	жив.	пог.	жив.	пог.	жив.	пог.					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	

+/- Живая рыба, отсеянная кутком трала.

++/- Рыба, погибшая в результате отсева.

Таблица 4. Замеры ячеи в мешке трала

№ ячеи	Внутренний размер ячеи в кутке, мм	№ ячеи	Внутренний размер ячеи в кутке, мм	№ ячеи	Внутренний размер ячеи в кутке, мм
1		11		21	
2		12		22	
3		13		23	
4		14		24	
5		15		25	
6		16		26	
7		17		27	
8		18		28	
9		19		29	
10		20		30	

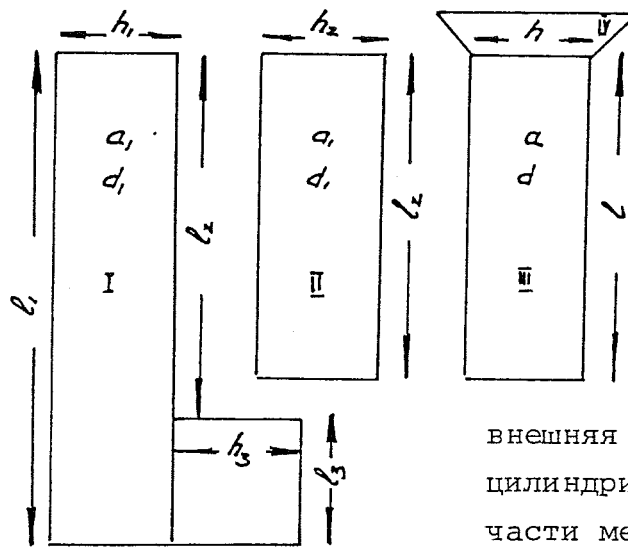


Рис.1 Раскроечный чертеж
рыбоуловителя

внешняя /I/ и внутренняя /II/ части,
цилиндрическая /III/ и конусная /IV/
части мешка.

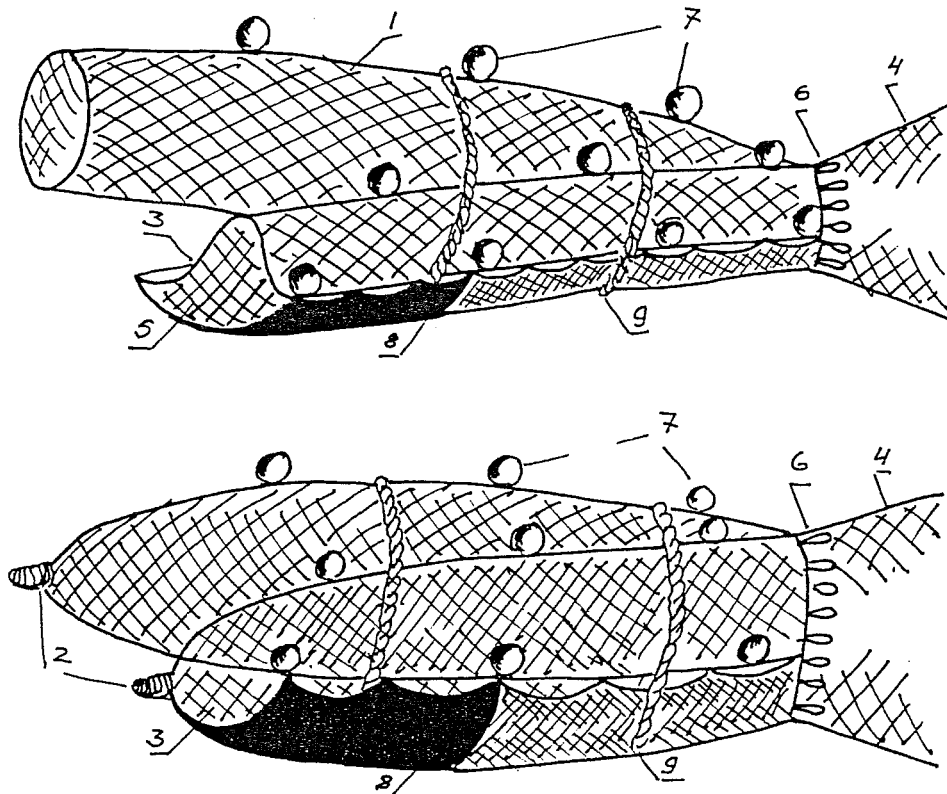


Рис.2 Общий вид рыбоуловителя

1 и 5 - внешняя и внутренняя части рыбоуловителя, 2 - гайтан,
3-4 - цилиндрическая и конусная части тралового мешка, 6 -
опушка с кольцом для смены кутка, 7 - куктыли, 8 - защитное
приспособление, 9 - страховочные силовые пояса

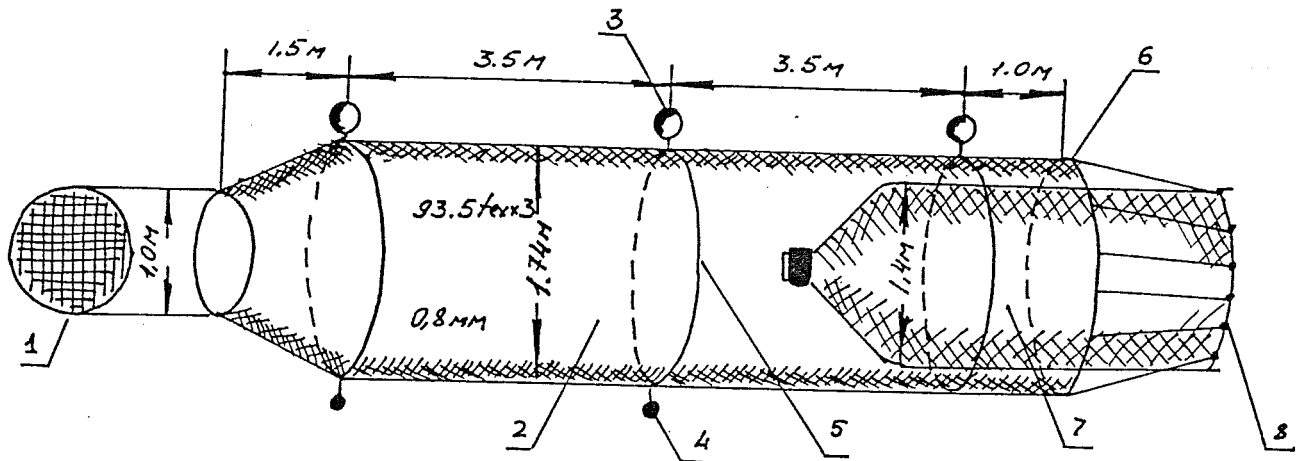


Рис. 3 Отцепной полужесткий контейнер

1 - крышка, 2 - контейнер, 3 - кухтыли, 4 - грузы, 5 - обруч, 6 - стяжной трос, 7 - куток трала, 8 - соединительные петли

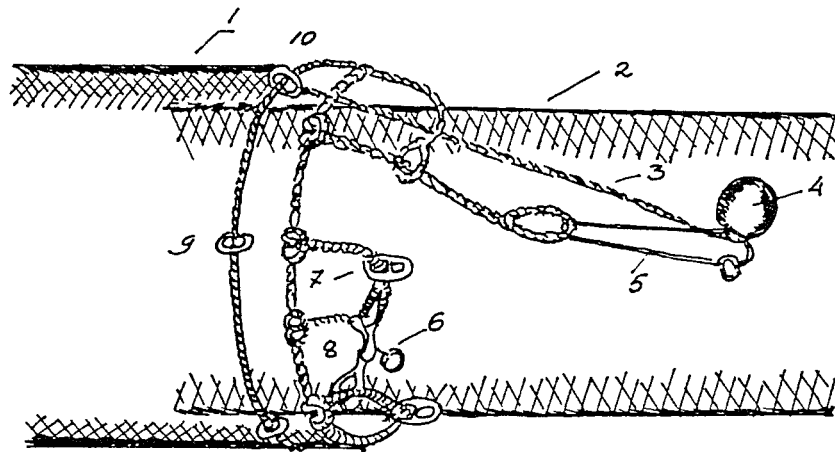


Рис. 4 Схема соединения контейнера с кутком трала

1 - контейнер, 2 - куток трала, 3 - стяжной трос, 4 - кухтыль, 5 - фиксирующий конец, 6 и 7 - соединительные кольца и петли, 8 - фал передней кромки, 9 и 10 - кольца для стяжного кольца и для фиксации соединительных петель.

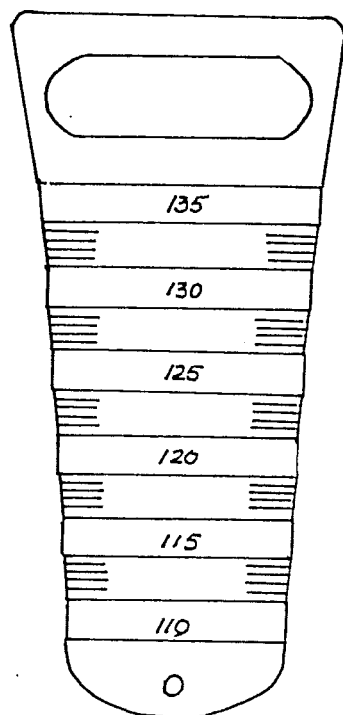


Рис. 5 Прибор для измерения
ячей - щуп.

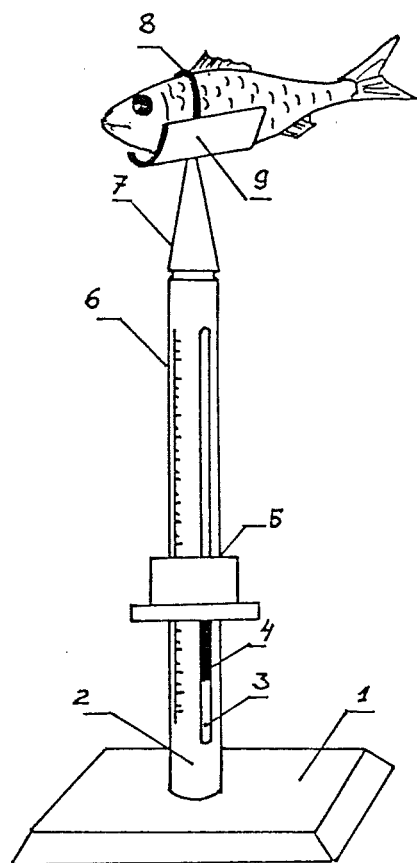


Рис. 6 Устройство для измерения
периметра рыб при постоян-
ной нагрузке.

1 - станина, 2 - стойка, 3 - направ-
ляющий паз, 4 - груз, 5 - визир, 6 -
шкала, 7 - регулятор "0", 8 - нейло-
новая жилка, 9 - подставка для рыбы.

List of Tables

Table 1. Construction of net.

Table 2. Biometric indicators and data from overall biological analysis.

Table 3. Data from biological analysis of live and dead fish (after trawling).

Table 4. Net mesh measurements.

List of Figures

Fig. 1. Design of liner: outer (I) and inner (II) sections; cylindrical (III) and conical (IV) parts of net.

Fig. 2. General appearance of liner: 1 and 5 - outer and inner sections of liner; 2 - cod-line; 3-4 - cylindrical and conical parts of trawl net; 6 - selvedge with ring for changing codend; 7 - net floats; 8 - safety catch; 9 - safety force belts.

Fig. 3. Detachable semi-rigid container: 1 - lid; 2 - container; 3 - net floats; 4 - weights; 5 - hoop; 6 - pursing ring; 7 - trawl codend; 8 - connecting loops.

Fig. 4. Diagram showing attachment of container to trawl codend: 1 - container; 2 - trawl codend; 3 - pursing ring; 4 - net float; 5 - stop-rope; 6 and 7 - connecting rings and loops; 8 - front-end halyard; 9 and 10 - rings for pursing ring and for fixing connecting loops.

Fig. 5. Instrument for measuring mesh - gauge.

Fig. 6. Device for measuring fish circumference at fixed load: 1 - housing; 2 - stand; 3 - guide-slot; 4 - weight; 5 - cursor; 6 - scale; 7 - zero adjuster; 8 - nylon wire; 9 - holder for placing fish.

Liste des Tableaux

Tableau 1. Construction du filet

Tableau 2. Indicateurs biométriques et données provenant de l'analyse biologique globale.

Tableau 3. Données provenant de l'analyse biologique des poissons vivants et morts (après le chalutage).

Tableau 4. Mesures des mailles du filet.

Liste des figures

Figure 1. Design du voile : sections externes (I) et interne (II); parties cylindrique (III) et conique (IV) du filet.

Figure 2. Aspect général du voile : 1 et 5 - sections externe et interne du voile; 2 - ligne de chalut; 3-4 - parties cylindrique et conique du chalut; 6 - lisière avec anneaux pour changer le cul de chalut; 7 - balises du filet; 8 - ardillon de sécurité; 9 - courroies de sécurité.

Figure 3. Récipient semi-rigide détachable : 1 - couvercle; 2 - récipient; 3 - balises du filet; 4 - poids; 5 - cerceau; 6 - collier de bourse; 7 - cul de chalut; 8 - boucles de connexion.

Figure 4. Diagramme montrant la fixation du récipient au cul de chalut : 1 - récipient; 2 - cul de chalut; 3 - anneau de la bourse; 4 - balise du filet; 5 - stoppeur; 6 et 7 - anneaux et boucles de connexion; 8 - drisse de devant; 9 et 10 - anneaux destinés au collier de bourse et aux boucles de connexion.

- Figure 5. Instrument de mesure des mailles - jauge.
- Figure 6. Appareil destiné à mesurer la circonférence des poissons à charge fixe : 1 - base; 2 - support; 3 - fente du guide; 4 - poids; 5 - curseur; 6 - échelle graduée; 7 - ajusteur à zéro; 8 - fil de nylon; 9 - support destiné à recevoir le poisson.

Lista de Tablas

- Tabla 1 Construcción de la red.
- Tabla 2 Indicadores biométricos y datos de análisis biológicos totales.
- Tabla 3 Datos de análisis biológicos de peces vivos y muertos (después del arrastre).
- Tabla 4 Mediciones de mallas de las redes.

Lista de Figuras

- Fig. 1 Diseño del forro: secciones exterior (I) e interior (II); partes cilíndrica (III) y cónica (IV) de la red.
- Fig. 2 Aspecto general del forro: 1 y 5 - secciones exterior e interior del forro; 2 - línea de la corona de la red de arrastre; 3-4 - partes cilíndrica y cónica de la red de arrastre; 6 - borde de la red con anillo para cambiar la corona; 7 flotadores de la red; 8 - pasador de seguridad; 9 - correas de fuerza de seguridad.
- Fig. 3 Recipiente semirígido desmontable: 1 - tapa; 2 - recipiente; 3 - flotadores de la red; 4 - pesas; 5 - aro; 6 - anillo del morral; 7 - corona de la red de arrastre; 8 - argollas de enlace.

Fig. 4 Diagrama mostrando la fijación del recipiente a la corona de la red de arrastre: 1 - recipiente; 2 - corona de la red de arrastre; 3 - anillo del morral; 4 - flotador de la red; 5 - cuerda de contención; 6 y 7 - argollas y anillos de ensamble; 8 - driza frontal; 9 y 10 - anillos para el anillo de morral y para fijar las argollas de enlace.

Fig. 5 Instrumento para medir las mallas-calibrador.

Fig. 6 Dispositivo para medir la circunferencia de los peces a carga fija: 1 - base; 2 - soporte; 3 - ranura-guía; 4 - peso; 5 - cursor; 6 - escala graduada; 7 - ajustador de cero; 8 - alambre de nylon; 9 - soporte para depositar los peces.

Список таблиц

Таблица 1 Раскрой тралового мешка

Таблица 2 Биометрические показатели и данные общего биологического анализа

Таблица 3 Данные биологического анализа живых и погибших рыб (после траления)

Таблица 4 Замеры ячеи в мешке трала

Список рисунков

Рис. 1 Раскроечный чертеж рыбоуловителя: внешняя (I) и внутренняя (II) части, цилиндрическая (III) и конусная (IV) части мешка

Рис. 2 Общий вид рыбоуловителя: 1 и 5 - внешняя и внутренняя части рыбоуловителя, 2 - гайтян, 3-4 - цилиндрическая и конусная части тралового мешка, 6 - опушка с кольцом для смены кутка, 7 - кухтыли, 8 - защитное приспособление, 9 - страховочные силовые пояса

Рис. 3 Отцепной полужесткий контейнер: 1 - крышка, 2 - контейнер, 3 - кухтыли, 4 - грузы, 5 - обруч, 6 - стяжной трос, 7 - куток трала, 8 - соединительные петли

Рис. 4 Схема соединения контейнера с кутком трала: 1 - контейнер, 2 - куток трала, 3 - стяжной трос, 4 - кухтыль, 5 - фиксирующий конец, 6 и 7 - соединительные кольца и петли, 8 - фал передней кромки, 9 и 10 - кольца для стяжного кольца и для фиксации соединительных петель

Рис. 5 Прибор для измерения ячей - щуп

Рис. 6 Устройство для измерения периметра рыб при постоянной нагрузке: 1 - станина, 2 - стойка, 3 - направляющий паз, 4 - груз, 5 - визир, 6 - шкала, 7 - регулятор "0", 8 - нейлоновая жилка, 9 - подставка для рыбы

DETECTION AND QUANTITATIVE ESTIMATION OF KRILL CONCENTRATIONS BY
HYDROACOUSTIC INSTRUMENTS

K.I. Yudanov
(U.S.S.R.)

Abstract

The limited capabilities of existing hydroacoustic instruments in detecting dispersed and surface concentrations of krill lead to considerable underestimates of krill biomass in areas surveyed. The task of detecting surface concentrations of krill can be solved with the help of towed acoustic antennae. The practical possibility of detecting dispersed krill by hydroacoustic instruments was established on board the research vessel Odissey during the international expedition under the FIBEX program. It was shown that the hydroacoustic device Simrad SK-120, with TVG switched off, is capable of registering individual krill at a depth of 50 - 60 m while the vessel is in motion. According to theoretical calculations, the range of detection of individual specimens can be considerably increased at the expense of a rise in the acoustic power of emission.

* * * * *

DETECTION ET EVALUATION QUANTITATIVE DES CONCENTRATIONS DE KRILL A
L'AIDE D'APPAREILS HYDROACOUSTIQUES

K.I. Yudanov
(U.R.S.S.)

Résumé

Les performances des appareils hydroacoustiques utilisés actuellement pour la prospection des concentrations dispersées ou localisées près de la surface étant limitées, on aboutit à la sous-estimation importante de la biomasse du krill dans les régions étudiées. La détection des concentrations du krill près de la surface devient possible grâce à l'application des transducteurs remorqués. L'expédition internationale réalisée dans le cadre du programme FIBEX a démontré la possibilité réelle de la détection du krill dispersé à l'aide des appareils hydroacoustiques sur le navire de recherche Odyssée. On a établi que le sonar SK-120 Simrads peut enregistrer les spécimens isolés, le bateau étant en marche et le TVG hors service, jusqu'à la profondeur de

50 à 60 m. Selon les calculs théoriques, la portée de détection du krill isolé pourrait être considérablement augmentée grâce à l'élévation de la puissance acoustique.

* * * * *

DETECCION Y ESTIMACION CUANTITATIVA DE LAS CONCENTRACIONES DE KRILL POR MEDIO DE INSTRUMENTOS HIDROACUSTICOS

K.I.Yudanov
(U.R.S.S.)

Resumen

Las capacidades limitadas de los instrumentos hidroacústicos existentes en la detección de concentraciones de krill dispersas y de superficie conducen a subestimaciones considerables de la biomasa del krill en las áreas prospeccionadas. La labor de detectar las concentraciones superficiales de krill puede ser resuelta con la ayuda de antenas acústicas remolcadas. La posibilidad práctica de detectar el krill disperso por medio de instrumentos hidroacústicos fue establecida a bordo de la embarcación de investigación Odissey durante la expedición internacional que se realizara bajo del programa FIBEX. Se demostró que el aparato hidroacústico Simrad SK-120, con el TGV desconectado, tiene la capacidad de registrar krill individual a una profundidad de 50-60 m mientras que la embarcación se encuentra en movimiento. Según cálculos teóricos, el radio de detección de especímenes individuales puede ser aumentado considerablemente a expensas de un aumento en el poder acústico de emisión.

* * * * *

ОБНАРУЖЕНИЕ И КОЛИЧЕСТВЕННАЯ ОЦЕНКА КОНЦЕНТРАЦИЙ КРИЛЯ ГИДРОАКУСТИЧЕСКОЙ АППАРАТУРОЙ

К.И.Юданов
(СССР)

Резюме

Ограничение возможностей существующей гидроакустической аппаратуры при обнаружении рассеянных и поверхностных концентраций криля приводят к значительной недооценке биомассы криля в обследуемых районах. Задача обнаружения поверхностных концентраций криля

может быть решена с помощью буксируемых акустических антенн. Практическая возможность обнаружения рассеянных концентраций криля гидроакустической аппаратурой была установлена на борту научно-исследовательского судна "Одиссей" во время международной экспедиции, проводившейся в рамках программы ФАЙБЕКС. Было доказано, что гидроакустический прибор "Симрад СК-120" с отключенным УВР способен регистрировать отдельные особи криля на глубине в 50-60 м, пока судно находится в движении. Согласно теоретическим расчетам зона обнаружения отдельных особей может быть значительно увеличена за счет повышения мощности акустического излучения.

* * * * *

DETECTION AND QUANTITATIVE ESTIMATION OF KRILL
CONCENTRATIONS BY HYDROACOUSTIC INSTRUMENTS

Experience in using fish-finding hydroacoustic instruments for krill fishing in the Antarctic has indicated that the potential of these instruments for detecting commercial concentrations of krill and providing quantitative estimates of krill abundance is affected to a large extent by peculiarities in the distribution patterns of krill.

Investigations over many years have proved that krill disperses extremely non-uniformly over vast areas in the Antarctic (of an order of ten million square miles) and only forms commercial concentrations in comparatively small areas. Areas favourable for krill concentrations are characterized by whirlpools and eddies, with certain oxygen, silicon, phosphorus concentrations and other hydrological conditions. Such commercially significant areas are known in many regions of the Antarctic ocean. Due to the changeability of the environmental conditions the pattern of distribution of krill in these areas can differ between different years and seasons. In the same area at different times, krill can form large concentrations in small areas, dispersed concentrations in large areas, or be absent.

Depending on the oceanographic conditions and the biological stage, krill can stay near the surface in aggregations or groups of both large and small concentrations, or be dispersed. The size of aggregations can vary from a few to tens of meters. The width of concentrations is usually hundreds of meters. Sometimes concentrations spread over several miles and can be registered as one or a number of layers at different depths. Concentrations can vary from tens to hundreds of meters in width or more. The density of aggregations and concentrations can vary from individual specimens to thousands of specimens per cubic meter.

The depth distribution of krill is determined to a considerable extent by diurnal vertical migrations which mainly depend on light conditions. During daylight hours, krill usually stay in the middle region of the water column in groups or aggregations up to 100 m wide, sometimes up to 250 m or more. With the onset of darkness, the groups and aggregations usually come closer to the surface and disperse. However, in some areas in different seasons the pattern of krill migration can be different.

At certain times of the year, krill aggregations stay close to the surface during daylight hours. Such aggregations can be observed visually from on board ship in the shape of spots of different form and colour. The size of the spots can range from a few to hundreds of square meters. The density of surface aggregations of krill sometimes reaches tens of thousands of specimens per cubic meter. In stormy weather, surface aggregations of krill descend to deep waters, breaking into smaller aggregations and gradually dispersing.

The extremely non-uniform distribution of krill concentrations in the Antarctic ocean, coupled with the considerable instability of the concentrations and the bad weather conditions greatly impede the location of commercial concentrations and the quantitative estimation of krill abundance by hydroacoustic methods.

Experience from scouting vessel expeditions shows that the efficiency of the hydroacoustic instruments in detecting krill greatly depends on transmitter frequency. Thus, echo sounders operating at comparatively low frequencies (20-30 kHz) are much less sensitive in registering krill concentrations than sounders operating at high frequencies, e.g. 120 kHz. Records of krill concentrations by low frequency echo sounders are often indistinct, especially when the density of the krill is low, since it becomes difficult to determine the depth and vertical spread of the concentration. With the use of high-frequency echo sounders, krill concentrations are always registered distinctly and with good contrast on the echogram, and patches of different densities are well-distinguished.

It is already clear that the operating frequencies of echo sounders for krill detection should be above 50 kHz. The same is true for the operating frequencies of sonars and net sondes. However, in order to calculate the optimal operating frequencies with sufficient accuracy, it is necessary to have data on the target strength of krill and on sound attenuation in surface layers of the ocean at different frequencies.

As follows from theory, the acoustic reflectance of krill must depend strongly on frequency, especially at comparatively low frequencies (20-40 kHz). This is consistent with experimental observations ¹⁾ in fresh water shrimp which resemble krill in form and structure. Figure 1 shows the frequency dependence of the acoustic cross-section (σ) of shrimp calculated in relation to a mean length of 4.5 cm. As can be seen from the graph, the increase in frequency from 35 kHz to 250 kHz results in an almost two fold increase of σ . At frequencies of about 50 kHz, σ becomes strongly dependent on frequency. In the frequency range from 50 to 150 kHz, this dependence becomes smoother, and on further increasing frequency, σ again increases. It is very likely that the frequency dependence of krill is similar. However, in order to be sure of this, it is necessary to carry out further investigations.

It is also necessary to undertake a detailed study of sound attenuation in the surface layers of the ocean. Early experiments in the sea have shown that sound attenuation in the surface layer is greatly influenced by the concentration of air bubbles that form under the bottom of the vessel as a result of motion and rough seas. ²⁾ At high frequencies, sound attenuation can be an order of magnitude lower than at low frequencies. Unfortunately, information on sound attenuation in surface layers is very scarce. It is necessary to undertake further investigations to obtain information on the frequency dependence of sound attenuation under different weather conditions and for different speeds and different types of vessels.

In considering the potential of hydroacoustic instruments for locating krill, it is important to realize the importance of solving the problem of detecting surface krill concentrations, which at certain times of the year are fairly common in some areas. As we already know,

concentrations near the surface are rather difficult to detect with the existing hydroacoustic instruments and although such concentrations can be located visually, the method is inefficient. According to preliminary findings, the problem of locating surface concentrations of krill can be solved with the help of towed acoustic antennae operating upwards.

The application of towed systems is especially expedient in searching and echo-sounder surveys. The towing of antennae operating up- and downwards will make it possible to detect krill concentrations both near the surface and at depths. In addition, the towing of antennae beneath the disturbed surface layer of water must improve the operation of the hydroacoustic instrument during bad weather because of the reduction in the effects of water aeration and tossing. Another considerable advantage of towed antennae is their ease of calibration in the sea - an especially important feature for echo-surveys.

As has been mentioned above, krill are often dispersed at night and can scarcely be registered by hydroacoustic instruments, if at all. That is why the results of scouting and echo-sounder surveying performed at different times in the one location often differ considerably. Krill abundance measured in the day-time is frequently ten-fold and even a hundred-fold higher than at night when the krill are dispersed.

Control trawling and underwater observations show that fields of dispersed krill not registered hydroacoustically can occur in the day-time at depths of 200 m and more. Thus, to ensure effective scouting and echo-sounder surveying, it is very important that the hydroacoustic instruments should be capable of registering very dispersed krill, even individual specimens. It is desirable that the range of detection for an individual krill should be extended to the limit possible with the existing technical facilities.

Preliminary investigations show that detection of individual krill specimens by hydroacoustic instruments is quite possible. When making hydroacoustic investigations under the FIBEX program on board the research vessel Odissey we managed to detect krill specimens at shallow depths with

the help of a Simrad echo sounder SK-120. Using the vertical location mode with maximum sensitivity and TVG switched off, this instrument distinctly registered individual krill specimens at 9 knots at depths up to 50-60 m and sometimes up to 70-80 m (Figure 2).

Tentative calculations of the limit range of detection of an individual krill ($r_{\max}$) can be made by the following formula :

$$r_{\max} \cdot 10^{0.2 \beta r_{\max}} = \frac{P_{ac} \cdot \gamma \cdot \sigma}{(4)^2 J_{\max}} \quad (1)$$

where P_{ac} = acoustic power, Wt ;

γ = transducer axis concentration ;

σ = individual krill acoustic section, m^2 ;

β = space acoustic attenuation, db/m ;

$J_{\max}$ = threshold intensity of echo signals on antenna, Wt/m^2

As follows from the above formula, an increase in the range of action of a hydroacoustic instrument can be reached at the expense of a rise in the transmitted acoustic power, transducer axis concentration and sensitivity of the instrument in reception. However, the concentration coefficient is limited by the admissible transducer directivity while sensitivity in reception is limited by the level of acoustic and electric disturbance. Also, the threshold acoustic power is limited by cavitation and can be determined from the correlation

$$P_{ac} = P_{spec} \cdot S \quad (2)$$

where P_{spec} = specific acoustic power limited by cavitation threshold, Wt/cm^2

S = active area of transmitting antenna.

In reference to the acoustic antenna of echo sounders SK-120 or EK-120 (operation frequency = 120 kHz, antenna active area $S = 314 \text{ cm}^2$, directivity angle $\theta = 4^\circ$, concentration coefficient $\gamma = 2500$) submerged to

5 m (draught) and the length of transmitted pulses less than 1 msec., specific power can be accepted as $15-20 \text{ Wt/cm}^2$. In this case, as follows from formula (2), threshold acoustic power can be greater than 4.5 kWt.

Assuming that such a value of acoustic power is possible for a fish-finding hydroacoustic instrument [the main characteristics of which are close to those of SK-120 or EK-120 and conditions of registration of echo signals the same as aboard the Odissey ($J_{\min} = 10^{-10} \text{ Wt/m}^2$ with the speed of the vessel 8-10 knots and the roughness of the sea up to force 4)], we can calculate the range of detection of an individual krill 4.5 cm long ($\sigma = 5 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2$).⁴⁾ By substituting $P_{\text{ac}} = 4500 \text{ Wt}$, $\gamma = 2500$, $\sigma = 5 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2$, $J_{\min} = 10^{-10} \text{ Wt/m}^2$ and $\beta = 0.03 \text{ db/m}$ in formula (1) we obtain $r_{\max} = 120 \text{ m}$.

As can be seen from the above tentative calculation, an increase in acoustic power in a high frequency echo sounder with the use of a narrow beam acoustic antenna makes it possible to considerably increase the range of detection of krill. However, expanding the range of detection by raising the acoustic axis concentration has a limit. Excessive narrowing of directivity may have a detrimental effect on the detection of dispersed krill.

As follows from our investigations⁵⁾ for detecting individual specimens with a low level of disturbance, the echo sounder directivity angle in the horizontal plane must be :

$$\theta \gg \frac{V_{\text{vess}}}{r \cdot f_{\text{imp}}} \quad (3)$$

where V_{vess} = vessel speed, m/min. ;

r = depth of registration of the item, m ;

f_{imp} = transmission repetition frequency, imp/min.

This condition ensures reliable reception and registration by the recorder and integrator of no less than one echo signal from an individual krill. As an example, we have calculated by formula (3) directivity angles required for detecting an individual krill at different depths with the echo sounder operating in the range of 125 m ($f_{imp} = 96$ imp/min) and 250 m ($f_{imp} = 48$ imp/min). The vessel speed was assumed to be 10 knots ($V_{vess} = 308.7$ m/min). The graph obtained from the results of these calculations is shown in Figure 3.

As follows from the graph, the detection of krill at shallow depths requires rather wide directivity angles of the transducer. They would be especially large with the use of small-scale ranges. Therefore when operating with a narrow beam antenna echo sounder there may be blanks in the registration of krill at shallow depths. In a rough sea, these blanks become more frequent. This impedes detection of dispersed krill and decreases the reliability of the estimation of their density by integrator readings. This situation can be partially reversed when monitoring dispersed krill at shallow depths by using a comparatively wide beam antenna and the large scale range of the recorder.

Blanks in registration and errors in determining density and abundance of dispersed krill can be removed if the operation is performed at a low speed or with the vessel adrift. In such cases, the range of action of the hydroacoustic instrument becomes uninterrupted and the recorder and integrator register all the krill along the course of the vessel. By making control measurements of density at a low speed or with the vessel adrift and by comparing them with the measurements made at full speed, it is possible to introduce certain corrections into the calculations of density and abundance of dispersed krill from the echo sounders.

In summary, we can see that the limited capabilities of the existing hydroacoustic instruments in detecting dispersed and surface concentrations of krill may lead to considerable underestimates of krill biomass in the areas surveyed. In order to ensure accurate estimation of dispersed krill and presurface concentrations it is necessary to further improve echo-sounder survey techniques.

Of equal importance is the development of the theoretical methods for estimating biomass, and in particular for verifying the principles governing sound scattering in dense concentrations. So far we do not know the limits of application of Rayleigh's principles concerning scattering which underlie the formula for determining the density of krill concentrations registered by hydroacoustic instruments.

Our theoretical investigations ^{6,7)} show that with the use of high frequency narrow beam hydroacoustic instruments, considerable interference in Rayleigh's relationships due to coherent and multiple scattering should be expected only in very high density krill concentrations in the order of thousands of specimens per cubic meter. It is clear that only experimental investigations can reveal the real importance of coherent and multiple scattering and acoustic attenuation for dense krill concentrations and introduce the required alterations in the formula for calculating their density. The preliminary experiments show that such work can apparently be done on experimentally caged krill concentrations.

References (Russian)

1. Samovolkin V.G. Acoustic back scattering by shrimp.
Okeanologia, v.10, 1980, issue 6.
2. Yudanov K.I. Echo signal attenuation in the surface water
layer. Rybnoje hozajstvo, 1971, No. 5.
3. Stashkevich A.P. Sea acoustics. Sudostroenie Publishing House,
Leningrad, 1966.
4. Protaschuk V.A. Determination of Antarctic krill acoustic back
Lukashova T.A. scattering cross section. Report to Bergen
symposium on quantitative estimation of sea
biomass, 1982.
5. Yudanov K.I. Reasonable choice of transducer directivity
characteristics of fish-finding instruments.
Rybnoje hozajstvo, 1974, No. 7.
6. Yudanov K.I. On coherent sound scattering by fish
concentrations. Rybnoje hozajstvo, 1974
No. 5.
7. Yudanov K.I. On multiple sound scattering in fish
concentrations. Rybnoje hozajstvo, 1979,
No. 5.

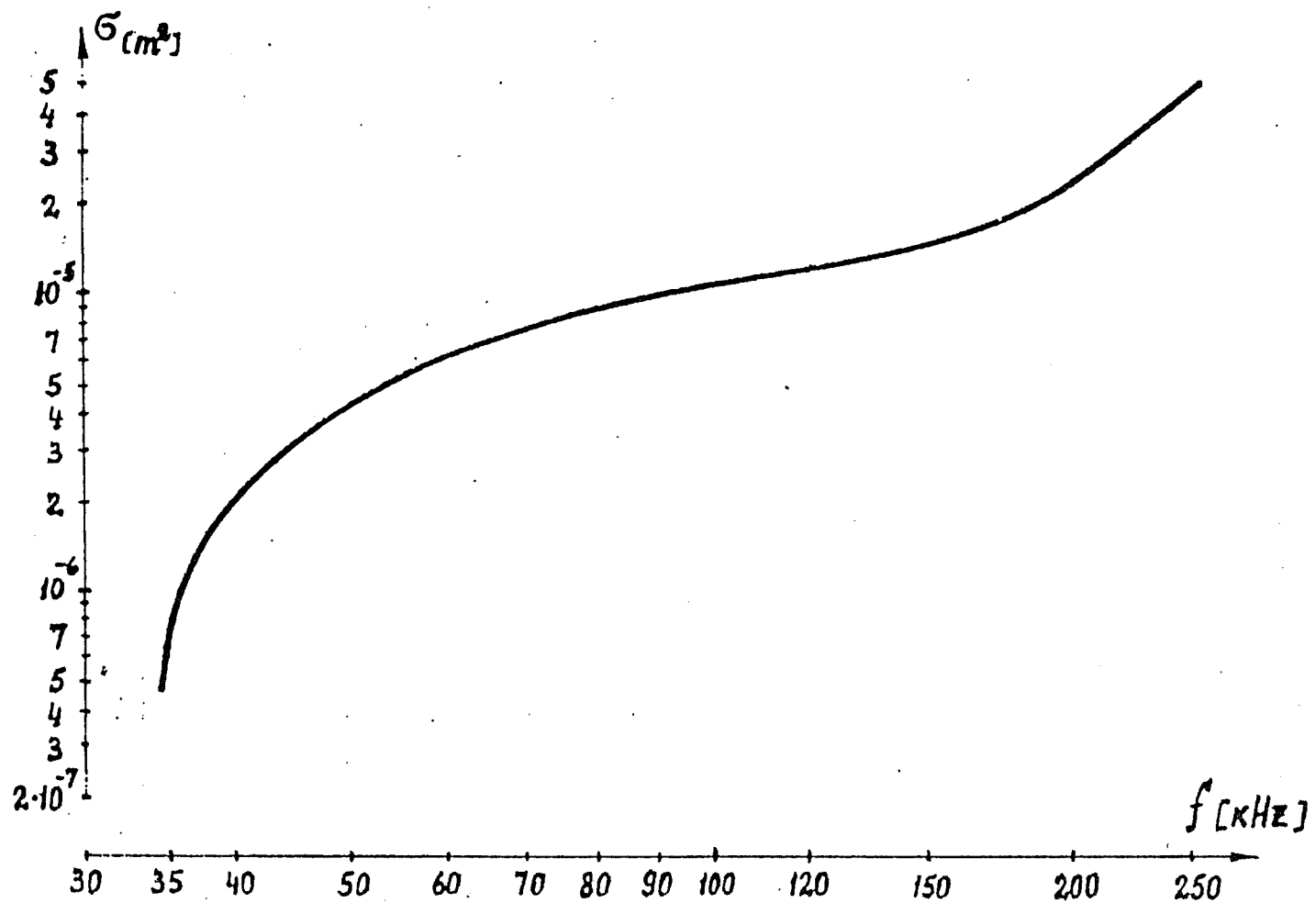


Figure 1

Dependence of freshwater shrimp acoustic section on frequency (shrimp length - 4.5 cm).

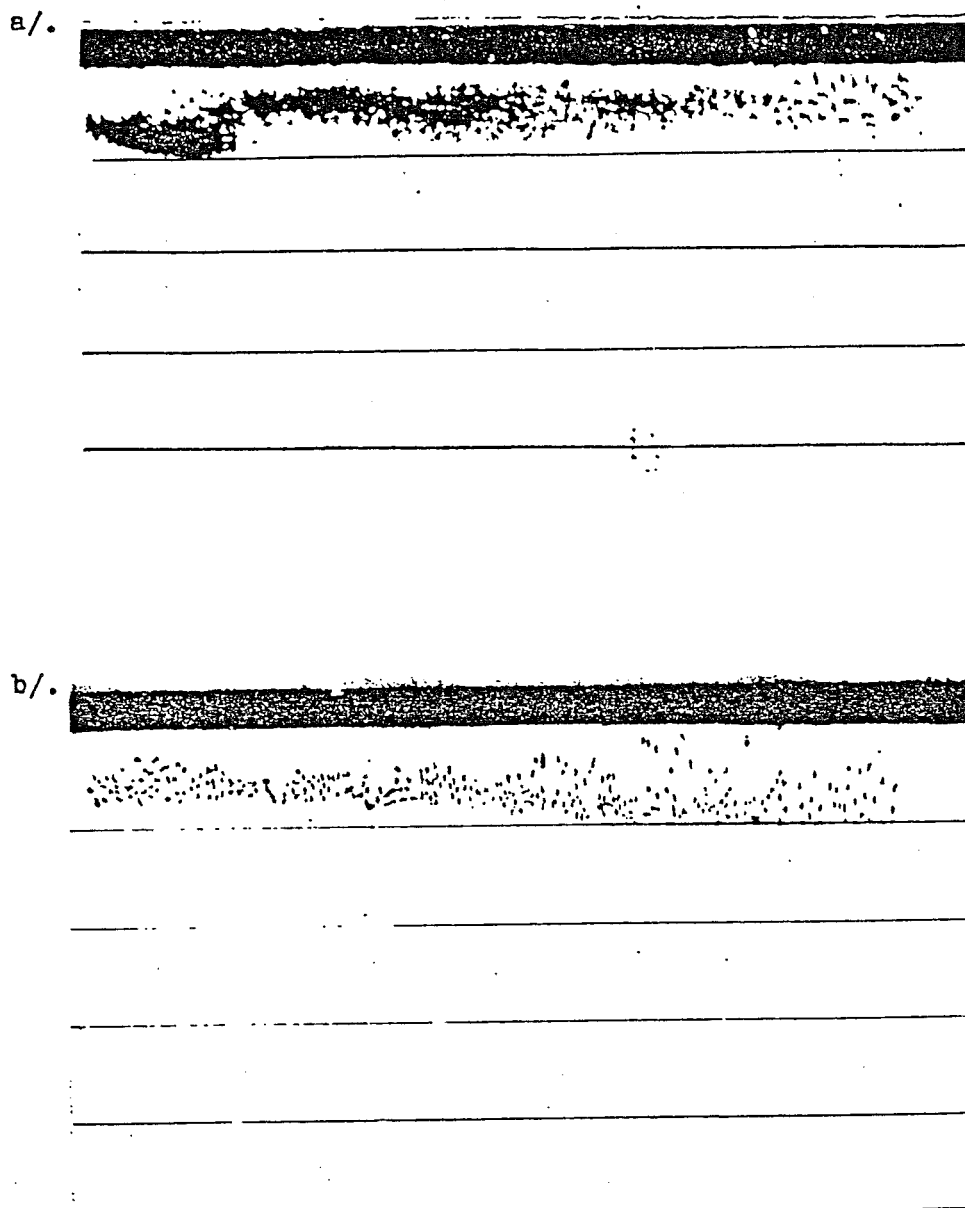


Figure 2

Echo gram of dispersed krill by SK-120

a) at low speed of the vessel

b) at a speed of 9 knots

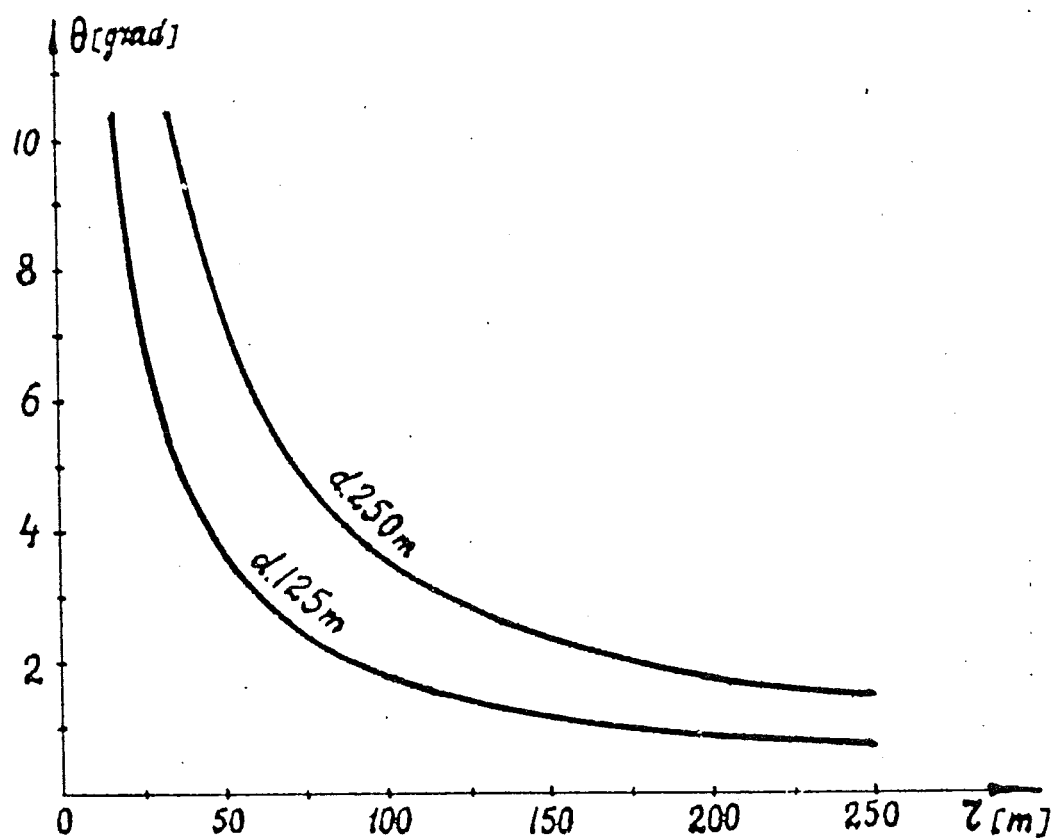


Figure 3

Dependence of the depth of detection of individual krill for different ranges of the recorder on transducer threshold directivity angle.

List of Figures

- Figure 1 Dependence of freshwater shrimp acoustic section on frequency (shrimp length - 4.5 cm).
- Figure 2 Echo gram of dispersed krill by SK-120
 a) at low speed of the vessel
 b) at a speed of 9 knots
- Figure 3 Dependence of the depth of detection of individual krill for different ranges of the recorder on transducer threshold directivity angle.

Liste des Figures

- Figure 1 Dépendance de la section acoustique des crevettes d'eau douce sur la fréquence (longueur de la crevette - 4,5 cm).
- Figure 2 Echogramme du krill dispersé par SK-120
 a) à vitesse lente du navire
 b) à une vitesse de 9 noeuds
- Figure 3 Dépendance de la profondeur de détection de krill individuel pour différentes gammes de l'enregistreur sur le seuil d'angle de directivité du transducteur.

Lista de Ilustraciones

- Ilustración 1 Dependencia de la sección acústica de los camarones de agua fresca en la frecuencia (tamaño del camarón - 4.5 cm).
- Ilustración 2 Ecograma del krill disperso por medio de SK-120
a) con la embarcación a baja velocidad
b) a una velocidad de 9 nudos
- Ilustración 3 Dependencia de la profundidad de detección de krill individual para diferentes gamas del registro en el umbral direccional del ángulo del transductor.

Список рисунков

- Рисунок 1 Зависимость сечения акустического сигнала, отраженного бокоплавом, от частоты волны (длина бокоплава - 4,5 см).
- Рисунок 2 Эхограмма рассеянного криля, полученная "СК-120"
а) при малой скорости судна,
б) при скорости в 9 узлов.
- Рисунок 3 Зависимость глубины обнаружения одиночного криля от угла пороговой направленности преобразователя для различных диапазонов записывающего устройства.

DETERMINATION OF ANTARCTIC KRILL ACOUSTIC BACK-SCATTERING CROSS-SECTION

V.A. Protaschuk and T.A. Lukashova
(U.S.S.R.)

Abstract

When determining the density krill of concentrations it is necessary to know the acoustic cross-section of back-scattering of krill. The target strength can be determined in situ by measuring the echo signal from one specimen resolved by the hydroacoustic instrument. By calculating the mean level of the directivity diagramme of the antenna and the mean level of the standardized echo signal, it is possible to determine the acoustic cross-section of the back-scattering of krill. By experiments, the authors have obtained the dependence of the acoustic section of back-scattering of krill on its length at a frequency of 120 kHz.

* * * * *

DETERMINATION DE LA SECTION ACOUSTIQUE DIFFUSANTE INVERSE DU KRILL ANTARCTIQUE

V.A. Protaschuk et T.A. Lukashova
(U.R.S.S.)

Résumé

Lorsque l'on veut déterminer la densité des concentrations du krill, il est nécessaire d'en connaître la section acoustique diffusante inverse. Avec l'enregistrement résolvant du krill, la force de la cible peut être déterminée in situ par la mesure de l'échosignal d'un spécimen isolé. Ayant calculé le niveau moyen de diagramme de directivité du transducteur et d'échosignal normalisé on peut définir la section acoustique diffusante inverse du krill. Le rapport entre cette dernière et la taille du krill est établi expérimentalement sur la fréquence de 120 kHz.

* * * * *

DETERMINACION DEL CORTE TRANSVERSAL ACUSTICO DE RETRODISPERSION DEL
KRILL ANTARTICO

V.A. Protaschuk y T.A. Lukashova
(U.R.S.S.)

Resumen

Al determinar la densidad de krill en las concentraciones es necesario conocer el corte transversal acústico de retrodispersión de krill. La fuerza objetivo se puede determinar en el lugar midiendo la señal de eco de un espécimen señalada por el instrumento hidroacústico. Es posible determinar el corte transversal acústico de retrodispersión de krill calculando el nivel medio del diagrama de directividad de la antena y el nivel medio de la señal uniforme de eco. Por medio de experimentos, los autores han obtenido la dependencia del corte transversal acústico de retrodispersión de krill con respecto a su tamaño a una frecuencia de 120 kHz.

* * * * *

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СЕЧЕНИЯ ОБРАТНОГО РАССЕЯНИЯ АКУСТИЧЕСКОГО СИГНАЛА,
ОТРАЖЕННОГО АНТАРКТИЧЕСКИМ КРИЛЕМ

В.А.Проташук и Т.А.Лукашова
(СССР)

Резюме

При определении плотности концентраций криля необходимо знать сечение обратного рассеяния акустического сигнала, отраженного крилем. Сила цели может быть определена in situ путем измерения интенсивности сигнала, отраженного одной особью и разрешенного гидроакустическим прибором. Высчитав средний уровень диаграммы направленности антенны и средний уровень стандартизированной интенсивности сигнала, можно определить сечение обратного рассеяния акустического сигнала, отраженного крилем. С помощью экспериментов авторами была определена зависимость сечения обратного рассеяния акустического сигнала, отраженного крилем, от его длины при частоте в 120 кГц.

* * * * *

DETERMINATION OF ANTARCTIC KRILL ACOUSTIC
BACK-SCATTERING CROSS-SECTION

by V.A. Protaschuk and T.A. Lukashova

All-Union Research Institute of Marine
Fisheries and Oceanography (VNIRO)

17a Verkhnyaya Krasnoselskaya,
Moscow-B-140, USSR

When estimating biomass of marine organisms by the hydroacoustic method, it is necessary to know the mean acoustical cross-section of back-scattering from an individual object (σ_0). It is possible to determine σ_0 in situ by measuring the echo signal from an individual specimen resolved by a hydroacoustic instrument.

The echo signal from an individual object is equal to

$$U^2 = \frac{p^2 \cdot x^2 \cdot \mu^2 \cdot G^4(\theta, \rho) \cdot \sigma_0}{r^4 \cdot 10^{0.2\beta \cdot r}} \quad (V^2) \quad (1)$$

where p = acoustic pressure on antenna axis reduced to 1 m distance, Pa

x = antenna sensitivity in reception, V/Pa

μ = amplification of the receiver

$G(\theta, \rho)$ = directivity function

r = distance to the object, m

β = space attenuation of sound, dB/m

σ_0 = acoustic cross section of back-scattering from individual object on axis, m^2 .

By excluding the dependence of the echo signal on the acoustic and electric parameters of the echo sounder and on the distance to the target its standardized value is determined

$$b = \frac{U^2 \cdot r^4 \cdot 10^{0.2\beta \cdot r}}{p^2 \cdot x^2 \cdot \mu^2} = G^4(\theta, \rho) \cdot \sigma_0 \quad (m^2) \quad (2)$$

The directivity effect is a random value which is dependent on the location of the individual specimen about the acoustic axis. Value σ_0 is also a random value and is dependent on many factors : the size of the biological object, its physiological state, aspect of insonification, etc. Consequently, the standardized echo signal is the product of two random values. Due to the statistical independence of random values,

$$\bar{b} = \bar{G}^4 \cdot \bar{\sigma}_0 \quad (3)$$

where $\bar{\sigma}_0$ = mean acoustic back-scattering section for the given concentration

$\bar{G}^4(\theta, \rho)$ = mean level of directivity diagram corresponding to the range of operation of the echo sounder for σ_0 .

$\bar{b}$ = mean value of the standardized echo signal.

Knowing $\bar{G}^4$ and $\bar{b}$, it is possible to determine the mean value of the acoustic back-scattering of an individual object of the given concentration :

$$\bar{\sigma}_0 = \bar{b} / \bar{G}^4(\theta, \rho) \quad (4)$$

Using the methods suggested by Lozow (1979), the mean level of directivity for a narrow-directional antenna is determined by expression

$$\bar{G}^4 = \frac{1 - \frac{1}{2} \left(\frac{\pi d}{\lambda} \right)^2 \cdot \theta_m^2}{\frac{1}{2} \left(\frac{\pi d}{\lambda} \right)^2 \cdot \theta_m^2} \quad (5)$$

where θ_m = maximum detection angle, rad

d = diameter of transducer, m

λ = wave length, m.

With $\frac{\pi d}{\lambda} \sin \theta_m \leq 2.5$ the maximum detection angle

$$\theta_m = \frac{\ln G^4_{\min}}{\frac{1}{2} \left(\frac{\pi d}{\lambda} \right)^2} \quad (6)$$

by substituting (6) into (5) we obtain

$$\bar{G}^4 = \frac{G^4_{\min}^{-1}}{\ln G^4_{\min}} \quad (7)$$

This method was used in determining the acoustic section of Antarctic krill back-scattering.

Assuming that the greatest value of the standardized echo signal corresponds to the largest krill specimen on the antenna axis and the least value to the mean-size krill on the minimal level of the directivity diagram we obtain

$$G_{\min}^4 = \frac{\sigma_{\max}}{\bar{\sigma}_0} \left/ \frac{b_{\max}}{b_{\min}} \right. \quad (8)$$

Measurements for a number of shrimp species (Sofoulis, 1978 and Samovolkin, 1981) established the dependence of acoustic back-scattering on the length :

$$\sigma_0 = aL_k^2 \quad \text{with } L_k \geq \lambda \quad (9)$$

where L_k = object length
 λ = wave length

Assuming in our investigations a similar dependence, the minimal level of the directivity diagram can be determined as

$$G_{\min}^4 = \frac{L_{k \max}^2}{\bar{L}_k^2} \cdot \frac{b_{\max}}{b_{\min}} \quad (10)$$

By substituting (7) in (10) and (4) in (7) we obtain the expression for determining the mean value of acoustic back-scattering for an individual krill for the given concentration :

$$\bar{\sigma}_0 = \bar{\ell} \cdot \frac{\ln \left(\frac{\frac{L_{k \max}^2}{\bar{L}_k^2} \left/ \frac{\ell_{\max}}{\ell_{\min}} \right.}{\frac{L_{k \max}^2}{\bar{L}_k^2} \left/ \frac{\ell_{\max}}{\ell_{\min}} \right.} - 1 \right)}{\left(\frac{L_{k \max}^2}{\bar{L}_k^2} \left/ \frac{\ell_{\max}}{\ell_{\min}} \right. \right) - 1} \quad (11)$$

The value of the standardized echo signal and its mean value are determined on the basis of measuring amplitudes of echo signals from individual specimens and the distance. The mean and maximum length of krill are determined from data collected in sample trawls.

Measurements were made during the Antarctic expedition under the FIBEX programme on board the fisheries research vessel Odessey in January-March 1981. Simrad echo sounder SK-120 (Norway) was used in the following mode of operation :

transducer diameter 20 cm, power - 1/1, bandwidth :
wide band, impulse length 0.1 msec., amplification 0dB.

To increase the sensitivity and to reduce errors in measuring, the TVG of the echo sounder was switched off. As a result of acoustic and electric measurements, the following parameters of the echo sounder were determined : $p = 49 \cdot 10^3$ Pa/m, $\epsilon = 3.1 \cdot 10^{-3}$ v/Pa/m, $\mu = 20 \cdot 10^3$. The echo signal level was determined with the help of an osciograph which was engaged by an impulse from the output interval of Simrad echo integrator QM (Norway). The ratio signal/noise was not less than 3. To exclude the dependence of the maximum detection angle on the depth, standardized echo signals $\geq \frac{b_{\max}}{10}$ were used in calculations.

The attenuation coefficient was determined for conditions characteristic of the Antarctic during the period of operation (temperature 1°C , salinity $34^{\circ}/\text{oo}$) according to the methods described in the paper by Clay and Nedvin (1980), at a frequency of 120 khz and $\beta=0.035$ dB/m.

In order to determine the size composition of krill, sample tows were made using an Isaacs Kidd and RT/TM, 36.6 trawls.

Amplitudes of echo signals with the vessel adrift were measured for dispersed krill at dusk and night time. In all, five series of measurements were made. The results are given in Table 1.

Figure 1 shows the curve of dependence of acoustic back-scattering of an individual krill on its length.

The regression equation takes the following expression :

$$\sigma_o = 0.36 \cdot L_k^{1.93} \quad (\text{m}^2) \quad (12)$$

The closeness of the indices to 2 testifies to the validity of our assumption that σ_0 is related quadratically to the length. For the target strength of an individual krill, the following equation holds :

$$TS = 2.1 L_k - 72.3 \text{ (dB)} \quad (13)$$

with correlation coefficient $K = 0.96$

The Polish investigators measured the target strength of krill under laboratory conditions (Kalinovski et al 1979). At 159 kHz the target strength of formalinized krill was :

$$TS = 2.3 L_k - 72 \text{ (dB)} \quad (14)$$

So we and the Polish investigators have obtained target strength functions related to the length of krill with similar parameter values.

It is planned to continue measuring the acoustic back-scattering of krill at other frequencies.

REFERENCES

Clay C., and Medvin H. Acoustic oceanography principles and application.
Mir, Moscow, 1980 (Russian).

Kalinovski J., Kilian L. and Dyka A. Sile celu kryla. Promiary parametrow
tawic kryli i ryb. Studia i materialy Seria C.N. 43 MIR, Gdynia,
1979.

Lozow J.B. Transducer directivity : a simple calculation of its spatial
averages. Contribution to Soviet-American symposium in Boston
(USA), 1979. N20.

Samovolkin V.G. Back-scattering of ultrasound from fish and shrimp. VNIRO
Transactions. Voprosy promyslovoj gidroakustiki, in Legkaja i
pischevaja promyshlennost, Moscow, 1981 (Russian).

Sofoulis N.G. A study of acoustic strengths of small targets relevant to
the farming industry. M. App. Sc. thesis. Western Australian
Institute of Technology, 1978.

Table 1 : Results of measuring acoustic back-scattering from an individual krill according to echo signal value

No	Area	Standardized echo signal value			Krill Length					
		$\bar{b}$ $\times 10^{-6}$ (m^2)	b_{max} $\times 10^{-6}$ (m^2)	b_{min} $\times 10^{-6}$ (m^2)	L_k (cm)	Stand- ard devia- tion (cm)	L_{kmin} (cm)	L_{kmax} (cm)	$\bar{\sigma}_o$ $\times 10^{-6}$ (cm)	TS (dB)
1	Scotia Sea	2.87	8.5	0.8	4.57	0.77	3.40	5.80	6.4	-63.0
2	Scotia Sea	2.76	7.1	0.7	4.30	0.64	3.20	5.80	5.8	-63.4
3	Scotia Sea	3.45	11.5	1.1	4.61	0.75	3.60	6.00	7.5	-62.2
4	South Georgia	1.97	5.6	0.5	3.57	0.17	3.00	5.00	4.2	-64.7
5	Mordvinov's Island	3.38	11.7	1.1	4.88	0.44	3.20	5.80	7.9	-62.0

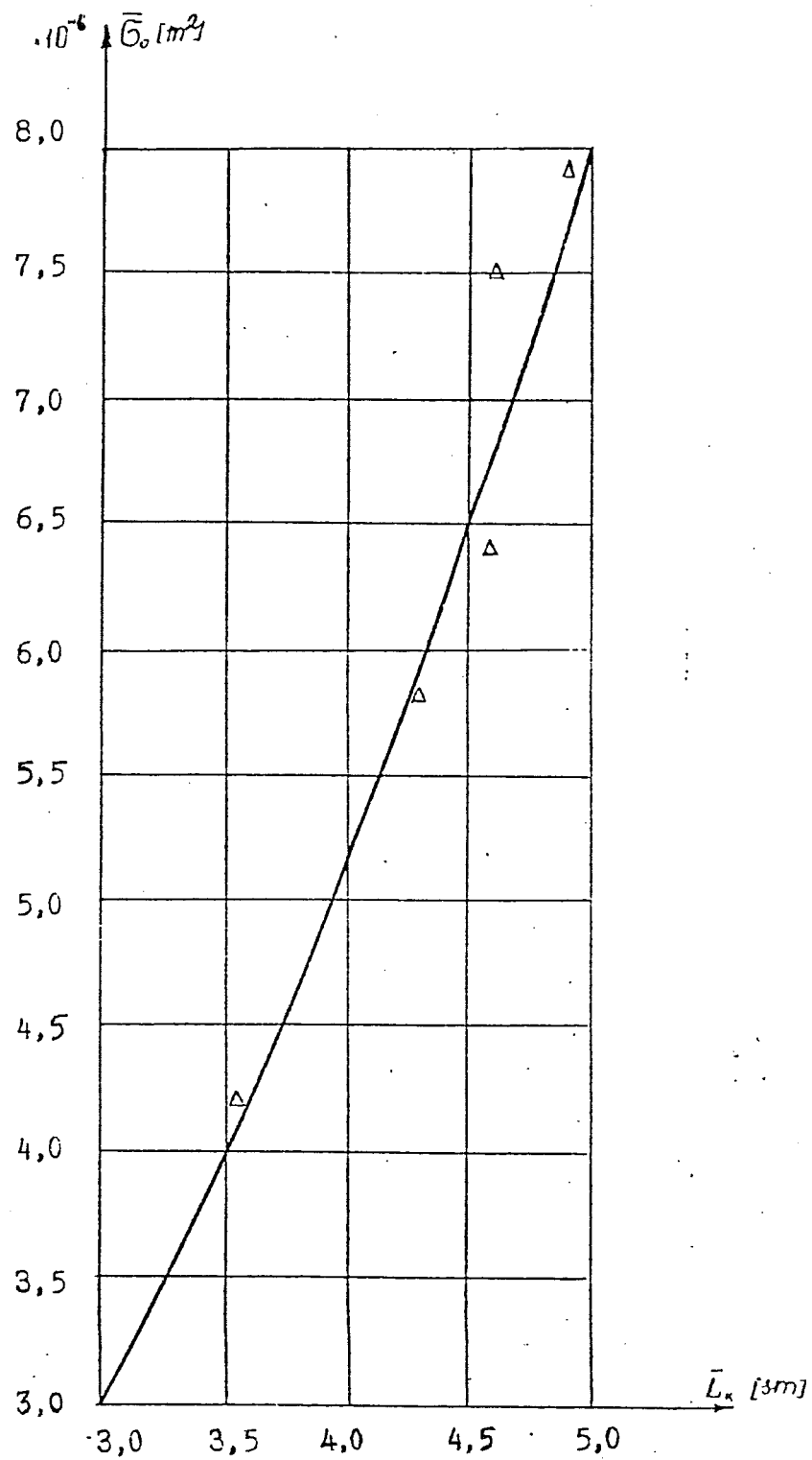


Figure 1 Dependence of acoustic back-scattering of krill on its length at 120 kHz.

List of Tables

Table 1 Results of measuring acoustic back-scattering from an individual krill according to echo signal value.

List of Figures

Figure 1 Dependence of acoustic back-scattering of krill on its length at 120 kHz.

Liste des Tableaux

Tableau 1 Résultats des mesures de la rétrodiffusion acoustique d'un krill individuel selon la valeur des écho-signaux.

Liste des Figures

Figure 1 Dépendance de la rétrodiffusion acoustique du krill à l'égard de sa longueur à 120 kHz.

Lista de Tablas

Tabla 1 Resultados de la medición de retrodispersión acústica de un krill individual de acuerdo con el valor de la señal de eco.

Lista de Figuras

Figura 1 Dependencia de la retrodispersión acústica del krill, en su longitud a 120 kHz.

Список таблиц

Таблица 1 Результаты измерения обратного рассеяния акустического сигнала, отраженного особью криля, по величине эхосигнала.

Список рисунков

Рисунок 1 Зависимость обратного рассеяния акустического сигнала, отраженного крилем, от длины особи криля при 120 кГц.

CHOOSING DISTANCE BETWEEN ACOUSTIC SURVEY TACKS

I.L. Kalikhman, Z.I. Kizner,
B.R. Zaripov, W.D. Tesler
(U.S.S.R.)

Abstract

A mathematical model was used to show that the distance between acoustic survey tracks can reasonably be selected on the basis of typical size of the surveyed region, allowable relative error in the biomass estimate, and the variation coefficient of the density values of the krill concentrations. It is recommended that the suggested criterion be applied in real hydroacoustic surveys.

* * * * *

CHOISIR LA DISTANCE ENTRE LES BORDEES D'ETUDE ACOUSTIQUE

I.L. Kalikhman, Z.I. Kizner,
B.R. Zaripov, W.D. Tesler
(U.R.S.S.)

Résumé

Un modèle mathématique a été utilisé pour démontrer que la distance entre les bordées d'étude acoustique peut être raisonnablement sélectionnée en se basant sur l'étendue type de la région à l'étude, sur l'erreur relative permmissible dans l'estimation de la biomasse et sur le coefficient de variation des valeurs de densité des concentrations de krill. Il est recommandé que le critère suggéré soit appliqué dans les études hydroacoustiques réelles.

* * * * *

SELECCION DE DISTANCIA ENTRE LOS CAMBIOS DE RUMBO DE LAS PROSPECCIONES ACUSTICAS

I.L. Kalikhman, Z.I. Kizner,
B.R. Zaripov, W.D. Tesler
(U.R.S.S.)

Resumen

Se utilizó un modelo matemático para demostrar que la distancia entre los cambios de rumbo de las prospecciones acústicas se pueden seleccionar razonablemente basándose en el tamaño típico en la región que se inspecciona, en el error

relativo admisible en el cálculo de la biomasa, y en el coeficiente de variación de los valores de densidad de las concentraciones de krill. Se recomienda que el criterio sugerido se aplique en las prospecciones hidroacústicas reales.

* * * * *

ВЫБОР РАССТОЯНИЯ МЕЖДУ ГАЛСАМИ ПРИ АКУСТИЧЕСКОЙ СЪЕМКЕ

И.Л.Калихман, З.И. Кизнер,
Б.Р.Зарыпов, В.Д.Теслер
(СССР)

Резюме

Используется математическая модель, демонстрирующая, что расстояние между галсами при акустической съемке целесообразно выбирать, основываясь на типичном размере обследуемого района, допустимой относительной погрешности в оценке биомассы и коэффициенте вариации величин плотности концентраций криля. Рекомендуется применение предлагаемых критериев при проведении настоящих гидроакустических съемок.

* * * * *

CHOOSING DISTANCE BETWEEN ACOUSTIC SURVEY TACKS

I.L. Kalikhman, Z.I. Kizner, B.R. Zaripov, W.D. Tesler

All-Union Research Institute of
Marine Fisheries and Oceanography
VNIRO Research Institute

USSR, Moscow B-140, Verkhnaya Krasnoselskaya, 17

Choosing the frequency of survey tacks is an important aspect of acoustic surveying tactics. The allowable time for the study of a given area usually determines the choice of distance between tacks. However, it is not only the economic aspect but also the overall value of the survey which is determined by the tack frequency. The distance between tacks should therefore be selected so as to provide the desired accuracy of the biomass assessment in the area, in the least time and with the lowest expenditure.

Since the error in biomass assessment depends on the variability of the random concentration density field, the choice of tack frequency should be based on statistical characteristics of the field. It was recently recommended to fix tacks at a distance somewhat exceeding the correlation radius, which is the minimal distance at which the density values are not related statistically (Yudanov et al, 1984).

However, the biomass assessment error corresponding to such a tack frequency has not been found. Moreover, determination of the correlation radius prior to a detailed survey is complicated. It is easier to evaluate the other statistical index of the extent of variability - the coefficient of variation of density values in the given area*.

Developing criteria for choosing the distance between tacks requires a knowledge of the relationship between the biomass assessment error and the tack frequency when surveying density fields with different

* The variation coefficient is the ratio of the standard deviation to the average value. All values (zero inclusive) should be taken into account when calculating the variation coefficient.

variation coefficients. Since the actual biomass under real conditions is unknown, the problem was solved using computerized mathematical simulation techniques. The mathematical model used is based on the results of analysis of data from actual hydroacoustic surveys. The model consists of two parts, one imitating density field and the other the echo-sounder survey (Kizner et al, 1982; Kizner, 1984).

The density field model is an array of 2500 figures making up a matrix of 50 lines by 50 columns. Concentrations of fishing species are imitated by patches of irregular shape; density outside the patches is zero while it grows from the outer edge towards the inside according to a certain law obscured by random fluctuations. The patches may be separate, adjoin or overlap, so forming bigger concentrations which we call aggregations. Concentrations may be static (example in Figure 1), or dynamic in which case motion may alter the shape of the patches. True statistical characteristics of the field, and the biomass of the fishing species are calculated.

This is followed by simulating hydroacoustic surveys having parallel tacks i.e. the distance between tacks in each survey is constant. All density values at points crossed by tacklines are considered measured. The results of surveying the entire area or a part are processed by the methods of mean weighted assessment, global and local averaging. The statistical characteristics of field density, and of fishing species biomass are estimated. The average value of biomass estimates obtained by various methods is calculated.

The following parameters may vary in the model : the number, size and location of concentrations, the trajectory and speed of their movement, the vessel speed during the survey, the density distribution in the patch, the distance between tacks, the position of the starting point, the extension of tacks, the form and size of the surveyed area, and the number of strata in local averaging.

The statistical relationship between the frequency of tacks, and the biomass assessment error was found by simulating 11 density fields and 108 hydroacoustic surveys. All concentrations were static, but varied in character and size. We used the laws of density distribution in the patch

obtained by analysing data from actual hydroacoustic microsurveys. A series of surveys with different distances between tacks was simulated for each field of density.

Comparison of biomass estimates obtained by different methods at different tack frequencies indicated that the error mostly depends on the surveying tactics, rather than on the method of calculating the biomass estimate. The data from the numerical simulations, and results of their mathematical processing are given in Figure 2. Errors were random so their absolute values are given. The empirical relationship of the relative biomass assessment error δ (in fractions of one) to the density values variation coefficient v , and of the ratio of the distance between tacks r to the typical area size l is well approximated by the following function :

$$\frac{r}{l} = \frac{\sqrt{\delta}}{v} \quad (1)$$

The presence of a simple and statistically significant dependence (1) supports the hypothesis of the possibility of using the variation coefficient as a field characteristic in choosing tack frequency. Hence, if two fields having different distributions of concentrations have similar variation coefficients (Figure 1), and the biomass assessment error does not exceed the given values, the average distance between tacks will be equal.

Figure 2 indicates that in 56 of 108 model surveys, the distance between tacks was less than the values determined by the expression (1). In 53 of those 56 surveys, the level of biomass assessment error did not exceed the given values. Consequently, if the distance between tacks is equal to or less than the value r calculated by formula (1), the biomass assessment error does not, with 95% probability, exceed the level of δ used in this formula. Since shorter distances between tacks raise the expense of a survey, it is reasonable to choose a distance equal to r .

There are special considerations in determining parameters δ , v and in real conditions. Biomass assessment error δ_B includes two independent components : hydroacoustical δ_H and tactical δ . The tactical error can therefore be found from the relationship

$$\delta = \sqrt{\delta_B^2 - \delta_H^2} \quad (2)$$

The density values variation coefficient v can be estimated by the data from the preliminary studies; numerical simulations have shown that this parameter remains relatively stable under decreasing tack frequency. The distance sampling unit in the preliminary study should be sufficiently small not to allow loss of information on the field of concentration density.

Typical size l studies were made theoretically. It was found that this parameter is not dependent on the shape of surveyed region but is rather determined by the region area S , and by the typical relationship between the sizes of concentrations in the reciprocally perpendicular directions k . If one can detect the direction of elongation of concentrations, then the typical ratio of the longitudinal size to the transverse size $k > 1$. Such configuration is typical for concentrations on shelves. In this case, the tacks have to be made across the concentrations (the angle between tacks and the longitudinal direction $\alpha = 90^\circ$). In the case where the longitudinal and transversal directions cannot be identified (concentrations are directed chaotically or are approximately round in shape), $k = 1$. This situation can be exemplified by krill or other slowly moving concentrations distributed over large oceanic areas. Mathematically, it can be strictly proved that the typical size is determined by the relationship

$$l = \sqrt{kS} \quad (3)$$

In the event that survey planners do not know the k -parameter, they should assume $k=1$. If the results of a completed survey indicate that the used biomass values of parameters S , v , k and α are not accurate, the actual biomass assessment error may differ from the given one, and is estimated by the formula

$$\delta'_B \leq \sqrt{\delta_H^2 + \left[\frac{(rv')^2}{S' \left(\frac{1}{k'}, \cos^2 \alpha' + k' \sin^2 \alpha' \right)} \right]^2} \quad (4)$$

where S' , v' , k' and α' are corrected values.

Let us consider an example of finding the distance between tacks of an echo-sounder survey. We assume that in view of the stock exploitation rate and other factors, we have to estimate the biomass with an error $\delta_B \leq 30\%$, while the error of the hydroacoustic method applied to the survey conditions $\delta_H \leq 20\%$ (Kalikhman, 1982). The area of the surveyed region $S=10^4$ square miles. The results of the preliminary survey indicate that the density values variation coefficient $v=3.0^*$; the configuration of concentrations is unknown.

In order to choose the distance between tacks we find by formula (2) the allowable tactical error $\delta = \sqrt{30^2 - 20^2} \approx 20\% = 0.2$. Assuming $k=1$, we use expression (3) to find a typical size $l = \sqrt{10^4} = 100$ miles. Substituting values δ , v and l into formula (1) we find the distance between tacks $r = \frac{100\sqrt{0.2}}{3.0} = 15$ miles.

The survey results indicate that concentrations are of elongated shape, and are about similarly directed. Now we shall specify the values of parameters used : area of the surveyed region $S'=1.2 \times 10^4$ miles²; variation coefficient $v'=3.5$; typical ratio of the concentration longitudinal size to the transverse size $k'=2$; angle between the tacks and the longitudinal direction $\alpha'=45^\circ$. Substituting these values, as well as the value of error of the hydroacoustic method into formula (4) we shall estimate the actual biomass assessment error

$$\delta'_B \leq \sqrt{0.2^2 + \left[\frac{(15 \cdot 3.5)^2}{1.2 \cdot 10^4 \left(\frac{1}{2} \cos^2 45^\circ + 2 \sin^2 45^\circ \right)^2} \right]^2} = 0.35 = 35\%$$

This criterion for choosing distance between tacks, supported by the mathematical model, is recommended for hydroacoustic surveys of commercial fishing concentrations, but we want to stress that the basic formula (1) was obtained empirically only for the given interval of the δ values.

* Data from several actual hydroacoustic surveys were statistically processed. Estimates of variation coefficient of concentration density values were obtained. Applied to the field studies the variation coefficient changes from 1.0 up to 4.0.

REFERENCES

Yudanov K.I., Kalikhman I.L. and Tesler W.D. Manual of hydroacoustic surveying. Moscow, VNIRO, 1984, 124 p.

Kizner Z.I., Tesler W.D. and Zaripov B.R. Construction and analysis of a statistical model of a fish concentration density field. Contribution to the Symposium on Fisheries Acoustics, Bergen, Norway, 21-24 June 1982, No 65, 19 p.

Kizner Z.I. Mathematical simulation as a means of improving methods of conducting surveys and processing their results. SC-CAMLR-III/INF.19, 1984, 21 p.

Kalikhman I.L. Estimation of the accuracy of fish concentration density determination by hydroacoustic method. Proceedings of the Institute of the Biology of Internal Waters of the USSR Academy of Sciences, vol. "Estimation of errors of methods by hydrobiological and ichthyological research". Rybinsk, 1982, pp. 103-115.

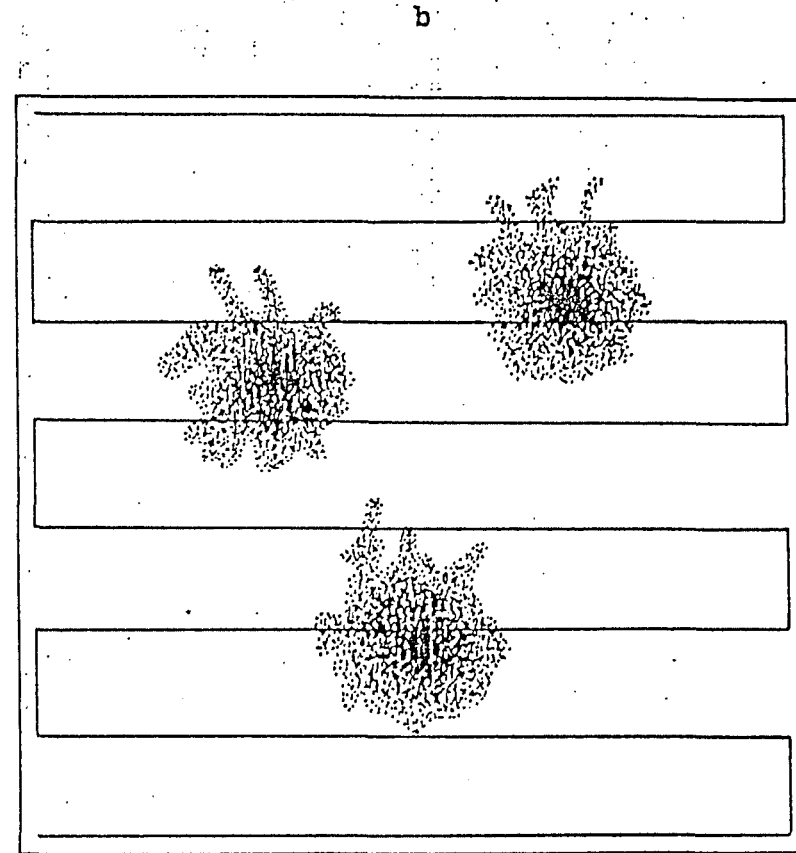
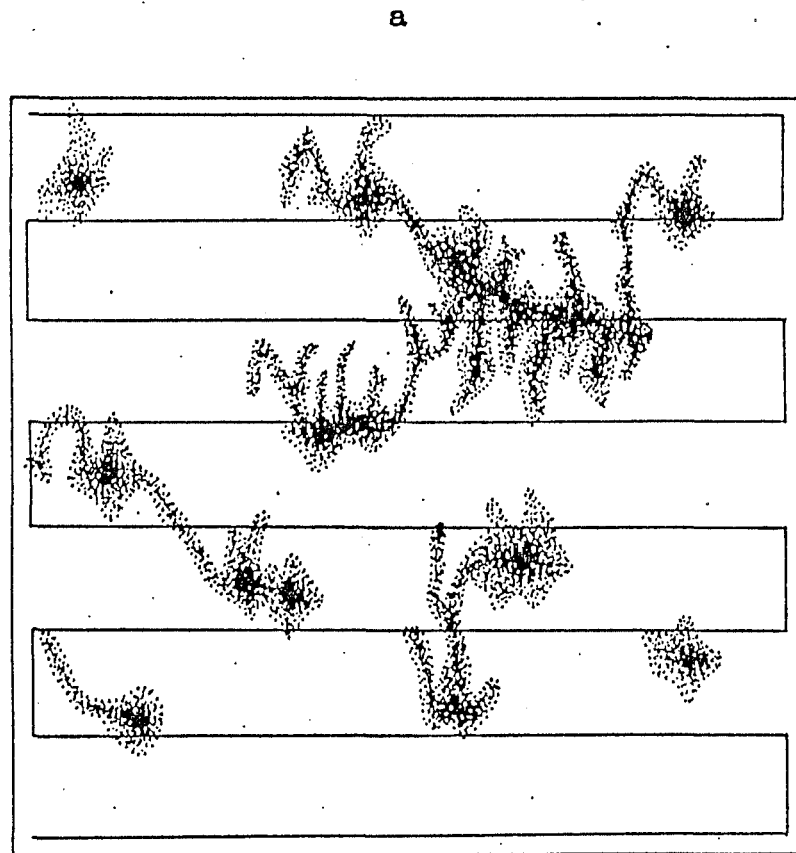


Figure 1 Mathematical models of concentration density fields, and the trajectories of hydroacoustical surveys. Darker range proportional to density. Variation coefficient values : a - 3.1; b - 3.2.

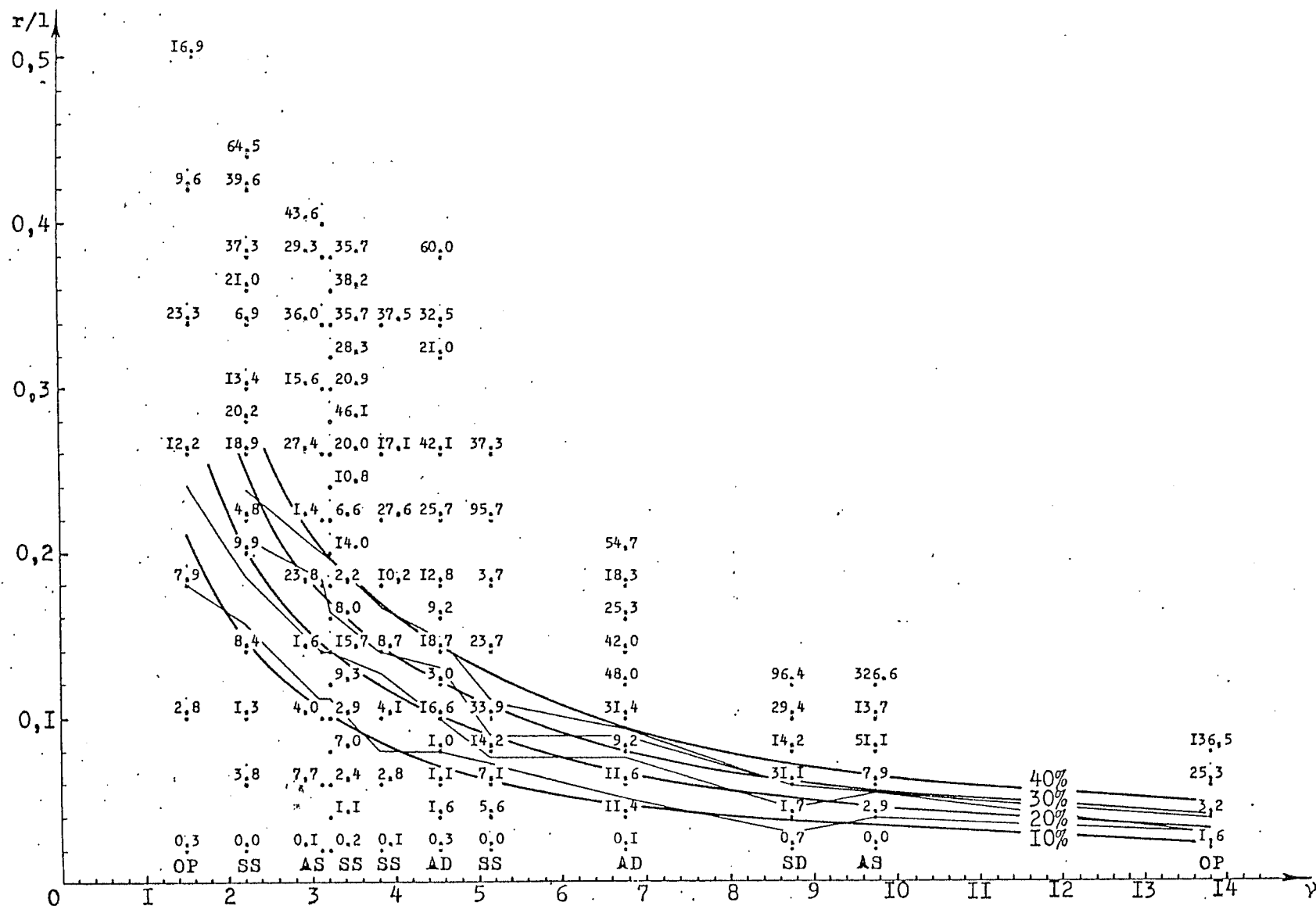


Figure 2. Dependence of distance between tacks r /size area 1 ratio upon variation coefficient v under different biomass assessment error δ (empirical regression lines, and diagrams of approximating function). The marks over values of v are field character (OP is one parch, SS are separate patches of the same size, SD are separate patches of different sizes, AS are aggregations of patches of the same size, AD are aggregations of patches of different sizes). Values of δ (in percent) correspond to the ration r/l used.

List of Figures

Figure 1 Mathematical models of concentration density fields, and the trajectories of hydroacoustical surveys. Darker range proportional to density. Variation coefficient values : a - 3.1; b - 3.2.

Figure 2 Dependence of distance between tacks r/l ratio upon variation coefficient v under different biomass assessment error δ (empirical regression lines, and diagrams of approximating function). The marks over values of v are field character (OP is one patch, SS are separate patches of the same size, SD are separate patches of different sizes, AS are aggregations of patches of the same size, AD are aggregations of patches of different sizes). Values of δ (in percent) correspond to the ratio r/l used.

Liste des Figures

Figure 1 Modèles mathématiques des champs de densité de concentration et trajectoires d'études hydroacoustiques. Gamme plus foncée proportionnelle à la densité. Valeurs de coefficient de variation a - 3,1; b - 3,2.

Figure 2 Dépendance de la relation r/l , distance entre les bordées/taille de la zone, sur le coefficient de variation v avec une erreur d'évaluation de biomasse différente δ (lignes de régression empirique, et diagrammes de fonction approximative). Les marques sur les valeurs de v indiquent des aspects physiques (OP est une tache, SS sont des taches séparées de la même taille, SD sont des taches séparées de tailles différentes, AD sont des concentrations de taches de différentes tailles). Les valeurs de δ (en pourcentage) correspondent à la relation r/l utilisée.

Lista de Ilustraciones

Ilustración 1 Modelos matemáticos de los campos de concentración de densidad, y las trayectorias de las prospecciones hidroacústicas. El campo más oscuro es proporcional a la densidad. Valores coeficientes de variación : a - 3.1; b - 3.2.

Ilustración 2 Dependencia de la distancia entre los cursos r/l tamaño del área "1 ratic" sobre el coeficiente de variación v bajo errores de evaluación de diferentes biomasas δ (líneas de regresión empírica, y diagramas de función aproximativa). Las marcas sobre los valores de v son caracteres de campo (OP es una mancha, SS son manchas separadas del mismo tamaño, SD son manchas separadas de distintos tamaños, AS son grupos de manchas del mismo tamaño, AD son grupos de manchas de diferentes tamaños). Los valores de δ (en porcentaje) corresponden al radio r/l empleado.

Список рисунков

Рисунок 1 Математические модели полей значений плотности концентраций и траектории гидроакустических съемок. Степень затемнения пропорциональна плотности. Значения коэффициента вариации: а - 3,1; б - 3,2.

Рисунок 2 Зависимость отношения расстояния между галсами, r , к величине площади, l , от коэффициента вариации, v , при различной величине погрешности оценки биомассы, δ (эмпирические линии регрессии и диаграммы аппроксимирующей функции). Знаки над значениями v - характеристики объекта (OP - одно пятно, SS - отдельные пятна одного размера, SD - отдельные пятна разных размеров, AS - агрегации пятен одного размера, AD - агрегации пятен разных размеров). Значения δ (в процентах) соответствуют используемому отношению r/l .

GUIDELINES FOR THE PREPARATION OF HYDROACOUSTIC SURVEY REPORTS ON KRILL

I.L.Kalikhman
(U.S.S.R.)

Abstract

The proposed guidelines provide an opportunity to perform comparative analyses and checks of results obtained during echometric surveys of fish and krill, and to establish a data bank of these surveys. The unification of echometric survey data is aimed at increasing the effectiveness of research on the quantitative assessment of biomass of organisms.

The guidelines contain a description of requirements for the preparation of reports of echometric surveys. An example is provided of the preparation of a report of a hydroacoustic survey performed as part of FIBEX by the Soviet research vessel Odyssey during the period from January to March 1981 in the Scotia Sea, on polygon VI.

* * * * *

PRINCIPES DIRECTEURS POUR LA PREPARATION DES RAPPORTS SUR LES ETUDES HYDROACOUSTIQUES DU KRILL

I.L.Kalikhman
(U.R.S.S.)

Résumé

Les principes directeurs proposés fourniraient l'occasion d'effectuer des analyses comparatives et des vérifications de résultats obtenus lors des études échométriques sur les poissons et le krill, et permettraient l'établissement d'une banque de données portant sur ces études. L'unification des données d'études échométriques est orientée vers une recherche plus effective dans le domaine de l'évaluation quantitative de la biomasse des organismes.

Ces principes directeurs contiennent une description des besoins essentiels concernant la préparation des rapports sur les résultats obtenus par les études échométriques. Il est donné en exemple la préparation d'un rapport sur une étude hydroacoustique portant sur le polygone VI qu'a effectué, dans le cadre de FIBEX, de janvier à mars 1981 dans la mer du Scotia, le navire de recherche soviétique 'Odyssey'.

* * * * *

ПАУТАС PARA LA PREPARACION DE INFORMES DOBRE LAS PROSPECCIONES
HIDROACUSTICAS DE KRILL

I.L.Kalikhman
(U.R.S.S.)

Resumen

Las pautas propuestas proporcionarían una oportunidad de realizar análisis comparativos y comprobar los resultados obtenidos durante las prospecciones ecométricas de peces y krill, y de establecer un banco de datos provenientes de estas prospecciones. La unificación de datos de prospección ecométrica está dirigida hacia un incremento de la eficiencia de tales investigaciones en el campo de la evaluación cuantitativa de la biomasa de organismos.

Las pautas contienen una descripción de los requisitos esenciales para la preparación de informes sobre los resultados de prospecciones ecométricas. Se provee un ejemplo de la preparación de un informe de una prospección hidroacústica llevada a cabo como parte del FIBEX por el barco de investigación soviético "Odyssey", durante el período de enero a marzo de 1981, en el Mar de Scotia, en el polígono VI.

* * * * *

УСТАНОВКИ ПО ОТЧЕТНОСТИ ПО ГИДРОАКУСТИЧЕСКИМ СЪЕМКАМ КРИЛЯ

И.Л.Калихман
(СССР)

Резюме

Настоящая инструкция предлагается с целью получения возможности сравнительного анализа и проверки результатов, полученных во время эхометрических съемок рыбы и криля, а также для создания банка данных таких съемок. Унификация данных эхометрических съемок направлена на повышение эффективности этих исследований в области количественной оценки биомассы организмов.

Инструкция содержит описание необходимых требований к отчетности о результатах эхометрических съемок. Приводится пример (образец) составления отчетности по гидроакустической съемке, выполненной советским исследовательским судном "Одиссей" в море Скотия в период января-марта 1981 г. в рамках FIBEX на полигоне VI.

* * * * *

УСТАНОВКИ ПО ОТЧЕТНОСТИ ПО ГИДРОАКУСТИЧЕСКИМ СЪЕМКАМ КРИЛЯ

Введение

В связи с широким внедрением гидроакустического метода оценки биомасс возрастают требования к содержанию отчетов об эхометрических съемках. Для того чтобы облегчить сравнение и проверку результатов, создание банка данных и, в итоге, повысить эффективность съемок, необходимо составлять отчеты по единой методике.

Отчет о гидроакустической съемке должен, с одной стороны, удовлетворять общим требованиям к рейсовым отчетам [1], с другой - в полной мере отражать специфику выполненных исследований [2]. Настоящие методические указания составлены с учетом обоих этих условий и с использованием упомянутых работ.

ТРЕБОВАНИЯ К СОДЕРЖАНИЮ ОТЧЕТА

Если экспедиция была посвящена главным образом эхометрической съемке, то рейсовый отчет не делится на главы и содержит разделы "Введение", "Краткий дневник рейса", "Характеристика района и объектов съемки", "Аппаратура", "Градуировка шкалы интегратора", "Проведение съемки" и "Результаты"; данные попутных гидрологических и гидробиологических работ включают в третий раздел.

Если экспедиция была комплексной, то гидрологическим, гидробиологическим и другим исследованиям посвящают специальные главы рейсового отчета, в которых дают подробную характеристику района и объектов съемки; в этом случае четыре последних раздела составляют главу "Гидроакустические исследования", а два первых - общее предисловие.

Ниже сформулированы требования к содержанию каждого

раздела отчета о гидроакустической съемке.

Введение

Во введении дают краткое обоснование выбора района и сроков съемки, указывают основания для организации экспедиции, ее цель и задачи, состав научной группы, приводят маршрутную схему рейса.

Краткий дневник рейса

В этом разделе в хронологическом порядке описывают наиболее важные работы и события в рейсе.

Характеристика района и объектов съемки

В этом разделе приводят краткие сведения по биологии обследуемых объектов, раскрывают особенности динамического режима района съемки (фронты, градиенты, вихри, апвеллинги и т.д.). Описывают биологическое состояние и поведение объектов, видовой и размерный состав скоплений, погоду и промысловую обстановку в период работы экспедиции.

Аппаратура

В этом разделе приводят состав аппаратуры; называют применявшиеся гидроакустические и измерительные приборы, интеграторы. Указывают все использованные режимы работы аппаратуры: в гидроакустическом приборе - частоту, мощность излучения, ширину луча, длительность импульсов, полосу пропускания, усиление и закон ВАРУ; в интеграторе - усиление и порог. Если режим работы изменяли, то указывают причину изменения. Описывают способ измерения электроакустической постоянной аппаратуры; приводят значения электроакустической постоянной, полученные в данном рейсе и при предыдущих измерениях. Если расхождение существенно и выполняли поэтапные измерения электрических и акусти-

ческих параметров аппаратуры, то приводят результаты этих измерений.⁺

Градуировка шкалы интегратора

В этом разделе приводят результаты поэтапной градуировки шкалы интегратора: коэффициент потерь ввиду избыточного затухания звука, уровень шумовых помех, массу и акустическое сечение (силу цели) одиночных объектов, интегральный фактор направленности, цену деления шкалы интегратора. Указывают характер регистрации объектов гидроакустическим прибором, приводят характерные эхограммы. Если отдельные этапы градуировки не выполняли, то указывают причину и обосновывают выбор каждого из использованных, но не измеренных параметров. Если не выполняли поэтапную градуировку, то указывают причину. В этом случае описывают способ сквозной градуировки и приводят полученное значение цены деления шкалы интегратора. Если в гидроакустической съемке участвовало несколько судов, то приводят результаты интерградуировки шкал интеграторов, установленных на разных судах (поле корреляции значений плотности, уравнение регрессии, коэффициент корреляции). Применительно ко всем измерениям представляют необходимые иллюстративные материалы.

Проведение съемки

В этом разделе дают краткое описание особенностей распределения объектов (в толще воды, вблизи поверхности или дна). Указывают способ измерения направления и скорости горизонтальных и вертикальных миграций, приводят результаты этих измерений. Если съемку выполняли в условиях шумовых помех или при наличии звукорассеивающих слоев, то представляют характерные эхограммы, дают оценку вклада полезных эхосигналов и помех в показания интегратора. Приводят примеры расчетов поверхностной и объемной плотности скоплений,⁺ исходные данные и результаты

⁺Подробности фиксируют в журнале гидроакустических измерений.

⁺В полном объеме расчеты значений плотности фиксируют в журнале гидроакустических наблюдений.

вычислений статистических характеристик поля плотности. Обосновывают режим съемки: направление движения, форму галсов, расстояние между галсами, интервал интегрирования, скорость движения судна и время суток, в течение которого выполняли гидроакустическое обследование. Представляют планшет съемки: сетку галсов, обратную прокладку галсов (применительно к движущимся скоплениям), значения поверхностной плотности на галсах, изолинии плотности или границы локальных площадей. Приводят расчет оценки биомассы обследованных объектов, а также доверительного интервала этой оценки.

Результаты

В этом разделе сравнивают оценку биомассы, результаты предыдущих гидроакустических съемок и данные о запасе, полученные биологическими методами (путем икряных, личиночных или траловых съемок, с использованием данных промысла и т.д.). По возможности, анализируют закономерности образования, распределения и распада скоплений в зависимости от природных факторов: биотических (состояние кормовой базы, биологическое состояние объектов) и абиотических (динамические особенности водоема, гидрофизические и гидрохимические характеристики). Делают вывод о правильности выбора района, времени и тактики съемки, о достоверности ее результатов. Дают рекомендации по выбору аппаратуры и режимов ее работы применительно к обследованным объектам, а также по совершенствованию тактики дальнейших съемок этих объектов.

О б р а з е ц

ОТЧЕТ О ГИДРОАКУСТИЧЕСКОЙ СЪЕМКЕ АНТАРКТИЧЕСКОГО КРИЛЯ В МОРЕ СКОТИЯ НА НПС "ОДИССЕЙ" С ЯНВАРЯ ПО МАРТ 1981 г.

Введение

Рейс НПС "Одиссей" в рамках международной программы

исследований антарктического криля "Файбекс" был организован по решению Минрыбхоза СССР. Маршрутная схема рейса приведена на рис. 1. Гидроакустическую съемку выполняли в море Скотия, важном промысловом районе, в период антарктического лета, когда криль образует сравнительно плотные нерестовые скопления.

Съемка была международной; кроме НПС "Одиссей", ее проводили суда ПНР, ФРГ, США, Аргентины, Чили и Японии. Весь обследуемый район был разбит на семь полигонов по числу участвовавших стран, каждая из которых выполняла съемку в пределах своего полигона (рис. 2).

Цель съемки - оценка распределения и биомассы антарктического криля. Для достижения цели решались следующие задачи: измерение параметров используемой аппаратуры; градуировка шкалы интегратора; интерградуировка шкал различных интеграторов; рекогносцировочная съемка; гидрологические и гидробиологические исследования в районе съемки; встреча специалистов разных стран для обсуждения результатов.

Состав научной группы: А.Б.Иванов - начальник рейса, Б.В.Петров - старший инженер, В.Г.Сидоров - инженер, Г.Д.Васильев - инженер.

Краткий дневник рейса

19/X1 1980	Выход из Севастополя.
20-29/X1	Разборка экспедиционного имущества, оборудование лабораторных помещений, подключение аппаратуры.
30/X1	Проход через Гибралтар.
31/X1 1980-10/ 1981	Переход через Атлантический океан. Попутный гидроакустический поиск, наблюдения из подводного аппарата "Север-2" на воз-

	вышенностях, контрольные траления, промерные работы.
4-7/X11	Измерения параметров аппаратуры на стоянке в районе Канарских островов.
12/X11	Переход через экватор.
25-29/X11	Стоянка в порту Рио-де Жанейро.
11-14/1	Изучение распределения и поведения кривля в море Скотия с использованием гидроакустических поиборов и подводного аппарата "Север-2". Выбор оптимального режима работы аппаратуры.
15-18/1	Измерение уровня шумовых помех в море Скотия.
19-20/1	Интеградуировка с западногерманским судном "Вальтер Хервиг".
21/1-10/11	Рекогносцировочная съемка в море Скотия.
11/11-19/111	Детальная съемка в море Скотия.
20/111	Встреча специалистов разных стран на английской полярной станции (о-вов Южная Георгия).
21/111-21/1У	Переход через Атлантический океан. Попутный гидроакустический поиск, наблюдения из подводного аппарата "Север-2" на вышенностях, промерные работы. Обработка данных и написание отчета.
22/1У	Проход через Гибралтар.
22-26/1У	Переход в Геную. Написание отчета.
27-28/1У	Стоянка в Генуе.
29/1У-5/У	Переход в Севастополь. Завершение отчета.
6/У	Прибытие в Севастополь.

Характеристика района и объектов съемки

Объект. Антарктический криль - представитель макрозоопланктона; внешне похож на креветку. Принадлежит к отряду ракообразных, насчитывает 11 видов. Наиболее мощные скопления образует вид Euphausia superba Dana. Обитает при температурах ниже плюс 4⁰С. Питается в основном диатомовыми водорослями. Может достигать 60 мм в длину. Особи разнополы. Средняя плодовитость самки - до 8 000 икринок. Период размножения - с ноября по апрель с максимумом в феврале. Служит пищей млекопитающих, рыб и птиц. Является ценным продуктом питания человека; богат протеином, жирами и витаминами, особенно витамином А. Используется для приготовления пищевых консервов, кормовой муки и лекарственных препаратов.

Район съемки. Антарктический криль пассивно мигрирует с течениями, поэтому образование, распределение и распад скоплений в большой степени зависят от динамического режима водоема. Режим моря Скотия определяется взаимодействием двух крупных динамических систем: Антарктического циркумполярного течения, проникающего с севера, и потока вод моря Уэдделла, приходящих с юга. Последние являются главным районом обитания криля, основой его ареала. На участке непосредственного взаимодействия этих динамических систем создается так называемая вторичная фронтальная зона; в ней, главным образом на периферии вихрей, образуются основные скопления криля.

Погода. В море Скотия преобладают западные ветры, однако в период работы экспедиции превалировал северный. Сила ветра и волнение моря изменялись в больших пределах; временами сила ветра достигала восьми баллов, волнение моря - семи баллов.

Биологическое состояние. Популяция криля находилась в состоянии нереста. В скоплении присутствовали половозрелые особи и молодь, возраст варьировал в больших пределах ввиду длитель-

ного срока икрометания. Наиболее интенсивным нерест был в феврале. В это время число нерестившихся самок равнялось количеству половозрелых самцов. С начала марта популяция в основном перешла к посленерестовому состоянию; число участвующих в размножении особей, особенно самцов, существенно сократилось.

Поведение. Выполненные в светлое время суток подводные наблюдения из автономного аппарата "Север-2" показали, что криль образовывал стаи, в которых особи ориентировались и реагировали на внешние раздражители одинаково. Двигательная активность криля была слабой, распугивание судном и орудием лова сказывались незначительно. В темное время суток стаи распадались; криль поднимался к поверхности и рассеивался.

Размерный состав. В процессе гидроакустической съемки регулярно выполняли контрольные обловы промысловым тралом ТР/ТМ 36,6 с горизонтальным раскрытием 38 м, вертикальным 15 м. По результатам тралений определяли размерный состав скопления. Установлено, что на различных участках обследованного района размерный состав был сравнительно постоянным. Гистограмма распределения длин криля приведена на рис. 3.

Промысловая обстановка. В период работы экспедиции в районе съемки промысла не было. Вблизи о-ва Мордвинова работали двадцать добывающих судов. Уловы достигали 10 т за час траления. Более результативными траления были днем; ночной вылов составлял около 15% суточного. Промысловая обстановка была нестабильной ввиду изменений погоды и биологического состояния криля, однако в большинстве случаев позволяла добывающим судам выполнять суточную норму.

Аппаратура

Состав аппаратуры. Эхометрическую съемку выполняли с использованием гидролокатора "Сарган" и интегратора СИОРС.

Режим работы аппаратуры. Гидролокатор - вертикальный тракт, частота 136 кГц, широкий луч, полная мощность, длительность импульсов 1 мс, ослабление 20 дБ, ВАРУ включена, цель множественная, регулятор дальности действия ВАРУ в положении 10; интегратор - усиление 0 дБ, порог 12 дБ.

Параметры аппаратуры. 5/X11 1980 г. на стоянке в районе Канарских островов измеряли электроакустическую постоянную аппаратуры путем интегрирования эхосигналов от образцового стального шара диаметром 100 мм. На частоте 136 кГц акустическое сечение шара $\sigma = 27,4 \text{ см}^2$. Расстояние от антенны до шара $r = 30 \text{ м}$.

При проведении измерений гидролокатор работал в режиме "Ослабление 0 дБ", интегратор в режиме "За одну посылку". В расчет брали лишь наибольшие показания, соответствующие расположению образцовой цели на акустической оси. Показания интегратора $M_1 = 107$. Характеристика ВАРУ и кривая поправочного коэффициента приведены на рис. 4 и 5. Электроакустическую постоянную рассчитывали с коррекцией на отклонение реального закона ВАРУ от теоретически необходимого; применительно к глубине 30 м поправочный коэффициент равен 1,5. В результате

$$C_{\text{эа}} = \frac{4\pi r^2 M_1}{\sigma} = \frac{4\pi \cdot 30^2 \cdot 107 \cdot 1,5}{27,4 \cdot 10^{-4}} = 6,6 \cdot 10^8.$$

По данным измерений, выполненных в ходе предыдущей эхосъемки и зафиксированных в журнале гидроакустических измерений, $C_{\text{эа}} = 8,7 \cdot 10^8$. С учетом расхождения значений, составляющего 30%, 6-7/X11 1980 г. были проведены поэтапные измерения всех параметров, необходимых для расчета электроакустической постоянной. Акустические измерения выполняли с использованием гидрофона типа 8101 фирмы "Брюль и Кьер". В результате получено: длительность импульсов $\tau = 1,0 \text{ мс}$, коэффициент усиления за пределами действия ВАРУ $\mu_0 = 1,8 \cdot 10^5$, дальность действия ВАРУ $r_0 = 350 \text{ м}$, постоянная интегратора $C_{\text{и}} = 234 \text{ 1/В}^2\text{с}$, чувствительность антенны по приему $\alpha = 530 \text{ мкВ/Па}$, звуковое давление $p = 1,56 \cdot 10^5 \text{ Па}$,

акустическая постоянная гидролокатора $C_a = 6,8 \cdot 10^3 \text{ В}^2\text{м}^2$. Сравнение с данными предыдущих измерений показывают, что электрические параметры не изменились, а значения акустических несколько снизились; по-видимому, это объясняется обрастанием антенны.

На частоте 136 кГц коэффициент пространственного затухания в воде $\alpha = 0,040 \text{ дБ/м}$ [2].

С использованием значений, полученных в результате поэтапных измерений, электроакустическая постоянная аппаратуры

$$C_{\text{эа}} = \frac{\pi \mu_0^2 C_{\text{и}} C_a}{r_0^2 10^{0,2\alpha r}} = \frac{1,0 \cdot 8^2 \cdot 10^{10} \cdot 234 \cdot 6,8 \cdot 10^3}{350^2 \cdot 10^{0,2 \cdot 0,040 \cdot 350}} = 6,6 \cdot 10^8$$

Этот результат подтверждает данные измерений с использованием образцового шара. Поскольку при проведении эхосъемки гидролокатор работал в режиме "Ослабление 20 дБ", электроакустическая постоянная аппаратуры $C_{\text{эа}} = 6,6 \cdot 10^6$.

Градуировка шкалы интегратора

Избыточное затухание звука. В районе съемки дно было каменистым и неровным; полигона для измерения избыточного затухания звука не было. На частоте 136 кГц использовать образцовый шар нельзя. Поэтому в расчет брали табличные значения коэффициента потерь ввиду избыточного затухания звука в аэрированном приповерхностном слое океана [2].

Уровень шумовых помех. 15-18/1 1981 г. в море Скотия измеряли уровень шумовых помех применительно к различным погодным условиям и скоростям движения судна с использованием гидролокатора "Сарган" и интегратора СИОРС. Режим работы и параметры аппаратуры: гидролокатор - полоса пропускания 3 000 Гц, генератор и ВАРУ выключены, ослабление 10 дБ, коэффициент усиления до точки подключения интегратора $\mu = 5 \cdot 10^4$; интегратор - порог 0 дБ, толщина слоя $h = 99 \text{ м}$, запуск внутренний,

число посылок $n = 500$, постоянная интегратора $C_{\text{и}} = 234 \text{ 1/V}^2\text{с}$. Приведенный к антенне уровень шумовых помех находили по формуле

$$U_{\text{ш}} = \frac{1}{\mu} \sqrt{\frac{\text{сМ}}{2\text{hн}C_{\text{и}}}} [\text{мкВ}].$$

Результаты измерений представлены в табл. 1.

Масса одиночного объекта. Определялась по результатам биологической пробы контрольного лова. В результате - средняя масса $w = 0,65 \text{ г}$.

Отражательная способность одиночного объекта. Определялась на основе данных базовых измерений [2] с учетом размерного состава скоплений. Средние длины объектов в каждой градации размерного ряда L_i , соответствующие акустические сечения $\sigma(L_i)$ и процентное содержание объектов каждой градации n_i даны в табл. 2.

Усредненное значение акустического сечения

$$\begin{aligned} \sigma &= \frac{1}{100} \sum_{i=1}^N \sigma(L_i) n_i = \\ &= \frac{1}{100} (3,0 \cdot 12 + 3,9 \cdot 61 + 4,4 \cdot 15 + 6,0 \cdot 5 + 6,7 \cdot 4 + 7,7 \cdot 3) = 4,2 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2. \end{aligned}$$

Интегральный фактор направленности. Характерная эхограмма представлена на рис. 6. Скопления криля регистрировались как множественная цель. Интегральный фактор направленности

$$\psi = \frac{2\lambda^2}{\pi d^2} = \frac{2 \cdot 1,1^2}{\pi \cdot 17^2} = 2,7 \cdot 10^{-3}.$$

Цена деления шкалы интегратора. В процессе гидроакустической съемки изменялась в зависимости от степени затухания звука в аэрированном приповерхностном слое океана. Большую часть времени волнение моря составляло 4 балла, судно двига-

лось со скоростью 8 узлов; применительно к этому случаю коэффициент потерь $K_a = 0,9$. Цена деления шкалы интегратора

$$C = \frac{3,43W}{C_{\text{эа}} K_a \frac{6}{4\pi} \Psi} = \frac{4 \cdot 3,43 \cdot 0,65}{6,6 \cdot 10^6 \cdot 0,9 \cdot 4,2 \cdot 10^{-6} \cdot 2,7 \cdot 10^{-3}} = 414 \text{ т/миля}^2.$$

При существенном изменении погодных условий и скорости движения судна в величину цены деления шкалы интегратора вносили необходимую поправку.

Интерградуировка. 19-20/1 1981 г. в море Скотия выполнили интерградуировку шкал интеграторов, установленных на НПС "Одиссей" и на западногерманском судне "Вальтер Хервиг". В связи с неравномерностью распределения криля было необходимо, чтобы гидроакустические приборы, к которым подключались интеграторы, регистрировали одни и те же участки скопления. С этой целью суда следовали в кильватере; применимость такой методики обуславливалась тем, что на высокой частоте кильватерная струя создает меньшую помеху. Для снижения помехи галсы прокладывали перпендикулярно течению; впереди шел "Вальтер Хервиг", имевший меньшую осадку. Скорость хода составляла 8 узлов, расстояние между судами 0,5 мили, общая протяженность галсов 25 миль, интервал интегрирования 0,5 мили; было сделано 50 отсчетов показаний интегратора.

Поле корреляции значений плотности, полученных на НПС "Одиссей" (ϱ) и "Вальтер Хервиг" (ϱ'), представлено на рис. 7. Уравнение регрессии имеет вид

$$\varrho = 0,94\varrho' + 48 \text{ т/миля}^2.$$

График уравнения регрессии приведен на рис. 7. Коэффициент корреляции $r = 0,81$; поскольку $r > 0,8$, точность градуировки шкал интеграторов признана удовлетворительной.

Проведение съемки

Режим съемки. В связи с тем, что в темное время суток рассеянный криль плохо регистрировался гидроакустическими приборами, съемку выполняли только в светлое время. Скорость движения судна составляла 6-9 узлов в зависимости от погоды. Интервал интегрирования равнялся 15 милям.

С 21/1 по 10/11 1981 г. проводили рекогносцировочную съемку; планшет приведен на рис. 8. Было установлено, что в обследованном районе криль держался неравномерно. Чтобы определить расстояние между галсами детальной съемки рассчитали функцию корреляции сравнительно равномерного поля плотности скоплений криля на втором страте. Для этого на одном из участков съемки показания интегратора снимали через каждые две мили пути; общее число отсчетов равнялось 40. Из графика корреляционной функции (рис. 9) следует, что радиус корреляции $r_0 = 20$ милям.

С 11/11 по 19/III 1981 г. проводили детальную съемку; планшет приведен на рис. 8. Расстояние между соседними параллельными галсами на первом и втором стратах составляло около 50 миль; с учетом чередования галсов зигзагом можно считать, что расстояние между галсами равнялось 25 милям. На третьем и четвертом стратах планировали более частую сетку, так как там наблюдали более резкие перепады значений плотности.

Плотность скоплений. В процессе гидроакустической съемки уровень шумовых помех на антенне не превышал 5 мкВ; помехи отсекались пороговым устройством. Величина эхосигналов значительно превышала уровень помех, поэтому показания интегратора не корректировали.

При диапазоне работы гидролокатора 0-150 м (частота следования импульсов $f_{\text{и}} = 162$ 1/мин), скорости движения судна

$v_c = 8$ узлам, показаниях интегратора $M = 4622$ поверхностная плотность скопления

$$\rho_s = \frac{CMv_c}{601f_{\text{и}}} = \frac{414 \cdot 4622 \cdot 8}{60 \cdot 15 \cdot 162} = 105 \text{ т/миля}^2.$$

При толщине скопления $h = 20$ м объемная плотность

$$\rho_v = \frac{\rho_s}{3,43wh} = \frac{105}{20 \cdot 0,65 \cdot 3,43} = 2,4 \text{ экз./м}^3.$$

Биомасса скоплений. Данные расчета биомассы методом изолиний плотности приведены в табл. 3.

Значение t -распределения Стьюдента, соответствующие общему числу отсчетов показаний интегратора, $t(91) = 1,99$. Доверительный интервал оценки биомассы

$$I = w \pm t(m) \sigma_w = 18,2 \cdot 10^5 \pm 1,99 \cdot 0,71 \cdot 10^5 = (18,2 \pm 1,4) 10^5 \text{ т.}$$

Результаты

Анализ данных съемки. Суммарная биомасса антарктического криля в море Скотия по данным гидроакустической съемки, выполненной судами СССР, ПНР, ФРГ, США, Аргентины, Чили и Японии, составляет 8 млн. т.

Съемка показала, что при обследовании антарктического криля эффективнее высокочастотные (более 100 кГц) гидроакустические приборы. На высоких частотах условия регистрации благоприятнее (отражательная способность криля выше, уровень шумовых помех ниже); применение узкого луча позволяет четче определять границы скоплений.

Гидрологическими и гидробиологическими исследованиями установлено совпадение границ скоплений криля и областей с определенным соотношением концентраций кремния и фосфора. Этот

результат позволяет оперативно находить благоприятные районы путем определения гидрохимических характеристик.

Регулярно выполняемые с 1969 г. траловые съемки дают оценку биомассы взрослого криля в море Скотия - от 20 до 50 млн. т. По аналогии с массовым видом черноморской креветки и с учетом роли криля в антарктической экосистеме принято считать, что допустимый вылов криля может составлять 40-50% от величины биомассы взрослых особей [3]. Фактический вылов криля в этом районе не превышает 400 тыс. т. Таким образом, степень эксплуатации ничтожна.

Существенное отличие результата настоящей гидроакустической съемки от данных многолетних траловых съемок, по-видимому, объясняется следующим. В период работы экспедиции динамический режим моря Скотия имел существенные особенности: не характерный сильный северный ветер вызвал глубокое проникновение Антарктического циркумполярного течения в воды Уэдделла, что привело к расширению вторичной фронтальной зоны и смещению вихрей. Съемку планировали без учета этих обстоятельств; в результате не был обследован ряд районов моря Скотия, благоприятных для образования скоплений криля.

Рекомендации. Антарктический криль целесообразно обследовать при помощи высокочастотных гидроакустических приборов. Необходимо заранее определять местоположение вихрей во вторичной фронтальной зоне; съемку следует планировать так, чтобы галсы пересекали периферийные участки вихрей, а также области с благоприятной концентрацией кремния и фосфора.

Список использованной литературы

Инструкция о порядке составления рейсовых программ, рейсовых отчетов, годовых планов проведения морских экспедиций и

отчетов бассейновых научно-исследовательских институтов и управлений промысловых разведок. М., ОНТИ ВНИРО, 1977, с. 32.

Руководство по проведению гидроакустических съемок. М., ОНТИ ВНИРО, 1984, с.124.

Любимова, Т.Г., В.В.Шевцова. Некоторые данные о количестве криля в отдельных районах Южного океана. Рыбное хозяйство, 1980, № 11, с.21-25.

Таблица 1. Уровень шумовых помех (см. пояснение в тексте)

Волнение моря	Скорость хода	Показания интегратора	Уровень шумовых помех, мкВ
Штиль	Дрейф	39	1
3 балла	8 узлов	971	5

Таблица 2. Отражательная способность одиночного объекта (см. пояснение в тексте)

L_i , см	3,2	3,6	4,0	4,4	4,8	5,2
(L_i) , м ² , $\times 10^{-6}$	3,0	3,9	4,4	6,0	6,7	7,7
n_i , %	12	61	15	5	4	3

Таблица 3. Данные расчета биомассы скоплений (см. пояснения в тексте)

Параметр	№ градации			Итого
	1	2	3	
Граничные значения плотности, т/миля ²	От 145 < 145 до 275 > 275			
Число отсчетов показаний интегратора m_i	41	33	17	91
Среднее значение плотности i , т/миля ²	69	199	310	
Дисперсия значений плотности D_i , (т/миля ²) ² , $\times 10^3$	2,27	3,71	1,62	
Площадь S_i , миля ²	6380	4730	1429	12539
Биомасса w_i , т, $\times 10^4$	44	94	44	182
Ошибки оценки биомассы i , т, $\times 10^4$	4,7	5,0	1,4	7,1

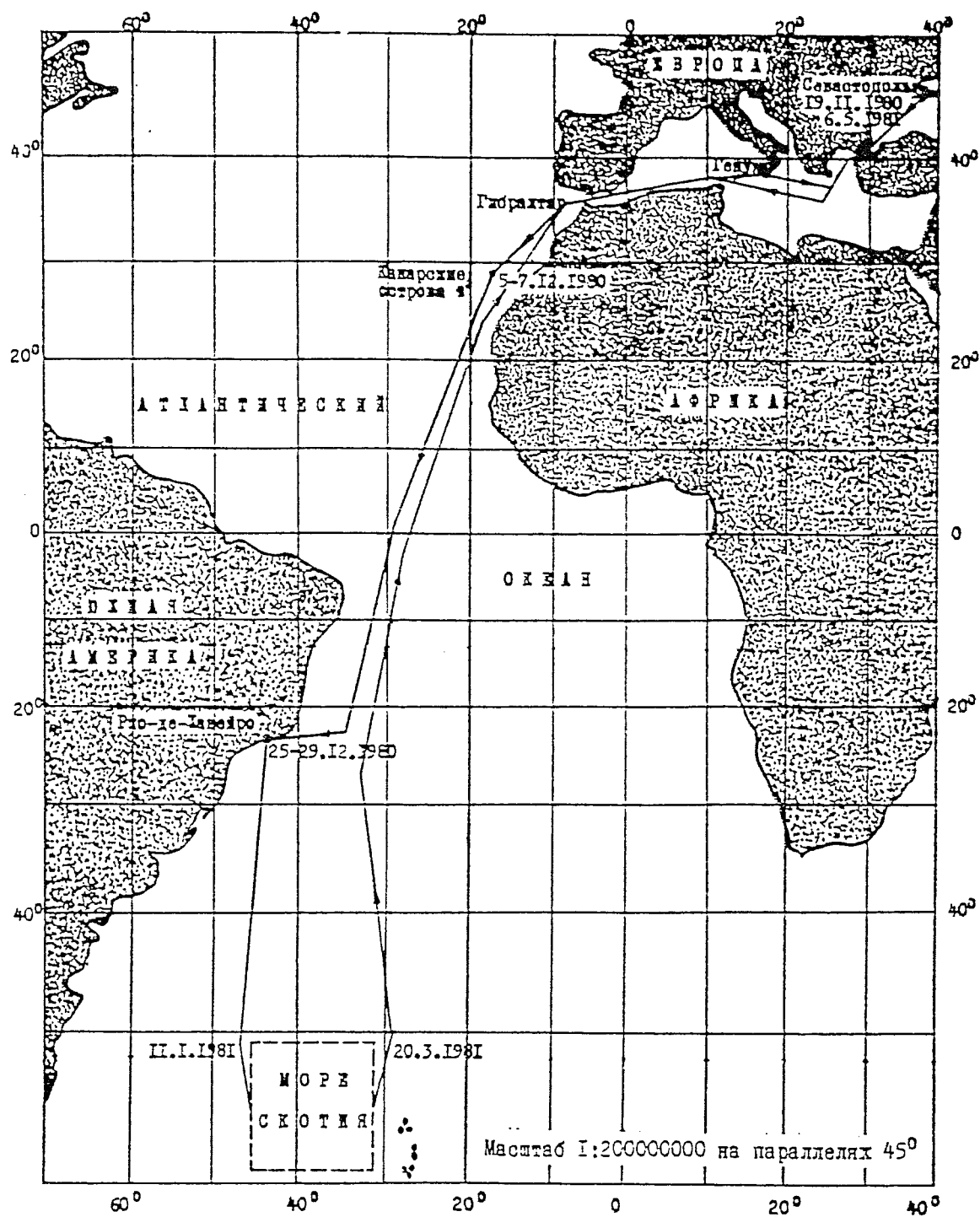


Рис.1 Маршрутная схема рейса

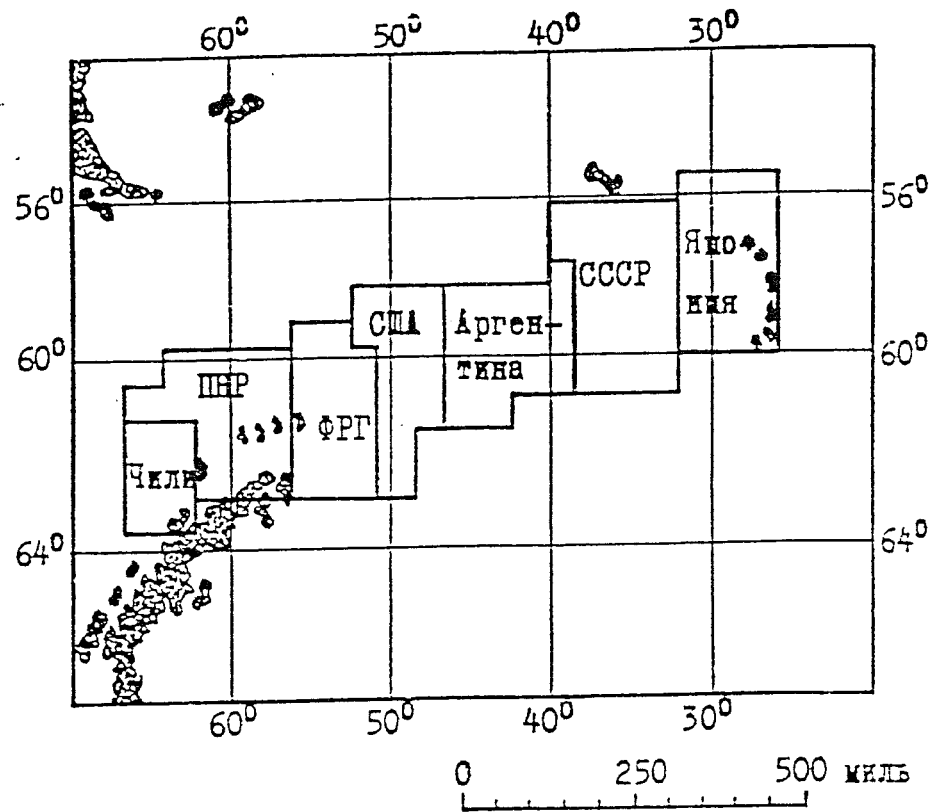


Рис.2 Полигоны работы по международной программе ФАЙБЕКС

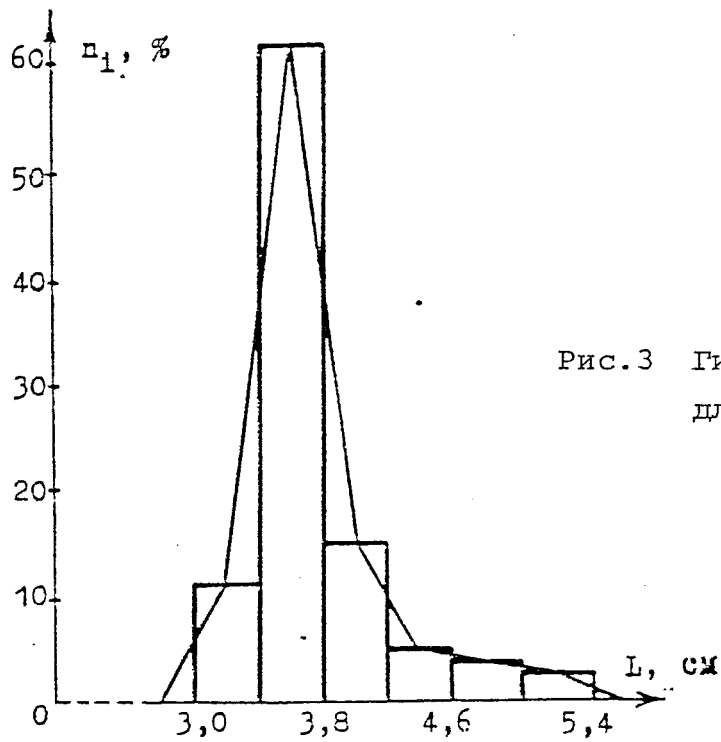


Рис.3 Гистограмма распределения длин особей Антарктического криля

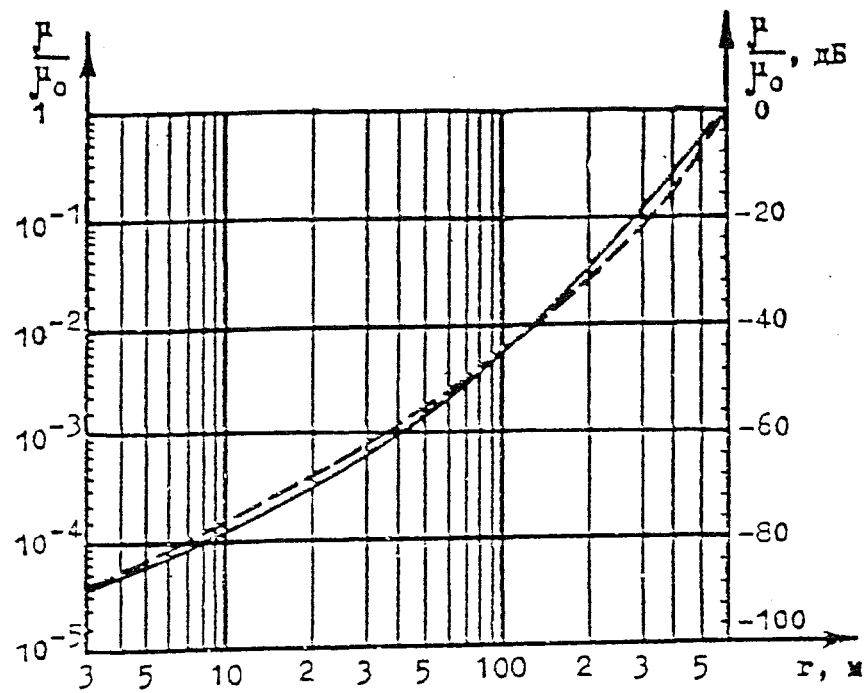


Рис.4 Характеристики ВАРУ
/--- расчетная, — измеренная /

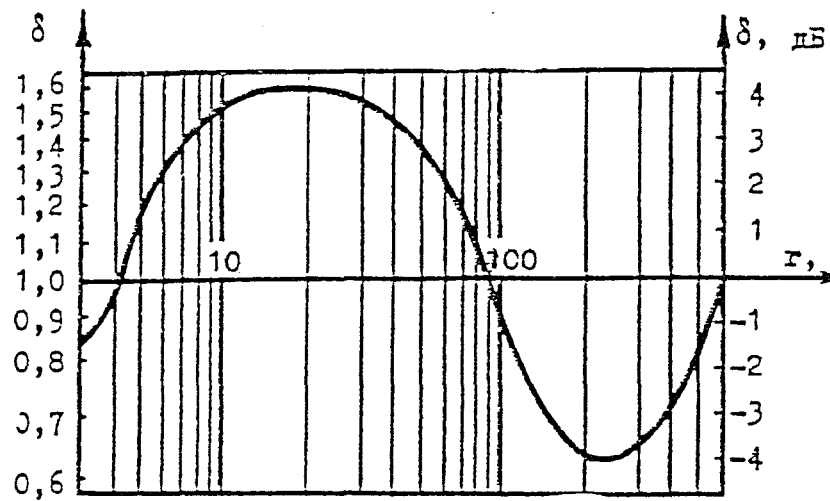


Рис.5 Кривая поправочного коэффициента

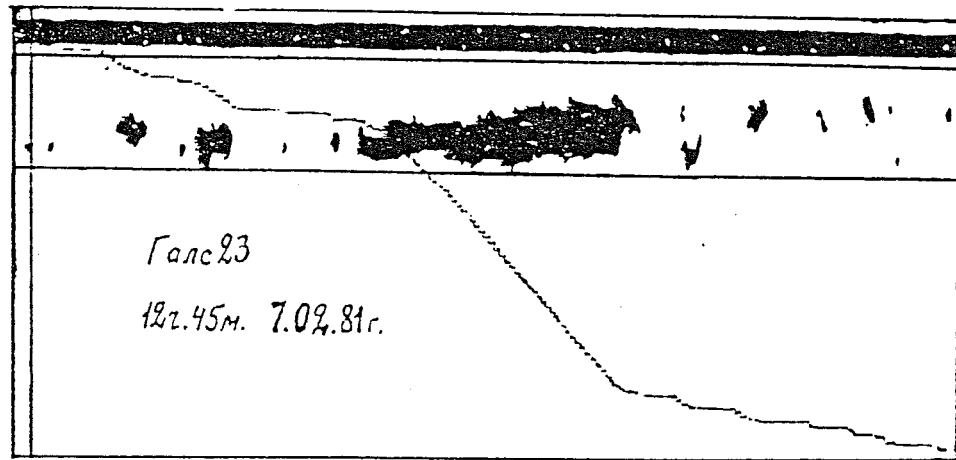


Рис. 6 Эхограмма Антарктического криля

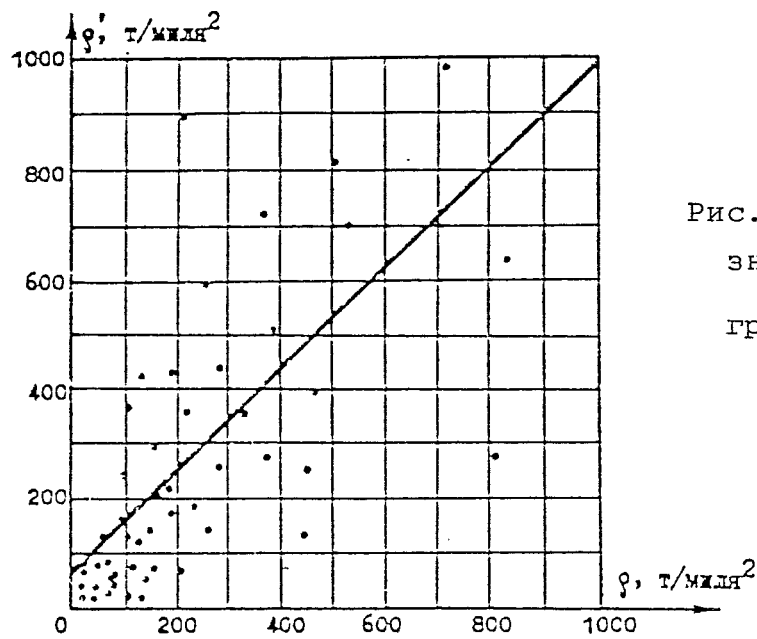


Рис. 7 Поле корреляции значений плотности и график уравнения регрессии

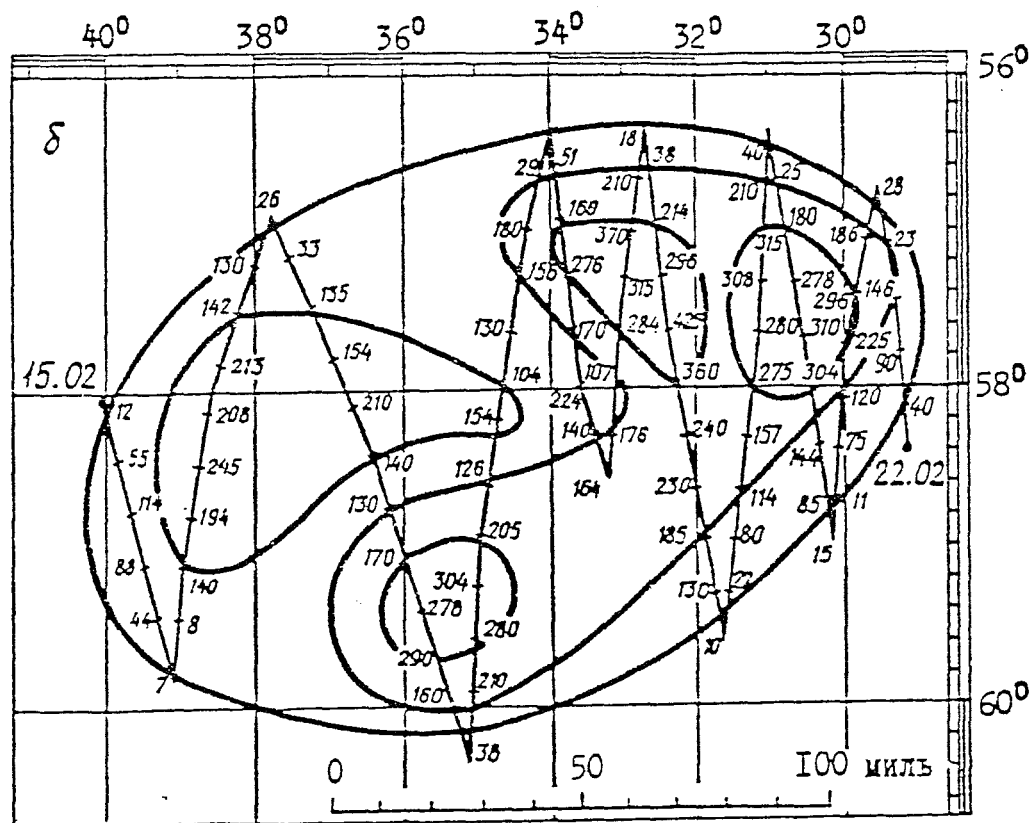
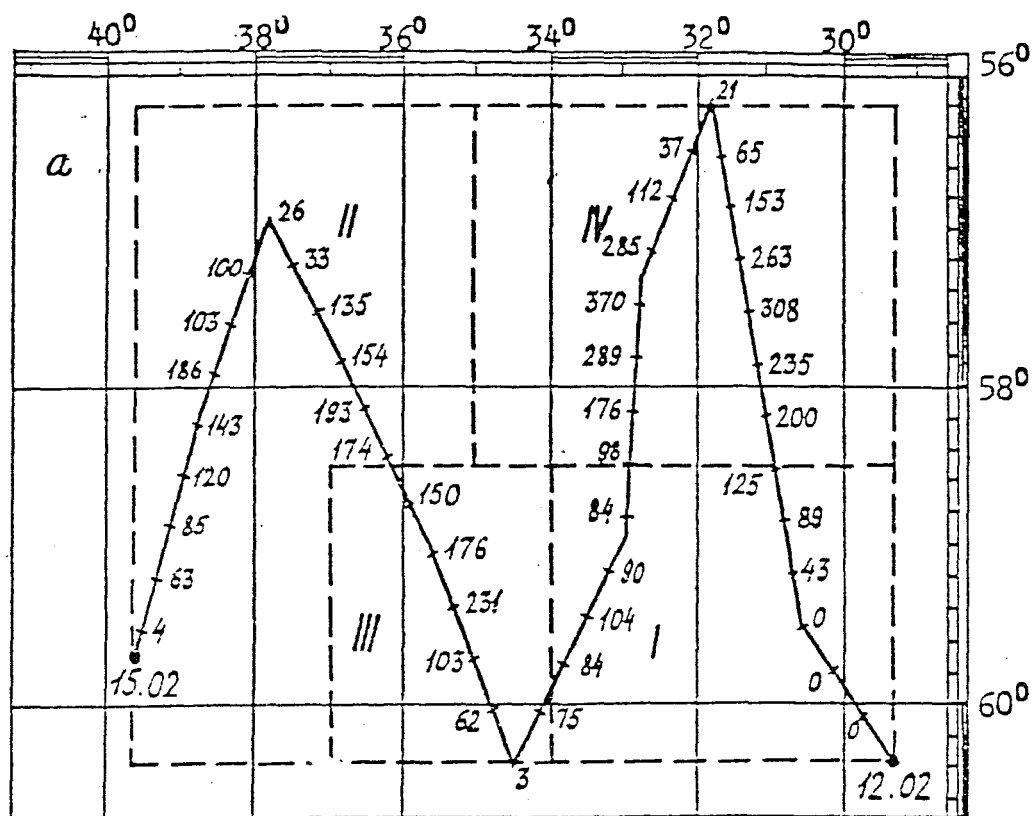


Рис. 8 Карта-планшет рекогносцировочной /а/ и
детальной /б/ гидроакустических съемок

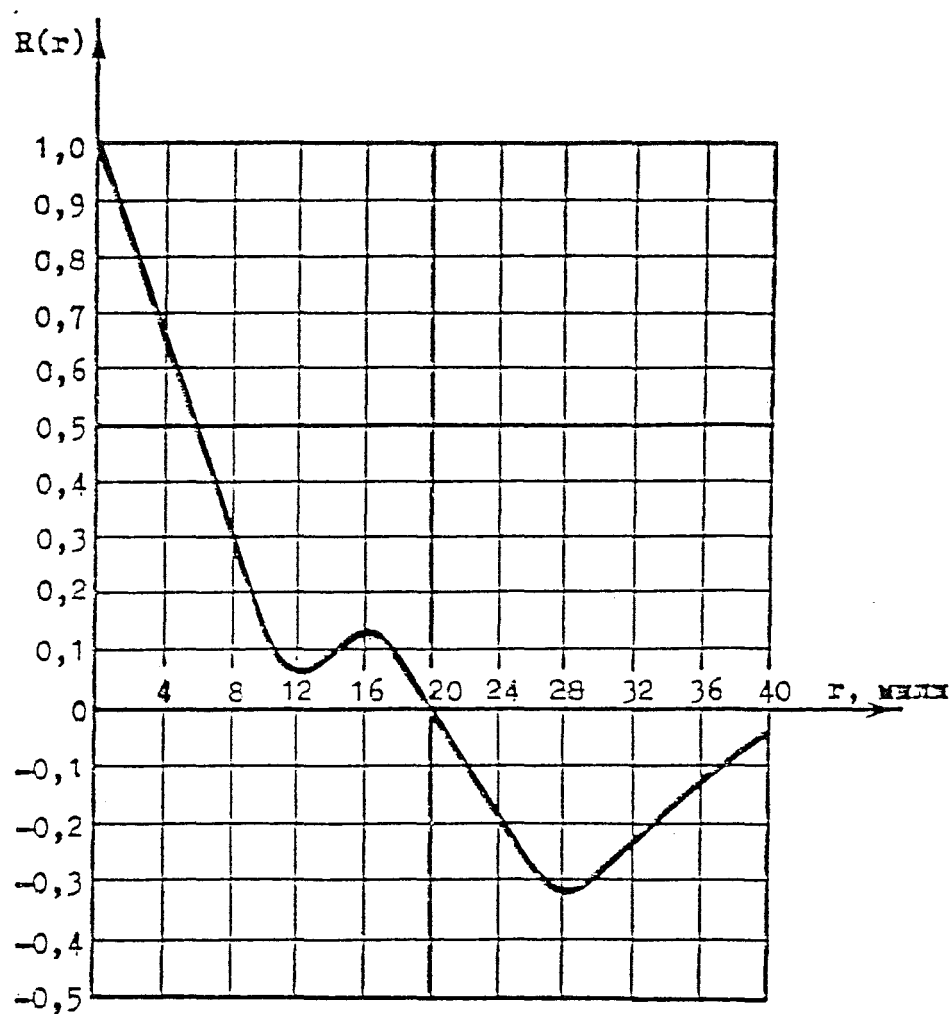


Рис. 9 Функции корреляции значений плотности скоплений Антарктического криля

List of Tables

- Table 1 Level of noise interference (see text for explanation).
- Table 2 Reflectivity of a single target (see text for explanation).
- Table 3 Swarm biomass estimates (see text for explanation).

List of Figures

- Fig. 1 Cruise-track of vessel.
- Fig. 2 Areas covered by the international FIBEX programme.
- Fig. 3 Histogram of length distribution of Antarctic krill.
- Fig. 4 TVG curves (- - - estimated, — measured).
- Fig. 5 Correction factor curve.
- Fig. 6 Echogram of Antarctic krill.
- Fig. 7 Field of correlation of density values and regression equation graph.
- Fig. 8 Plotting-chart for a reconnaissance (a) and detailed (6) hydroacoustic survey.
- Fig. 9 Correlation function of Antarctic krill swarm density values.

Liste des Tableaux

- Tableau 1 Niveau d'interférences sonores (voir texte pour explication)
- Tableau 2 Réflectivité d'une cible simple (voir texte pour explication)
- Tableau 3 Estimations de la biomasse des bancs (voir texte pour explication)

Liste des Figures

- Fig. 1 Trajet du navire
- Fig. 2 Zones couvertes par le programme international FIBEX
- Fig. 3 Histogramme de distribution de longueur du krill antarctique
- Fig. 4 Courbes TVG (-----estimées——mesurées)
- Fig. 5 Echogramme du krill antarctique
- Fig. 7 Champ de corrélation des valeurs de densité et graphique d'équation de régression.
- Fig. 8 Carte de reconnaissance (a) et étude hydroacoustique détaillée (6)
- Fig. 9 Fonction de corrélation des valeurs de densité des bancs de krill antarctique

Lista de Tablas

- Tabla 1 Nivel de interferencia de ruido (véase explicación en el texto).
- Tabla 2 Reflectividad de un objetivo individual (véase explicación en el texto).
- Tabla 3 Estimaciones de la biomasa del cardúmen (véase explicación en el texto).

Lista de Figuras

- Fig. 1 Trayectoria del crucero de la nave.
- Fig. 2 Areas cubiertas por el programa internacional FIBEX.
- Fig. 3 Histograma de distribución de tamaños de krill Antártico.
- Fig. 4 Curvas TVG (----- estimadas, ——— medidas).
- Fig. 5 Curva de factor de corrección.
- Fig. 6 Ecograma de krill Antártico.
- Fig. 7 Gráfico de campo de correlación de valores de densidad y ecuación de regresión.
- Fig. 8 Carta de navegación para un reconocimiento (a) y prospección hidroacústica (b) detallada.
- Fig. 9 Función de correlación de valores de densidad de cardúmen de krill Antártico.

Список таблиц

- Таблица 1 Уровень шумовых помех (см. пояснение в тексте)
- Таблица 2 Отражательная способность одиночного объекта (см. пояснение в тексте)
- Таблица 3 Данные расчета биомассы скоплений (см. пояснения в тексте)

Список рисунков

- Рис. 1 Маршрутная схема рейса
- Рис. 2 Полигоны работы по международной программе ФАЙБЕКС
- Рис. 3 Гистограмма распределения длин особей Антарктического криля
- Рис. 4 Характеристики ВАРУ (--- расчетная, — измеренная)
- Рис. 5 Кривая поправочного коэффициента
- Рис. 6 Эхограмма антарктического криля
- Рис. 7 Поле корреляции значений плотности и график уравнения регрессии
- Рис. 8 Карта-планшет рекогносцировочной (а) и детальной (б) гидроакустических съемок
- Рис. 9 Функции корреляции значений плотности скоплений Антарктического криля.

METHODOLOGICAL GUIDELINES ON THE ASSESSMENT OF TRAWL CATCHABILITY OF
KRILL BY MEANS OF STATISTICAL MODELLING

Z.I.Kizner
(U.S.S.R.)

Abstract

This paper offers an approach to the assessment of the relative effectiveness of krill fishing gear by means of statistical modelling. The Monte-Carlo method, which is described in the works by Metropolis, N., Ulam, S. (1949) and Sobol, I. M. (1978), is used as a basis. The Monte-Carlo method is useful for solving problems related to the quantitative assessment of complex stochastic systems, including the assessment of the effectiveness of trawl nets used in krill fishing. However, on its own the Monte-Carlo method does not provide a complete solution to the set problem. This paper sets out a method of comparative assessment of the effectiveness of trawl nets of various configurations. The algorithm for solving this problem is constructed in such a way that it can be applied without alteration for the assessment of the effectiveness of trawl nets of any configuration and affects only the input information.

The paper formulates axioms describing the ideal situation for the process of entrapment of krill by the net; this permits the rigorous mathematical formulation of the problem and the development of an algorithm for its solution. A detailed description is given of the algorithm for the assessment of the effectiveness of krill trawl nets, which includes a principal module and the module RESOLV (i.e. the resolution of several systems composed of two linear equations and two double inequalities).

The proposed algorithm can be realised by computer in the algorithmic languages ALGOL, FORTRAN or PL-1; for this the utilisation of a rapid-operation computer is recommended.

* * * * *

PRINCIPES METHODOLOGIQUES DIRECTEURS SUR L'EVALUATION DES
POSSIBILITES DE CHALUTAGE DU KRILL AU MOYEN DE MODELES
STATISTIQUES

Z.I.Kizner
(U.R.S.S.)

Résumé

Ce document présente une manière d'aborder l'évaluation de l'efficacité relative des engins de pêche du krill au moyen de modèles statistiques. La méthode Monte-Carlo, décrite dans les ouvrages de Metropolis, N., Ulam, S. (1949) et Sobol, I. M. (1978) a servi de base. La méthode Monte-Carlo est utile pour résoudre les problèmes liés à l'évaluation quantitative de systèmes stochastiques

complexes, y compris l'évaluation des chaluts dans la pêche de krill. Cependant la méthode Monte-Carlo ne constitue pas, à elle seule, une solution complète au problème posé. Ce document présente une méthode pour l'évaluation comparative de l'efficacité des chaluts de diverses configurations. L'algorithme utilisé pour résoudre ce problème est construit de telle sorte qu'il peut être appliqué sans modification aucune pour évaluer l'efficacité des chaluts de toute configuration et n'affecte que les renseignements fournis.

Le document présente la formulation des axiomes décrivant la situation idéale relative au processus par lequel le krill se prend dans le chalut; ceci permet la formulation mathématique rigoureuse du problème et l'élaboration d'un algorithme pour le résoudre. Le document présente une description détaillée de l'algorithme concernant l'évaluation de l'efficacité des chaluts. Cette description comprend un module principal et le module RESOLV (c'est-à-dire la résolution de plusieurs systèmes composés de deux équations linéaires et deux inégalités doubles).

L'algorithme proposé peut être réalisé à l'aide d'un ordinateur en se servant des langues algorithmiques ALGOL, FORTRAN ou PL-1. Pour ce faire, il est recommandé d'utiliser un ordinateur à opération rapide.

* * * * *

PAUTAS METODOLOGICAS SOBRE LA EVALUACION DE LA CAPACIDAD DE ARRASTRE :
EN LA CAPTURA DE KRILL POR MEDIO DE MODELACION ESTADISTICA

Z.I.Kizner
(U.R.S.S.)

Resumen

Este documento ofrece un enfoque para la evaluación de la relativa eficiencia de los aparejos de pesca del krill por medio de modelación estadística. El método Monte-Carlo, que se describe en los trabajos de Metropolis, N., Ulam, S. (1949) y Sobol, I. M. (1978), se usa de base. El método Monte-Carlo es útil para resolver problemas relacionados a la evaluación cuantitativa de sistemas fortuitos complejos, incluyendo la evaluación de la eficiencia de las redes de arrastre empleadas en la pesca de krill. Sin embargo, el método Monte-Carlo por sí mismo, no provee una solución completa al problema planteado. Este documento expone un método de evaluación comparativa de la eficiencia de las redes de arrastre de diversas configuraciones. El algoritmo para resolver este problema se construye de tal manera, que puede ser aplicado sin alteración para la evaluación de la eficiencia de las redes de arrastre de cualquier configuración, y afecta sólo la información de entrada.

El documento formula axiomas que describen la situación ideal del proceso de atrape de krill por la red; ello permite la formulación matemática rigurosa del problema y el desarrollo de un algoritmo para su solución. Se da una descripción detallada del algoritmo para la evaluación de la eficiencia de las redes de arrastre de krill, lo que incluye un módulo principal y el módulo RESOLV (es decir, la resolución de varios sistemas, compuestos de dos ecuaciones lineares y dos desigualdades dobles).

El algoritmo propuesto puede ser realizado por computación en los lenguajes algorítmicos ALGOL, FORTRAN o PL-1; para ello, se recomienda la utilización de un sistema de computación de operación rápida.

* * * * *

МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ УСТАНОВКИ ПО ОПРЕДЕЛЕНИЮ МЕТОДОМ СТАТИСТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ УЛОВИСТОСТИ СЕТНЫХ ПОЛОТЕН ДЛЯ ЛОВА КРИЛЯ

З.И. Кизнер
(СССР)

Резюме

Предлагается подход к определению сравнительной уловистости орудий лова, используемых на промысле криля, методом статистического моделирования. За основу принят метод Монте-Карло, описанный в работах Metropolis, N, Ulam, S (1949), Соболя И. М. (1978). Использование метода Монте-Карло полезно при решении задач, связанных с количественными оценками сложных стохастических систем, в том числе и задачи уловистости сетного полотна для лова криля. Однако сам по себе метод Монте-Карло не позволяет решить в целом поставленную задачу.

В настоящей работе излагается метод сравнительной оценки уловистости сетных полотен различных конфигураций. Алгоритм решения задачи составлен так, что он применим без каких-либо изменений для оценки уловистости сетного полотна любой конфигурации и отражается лишь на входной информации.

В работе сформулированы аксиомы, описывающие идеализацию процесса захвата рачков сетью, что позволяет дать строгую математическую постановку задачи и разработать алгоритм ее решения.

Подробно описывается алгоритм решения задачи определения уловистости сетных полотен для лова криля, включая головной модуль и модуль RESOLV (решение нескольких систем из двух линейных уравнений и двух двойных неравенств).

Предложенный алгоритм может быть реализован с помощью ЭВМ на алгоритмических языках АЛГОЛ, ФОРТРАН или PL-1, при этом рекомендуется ориентироваться на быстродействующие ЭВМ.

* * * * *

МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ УСТАНОВКИ ПО ОПРЕДЕЛЕНИЮ МЕТОДОМ
СТАТИСТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ УЛОВИСТОСТИ СЕТНЫХ ПОЛОТЕН
ДЛЯ ЛОВА КРИЛЯ

Z.I.Kizner,
All-Union Research Institute of Marine Fisheries
and Oceanography (VNIRO)
U.S.S.R., Moscow B-140, Verkhnyaya Krasnoselskaya, 17.

Введение

При создании тралов перед конструкторами встает ряд серьезных проблем: новый трал должен быть уловистым, как можно меньше весить и оказывать возможно меньшее сопротивление при движении в воде. Главная цель разработчика нового орудия лова состоит в том, чтобы из некоторого набора возможных конструкций выбрать оптимальную. Нетрудно понять, что такая задача в общем случае некорректна и потому, строго говоря, бессодержательна.⁺ На самом деле процедура выбора "оптимальной" конструкции может быть сведена к независимой оценке каждого из трех названных выше показателей и последующей обобщающей экспертной оценке.

Определить массу конкретной конструкции нетрудно; для оценки сопротивления тралов также разработаны специальные методы (1,5). Гораздо труднее определить уловистость того или иного вида сетного полотна или орудия лова. Обычно для этой цели создают опытные образцы и проверяют их в реальных условиях или в специальных бассейнах. Создание опытных образцов и их экспериментальная проверка обычно трудоемки и дороги.

В данной работе предлагается экономичный метод сравнительной оценки уловистости крилевых сетей (точнее, - сетного полотна, используемого при создании крилевых сетей) посредством серии экспериментов на ЭВМ.

⁺ В этой связи хочется привести высказывание Е.С.Вентцель (2) о многокритериальных задачах: "Решение, обращающее в максимум один какой-то показатель, как правило, не обращает ни в максимум, ни в минимум другие. Поэтому часто применяется формулировка: достигнуть максимального эффекта при минимальных затратах представляет собой не более, чем фразу и при научном анализе должна быть отброшена".

Метод машинной "игры", называемый также методом статистического моделирования (статистических испытаний), или методом Монте-Карло, был введен в математическую практику в 1949 г. С. Уламом и Дж. Нейманом, хотя первая публикация по этому вопросу принадлежит Метрополису и Уламу (6).

С теорией и возможностями этого метода знакомят, например, монографии С.М. Ермакова, Г.А. Михайлова (3) и И.М. Соболя (4).

Метод Монте-Карло особенно полезен в задачах, связанных с количественными оценками деятельности сложных стохастических систем (например, систем массового обслуживания). К этой категории задач относится и задача оценки уловистости сетного полотна для ловли криля.

Предлагаемая методика была разработана по инициативе сотрудника лаборатории механизации и автоматизации производственных процессов ВНИРО А.Е. Ниточкина, которому принадлежала сама идея использовать ЭВМ для указанной цели.

СУЩЕСТВО ЗАДАЧИ И ЕЕ ФОРМАЛИЗАЦИЯ

Общая характеристика задачи

Конфигурация сетного полотна определяется видом его ячеек. Задача же по существу состоит в том, чтобы посредством серии машинных экспериментов по заданной конфигурации крилевой сети определить ее уловистость как функцию размеров ячеек. Может случиться, что сеть состоит из однородных элементов, каждый из которых в свою очередь представляет собой набор неодинаковых ячеек (или их частей). В этой ситуации речь будет идти о размерах одного такого элемента, а не отдельной ячейки.

Понятно, что метод Монте-Карло не позволяет точно решить задачу. Здесь можно говорить только об оценке уловистости.

Ясно также и то, что при математической формулировке нашей задачи и выработке алгоритма ее решения нельзя обойтись без определенной идеализации процесса захвата криля сетью. Это, безусловно, должно привести к искажению окончательного результата, однако, вполне естественно полагать, что оно носит систематический характер, и, следовательно, полученная оценка уловистости будет тем выше, чем больше истинная уловистость сети.

Итак, излагаемый ниже метод позволяет дать сравнительную оценку уловистости сетных полотен различных конфигураций, и потому алгоритм решения задачи составлен так, что он применим без каких-либо изменений для оценки уловистости сетного полотна любой конфигурации (изменение вида сети⁺ отражается лишь на входной информации).

Дать строгую математическую постановку нашей задачи и разработать алгоритм ее решения можно только после того, как сформулированы гипотезы (аксиомы), описывающие идеализацию процесса захвата криля сеткой. Перечислим основные из них.

1. Кривизна трала считается малой по сравнению с размерами ячей и объектов лова (т.е. рачков), что позволяет рассматривать в каждом машинном эксперименте относительно небольшой плоский участок сетного полотна.

2. Продольный размер любого рачка предполагается существенно большим, чем его поперечный размер, а размеры ячей (по порядку величины) - сравнимы со средней длиной рачков. Это позволяет в численном эксперименте моделировать тело рачка отрезком прямой, который будем в дальнейшем называть иглой.

3. Средняя плотность тела рачка близка к плотности

⁺ В дальнейшем слова "сеть", "сетка" и "сетное полотно" обозначают одно понятие.

морской воды, поэтому криль находится по существу во взвешенном состоянии. На этом основании тело рачка моделируется отрезком, который случайным образом расположен в пространстве и находится в покое до момента соприкосновения с сетью, движущейся на него поступательно. Ввиду относительности движения можно также говорить о падении иголки на наклонную сетку, при котором иголка движется поступательно (без вращения) в направлении, параллельном оси фактического движения сетки.

4. Предполагается, что каждая иголка-рачок либо проходит сквозь сетку, либо, будучи задержана ею, спускается ниже, в глубь орудия лова, освобождая таким образом экспериментальную часть сетки. Это означает, что в нашем эксперименте чистый участок сети последовательно встречается с одиночными иголками.

5. Сеть считается составленной из совершенно одинаковых элементов (каждый из которых представляет собой либо ячейку, либо набор разнородных ячеек или частей этих ячеек), называемых ниже бипериодом сети. Иначе говоря, сеть представляется как некая система отрезков нитей, периодическая в двух направлениях. Это позволяет "бросать иголку" так, чтобы ее центр проектировался всегда в один и тот же бипериод.

ОПИСАНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ, ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ И ЭТАПЫ ЕЕ РЕШЕНИЯ

Постановка задачи

Заданы размеры бипериода сетного полотна TX и TZ по продольной и поперечной осям x и z соответственно и все отрезки нити, составляющие бипериод (координатами начал и концов этих отрезков); задана также длина иголки D и угол α , составляемый плоскостью сетки с плоскостью, перпендикулярной оси движения ("горизонтальной плоскостью") (рис. 1).

Нужно произвести некоторое заранее не известное число N экспериментов по бросанию иголки на сетку, в каждом из которых иголка либо проходит сквозь сетку, либо задерживается ею, подсчитать число NS "удачных" экспериментов, при которых иголка задерживается сетью, и определить таким образом величину

$$U = \frac{NS}{N} \cdot 100 ,$$

представляющую собой оценку уловистости сетки в процентах. Число N должно быть таким, чтобы оценка U , определенная по результатам $N - 1$ экспериментов, отличалась от следующей, N -й оценки не более, чем на заданную величину ER .

Изменяя с заданным шагом периоды TX и TZ , повторить описанную выше серию экспериментов и определить таким путем зависимость уловистости от периодов сетки (в определенных интервалах их значений).

Последовательность действий в одном эксперименте

1. Бипериод сетки задается набором координат начал и концов составляющих его нитей (на плоскости сетки C в координатах x и z , см. рис. 1); задаются также x - и z - периоды TX и TZ (размеры бипериода по осям x и z соответственно).

2. Иголка представляется 4-мя случайными числами: ξ, η, φ, ψ , (см.рис. 1). Величины ξ, η и ψ равномерно распределены в интервалах $0 \leq \xi \leq TX, 0 \leq \eta \leq TZ \cdot \cos \alpha, 0 \leq \psi \leq \pi$. Возможные значения φ заключены в интервале $0 \leq \varphi \leq \frac{\pi}{2}$, причем на этот раз не сам угол φ , а величина $\sin \varphi$ равномерно распределена в интервале $0 \leq \sin \varphi \leq 1$. Перечисленные условия означают, что как всевозможные положения центра тяжести иголки, так и всевозможные ее направления в пространстве равновероятны.

3. Проектируем на плоскость Π иголку, затем - бипериод

сетки. Определяем числа N_1 и N_2 - размеры прямоугольного куска сетки (вычисленные в периодах TX и TZ как единицах измерения длины), достаточные для того, чтобы проекция иголки на плоскость Π поместилась на проекции такого куска сетки (состоящего из $N_1 \times N_2$ бипериодов).

4. Выясняем, пересекается ли проекция иголки с проекциями отрезков нити, составляющих выбранный кусок сети (решая серию систем двух линейных уравнений и двух двойных неравенств). Если пересечений нет, то заключаем, что иголка прошла сквозь сеть. Такой эксперимент считаем неудачным. В противном случае запоминаем все точки пересечения.

5. Находим тот конец иголки, который первым пересекается с плоскостью сетки и определяем ту точку пересечения проекций, которая соответствует фактической точке пересечения иголки с некоторой нитью сетки (см. рис. 2а), а если иголка падает плашмя и таких точек несколько, то ближнюю к найденному первому концу иголки.

6. Найденная точка пересечения иголки с нитью есть точка, вокруг которой иголка будет поворачиваться под воздействием надвигающейся сети. Если центр тяжести иголки совпал с этой точкой или оказался между ней и найденным первым концом иголки, то он уже прошел через плоскость сетки, и, следовательно, иголка не задержится нитью, а значит, и этот эксперимент неудачен. В противном случае иголка опрокидывается на плоскость сетки (см. рис. 2а).

7. Находим координаты опрокинувшейся на плоскость S иголки и отыскиваем точки пересечения собственно иголки с нитями сетки методом, описанным в п. 4. При этом предполагается, что при опрокидывании иголка ведет себя как твердое тело с закрепленной точкой, т.е. поворачивается вокруг точки, найденной в п. 6, оставаясь все время в одной и той же "вертикаль-

ной" плоскости (определяемой первоначальным положением иголки и ее проекцией на плоскость Π).

8. Если иголка пересекается с некоторой нитью в точке, расположенной между найденным в п. 5 первым своим концом и точкой, вокруг которой осуществляется поворот, то это значит, что произошло защемление (см. рис. 2б), и, следовательно, иголка захвачена сеткой. Если существует точка пересечения между центром иголки и ее вторым концом, то иголка обычным образом опирается по меньшей мере на две нити и также удерживается сеткой (см. рис. 2в). Только в этих двух случаях эксперимент считается удачным. Во всех прочих случаях иголка, опрокинувшись на плоскость, продолжает поворачиваться и в конце концов "проваливается" сквозь сетку; естественно, такой эксперимент относится к категории неудачных.

Входная информация

1. Константы. D - длина иголки (см),

α - угол между плоскостью сетки и горизонтальной плоскостью Π (в рад),

TX_0 , TZ_0 и TX_1 , TZ_1 - начальные и конечные периоды сетки по осям X и Z ,

NP - число отрезков нити в одном бипериоде,

NDX и NDZ - число изменений периода по осям X и Z ,

NM - максимально допустимое число экспериментов,

ER - погрешность вычислений уловистости (в %).

2. Массивы - координаты концов нитей, составляющих главный бипериод (в мм) :

$X_1(i)$ и $Z_1(i)$ - X -координата и Z -координата начала i -го отрезка нити,

$X_2(i)$ и $Z_2(i)$ - X -координата и Z -координата конца i -го отрезка нити (здесь $i = 1, \dots, NP$).

Замечание о способах задания главного бипериода. Нужно

иметь в виду, что один и тот же вид сети может быть представлен как совокупность однотипных бипериодов по-разному.

Например, сеть, показанную на рис. 3, удобно задать в виде набора бипериодов одним из четырех способов (рис. 4). В данном случае $P = 4$. Если в качестве бипериода сетки, показанной на рис. 3, взят ее элемент, изображенный на рис. 4, а его размеры соответствуют показанным на рис. 5а (цифрами 1, 2, 3, 4 показан порядок пересчета отрезков нити), то массивы $X_1(i)$, $X_2(i)$, $Z_1(i)$, $Z_2(i)$ представляют собой координаты точек 0, А, В, С, Д, взятых в определенном порядке и повторенных нужное число раз (таблица, вариант 1). Пример массивов $X_1(i)$, $X_2(i)$, $Z_1(i)$, $Z_2(i)$, соответствующих случаю, показанному на рис. 5б, приведен в таблице (вариант 2).

Выходная информация

Результатами расчетов служат таблицы значений уловистости сетки U , ошибки E определения U и количества экспериментов N (потребовавшихся для определения данного значения U) в зависимости от размеров TX , TZ . На печать следует также выдать все входные величины и текущие значения TX и TZ .

АЛГОРИТМ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ

Головной модуль

1. Ввести и распечатать все входные константы и массивы (см. раздел "Входная информация").

$$2. \quad HX = (TX_1 - TX_0)/NDX, \quad HZ = (TZ_1 - TZ_0)/NDZ.$$

3. Начало цикла по LX от 1 до $NDX + 1$, шаг 1.

4. "Растяжение сетки в направлении оси x :"

$$TX = TX_0 + HX \cdot (LX - 1), \quad EX = TX/TX_0,$$

$$x_1(i) = x_1(i) \cdot EX, \quad x_2(i) = x_2(i) \cdot EX$$

для всех $i = 1, \dots, NP$.

5. Начало цикла по LZ от 1 до $NDZ + 1$, шаг 1.

6. "Растяжение" сетки по оси z :

$$TZ = TZ_0 + HZ \cdot (LZ - 1), \quad EZ = TZ/TZ_0,$$

$$z_1(i) = z_1(i) \cdot EZ, \quad z_2(i) = z_2(i) \cdot EZ \quad (\text{для всех } i = 1, \dots, NP).$$

7. $NF = 0$ (NF - счетчик числа неудачных экспериментов),
 $W_1 = 0$ (см. п. 29).

8. Начало цикла по j от 1 до NM , шаг 1 (повторение эксперимента по бросанию иголки).

9. Произвести четыре случайных числа ξ, η, ψ и $\epsilon = \sin \psi$, каждое из которых является реализацией равномерно распределенной случайной величины: ξ - в интервале от 0 до TX , η - от 0 до $TZ \cdot \cos \alpha$, ψ - от 0 до 2π , ϵ - от 0 до 1.

Эти числа независимы, т.е. для их реализации нужно использовать четыре различных датчика псевдослучайных равномерно распределенных чисел.

10. Определение проекций концов иголки на плоскость Π , перпендикулярную оси движения:

$$\xi_1 = \xi - \frac{D}{2} \cdot \cos \psi \cdot \cos \psi, \quad \xi_2 = \xi + \frac{D}{2} \cdot \cos \psi \cdot \cos \psi,$$

$$\eta_1 = \eta - \frac{D}{2} \cdot \cos \psi \cdot \sin \psi, \quad \eta_2 = \eta + \frac{D}{2} \cdot \cos \psi \cdot \sin \psi,$$

где $\cos \psi = \sqrt{1 - \epsilon^2}$ (напомним, что $\sin \psi = \epsilon$ - см. п. 9).

11. Проверка на случай, когда иголка падает почти отвесно:

если $|\xi_2 - \xi_1| < 10^{-6}$ и $|\eta_2 - \eta_1| < 10^{-6}$, то перейти к п. 29, иначе - продолжить.

12. Проекция сетки на плоскость П с координатами x, y :

$$TY = TZ \cdot \cos \alpha,$$

$$y_1(i) = z_1(i) \cdot \cos \alpha, \quad y_2(i) = z_2(i) \cdot \cos \alpha \quad (\text{для}$$

всех $i = 1, \dots, NP$).

13. С заготовленными величинами $NP, TX, TY, \xi_1, \xi_2,$

η_1, η_2 и массивами $x_1(i), x_2(i), y_1(i), y_2(i)$ (где $i = 1, \dots, NP$) войти в модуль *RESOLV*. На выходе из него имеем число K - количество точек пересечения проекции иголки с проекцией сетки на плоскость П, также массивы $X(M)$ и $Y(M)$, (где $M = 1, \dots, K$) координат точек пересечения.

14. Если $K = 0$ (т.е. нет пересечений), то перейти к п. 29, иначе - продолжить.

15. Определение того конца иголки, который первым пересекается с плоскостью сетки (пункты 15 и 16):

если $\psi \geq \pi$, то перейти к п. 17, иначе - продолжить.

$$16. V = D \cdot b, \quad V_1 = (\eta_2 - \eta_1) \cdot \operatorname{tg} \alpha.$$

Если $V > V_1$, то первым оказался конец иголки с координатами ξ_1 и η_1 . В этом случае перейти к п. 17, иначе - к п. 18.

17. (Первым оказался конец иголки с индексом 1).

Положить $PRIS = 0$ и просмотреть значения переменной

$$R = \sqrt{(\xi_1 - X(M))^2 + (\eta_1 - Y(M))^2}$$

при всех $M = 1, \dots, K$; выбрать такое значение M (обозначаемое через MM), при котором R достигает минимума, положить:

$$XR = X(MM), \quad ZR = Y(MM)/\cos \alpha,$$

$$D_1 = \min_{1 \leq M \leq K} (R) = \sqrt{(\xi_1 - X(MM))^2 + (\eta_1 - Y(MM))^2}.$$

Полученные здесь величины XR и ZR - это координаты точки на плоскости C , вокруг которой будет поворачиваться иголка. Перейти к п. 19.

18. (Первым оказался конец иголки с индексом 2). Положить $PRIS = 1$ и просмотреть значения переменной

$$R = \sqrt{(\xi_2 - X(M))^2 + (\eta_2 - Y(M))^2}$$

при всех $M = 1, \dots, K$; выбрать такое значение $M = MM$, при котором R достигает минимума, положить:

$$XR = X(MM), \quad ZR = Y(MM)/\cos \alpha,$$

$$D_1 = \min_{1 \leq M \leq K} (R) = \sqrt{(\xi_1 - X(MM))^2 + (\eta_1 - Y(MM))^2}$$

(Смысл величин XR и ZR тот же, что и в п. 17).

19. Проверка положения "центра тяжести" иголки (если он прошел через плоскость сетки, то иголка пройдет сквозь сетку).

Если $D_1 \geq \frac{D}{2} \cdot \cos \varphi$, то перейти к п. 29 (как и в п. 10, здесь $\cos \varphi = \sqrt{1 - \delta^2}$), иначе - продолжить.

20. Опрокидывание иголки на плоскость сетки (вращение вокруг точки соприкосновения (XR, ZR) , найденной в п.п. 17, 18, и определение координат концов иголки на плоскости C):

$$\xi_1 = \eta_1 / \cos \alpha, \quad \xi_2 = \eta_2 / \cos \alpha,$$

$$F = D / \sqrt{(\xi_2 - \xi_1)^2 + (\xi_2 - \xi_1)^2};$$

$$\xi_1 = ZR + (\xi_1 - ZR) \cdot F, \quad \xi_2 = ZR + (\xi_2 - ZR) \cdot F,$$

$$\eta_1 = XR + (\xi_1 - XR) \cdot F, \quad \eta_2 = XR + (\xi_2 - XR) \cdot F.$$

21. Сетка на плоскости С с координатами x, z :
 $TU = TZ, Y_1(i) = Z_1(i), Y_2(i) = Z_2(i)$ (для всех $i = 1, \dots, NP$).

22. С заготовленными величинами $NP, TX, TU, \xi_1, \xi_2, \eta_1, \eta_2$ и массивами $x_1(i), x_2(i), y_1(i), y_2(i)$ (где $i = 1, \dots, NP$) войти в модуль *RESOLV*. На выходе из него имеем число K - количество точек пересечения иголки с сеткой (на плоскости С) и массивы их координат (в осях x и z): $X(M), Y(M)$, где $M = 1, \dots, K$.

23. Начало цикла по M от 1 до K , шаг 1 (просмотр всех точек пересечения иголки с нитями сетки).

$$24. D_2 = \sqrt{(\xi_1 - X(M))^2 + (\eta_1 - Y(M))^2},$$

$$D_3 = \sqrt{(\xi_1 - XR)^2 + (\eta_1 - ZR)^2},$$

$$D_4 = \sqrt{(\xi_2 - X(M))^2 + (\eta_2 - Y(M))^2}.$$

25. Если $PRIS \neq 0$, то перейти к п. 27, иначе - продолжить.

26. Если $D_2 < D_3$ или $D_4 < D/2$ (т.е. имеет место защемление или обычная опора иголки), то перейти к п. 30, иначе - к п. 28.

27. Если $D_2 < D/2$ или $D_4 < D_3$ (смысл тот же, что в п. 26), то перейти к п. 30, иначе - продолжить.

28. Продолжение цикла по M (т.е. $M = M + 1$, перейти к п. 24) или конец его (если $M = K$).

29. Иголka не удерживается сеткой (т.е. данный экспери-

мент оказался неудачным).

$$NF = NF + 1,$$

$$W = NF/j,$$

$$PE = 100 \cdot (W - W_1)/W, \quad W_1 = W.$$

Если $PE \leq ER$, то перейти к п. 31, иначе - продолжить.

30. Продолжение цикла по j (т.е. продолжение серии экспериментов: $j = j + 1$, перейти к п. 9) или конец его (если $j = NM$).

31. Определение выходных величин для текущих размеров биериода:

$$U(LX, LZ) = (1 - W) \cdot 100 - \text{уловистость сети (в \%)},$$

$$E(LX, LZ) = PE - \text{ошибка расчета величины } U(LX, LZ) \text{ (в \%)},$$

$$N(LX, LZ) = j - \text{число экспериментов серии}.$$

32. Продолжение цикла по LZ (т.е. $LZ = LZ + 1$, перейти к п. 6) или конец его (если $LZ = NDZ + 1$).

33. Продолжение цикла по LX (т.е. $LX = LX + 1$, перейти к п. 4) или конец его (если $LX = NDX + 1$).

34. Печать таблицы значений $U(LX, LZ)$, $E(LX, LZ)$, $N(LX, LZ)$.

35. Конец.

Модуль RESOLV

Модуль RESOLV (решение нескольких систем из двух линейных уравнений и двух двойных неравенств). Входными величинами для данного модуля служат константы NP , TX , TY , ξ_1 , ξ_2 , η_1 , η_2 и массивы $x_1(i)$, $x_2(i)$, $y_1(i)$, $y_2(i)$, где $i = 1, \dots, NP$. Они заготавливаются в головном модуле.

Выходные величины модуля - константа K - число точек пересечения и массивы координат этих точек $X(M)$ и $Y(M)$,
 $M = 1, \dots, K$ (см. пп. 13 и 22 головного модуля).

1. $K = 0$, $X(M) = 0$, $Y(M) = 0$ при $M = 1, \dots, 100$
 (предполагается, что количество точек пересечения иголки с нитями сетки или проекции иголки с проекциями нитей на плоскость Π не превышает 100).

2. Коэффициенты уравнения иголки $A_1x + B_1y = C_1$
 в плоскости S или ее проекции в плоскости Π :

$$A_1 = \eta_1 - \eta_2 \quad B_1 = \xi_2 - \xi_1 \quad C_1 = \xi_1(\eta_1 - \eta_2) + \eta_1(\xi_2 - \xi_1).$$

3. Определение размеров N_1 и N_2 прямоугольного куска сетки или ее проекции (в периодах), достаточного для того, чтобы на нем поместилась иголка или ее проекция.

$$\xi_{11} = \min(\xi_1, \xi_2), \quad \xi_{22} = \max(\xi_1, \xi_2),$$

$$\eta_{11} = \min(\eta_1, \eta_2), \quad \eta_{22} = \max(\eta_1, \eta_2),$$

$$i_1 = \lfloor \xi_{11}/TX \rfloor, \quad i_2 = \lfloor \xi_{22}/TX \rfloor, \quad j_1 = \lfloor \eta_{11}/TY \rfloor, \quad j_2 = \lfloor \eta_{22}/TY \rfloor,$$

где скобки $\lfloor \quad \rfloor$ обозначают целую часть числа x).

$$N_1 = i_2 - i_1 + 1, \quad N_2 = j_2 - j_1 + 1.$$

4. Начало цикла по MX от 1 до N_1 , шаг 1 (перебор всех периодов по оси x).

$$5. M_1 = MX + i_1 - 1$$

x) В некоторых алгоритмических языках имеется оператор взятия целой части от модуля числа с присвоением результату знака исходного числа. При пользовании этим оператором для определения истинной целой части отрицательного числа необходимо от результата отнимать единицу.

6. Начало цикла по MY от 1 до N_2 , шаг 1 (перебор всех периодов по оси y).

$$7. M_2 = MY + j_1 - 1.$$

8. Начало цикла по i_1 от 1 до NP (перебор всех отрезков нити в пределах одного бипериода).

$$9. P_1 = X_1(i) + TX \cdot M_1, \quad P_2 = X_2(i) + TX \cdot M_1,$$

$$Q_1 = Y_1(i) + TY \cdot M_2, \quad Q_2 = Y_2(i) + TY \cdot M_2.$$

10. Коэффициенты уравнения i -го отрезка нити $A_2x + B_2y = C_2$ в плоскости C или его проекции в плоскости Π :

$$A_2 = Q_1 - Q_2, \quad B_2 = P_2 - P_1, \quad C_2 = P_1 \cdot (Q_1 - Q_2) + Q_2 \cdot (P_2 - P_1).$$

$$11. DET = A_1 \cdot B_2 - A_2 \cdot B_1.$$

Если $DET < 10^{-6}$, то перейти к п. 15, иначе - продолжить.

12. Корень системы - координаты точки пересечения прямых, на которых лежат иголка и отрезок нити или их проекции:

$$XC = (C_1 \cdot B_2 - C_2 \cdot B_1) / DET,$$

$$YC = (C_2 \cdot A_1 - C_1 \cdot A_2) / DET.$$

13. Проверка пересечения собственно иголки и отрезка нити или их проекций.

$$13.1. X_{11} = \min(X_1, X_2), \quad X_{22} = \max(X_1, X_2),$$

$$Y_{11} = \min(Y_1, Y_2), \quad Y_{22} = \max(Y_1, Y_2).$$

13.2. Если $\xi_{11} \neq \xi_{22}$, то перейти к п. 13.4, иначе - продолжить.

13.3. Если $\eta_{11} < YC < \eta_{22}$, то перейти к п. 13.5, иначе - к п. 15.

13.4. Если $\xi_{11} < XC < \xi_{22}$, то перейти к п. 13.5, иначе - к п. 15.

13.5. Если $X_{11} \neq X_{22}$, то перейти к п. 13.7, иначе - продолжить.

13.6. Если $Y_{11} < YC < Y_{22}$, то перейти к п. 14, иначе - к п. 15.

13.7. Если $X_{11} < XC < X_{22}$, то перейти к п. 14, иначе - к п. 15.

14. $K = K + 1$,
 $X(K) = XC$, $Y(K) = YC$.

15. Продолжение цикла по i (т.е. $i = i + 1$, перейти к п. 9) или конец его (если $i = NP$).

16. Продолжение цикла по MY (т.е. $MY = MY + 1$, перейти к п. 7) или конец его (если $MY = N_2$).

17. Продолжение цикла по MX (т.е. $MX = MX + 1$, перейти к п. 5) или конец его (если $MX = N_1$).

Заключение

Предложенный в руководстве алгоритм может быть реализован с помощью ЭВМ второго или третьего поколения на алгоритмических языках АЛГОЛ, ФОРТРАН или PL - 1. Следует только иметь в виду, что многократная имитация процесса захвата криля сетью, осуществляемая алгоритмом, требует больших затрат машинного времени, и потому имеет смысл ориентироваться на быстродействующие ЭВМ.

С указанным обстоятельством связано задание двух казалось бы заменяющих друг друга входных величин NM и ER

(см. раздел "Входная информация", п. 1). Это сделано для того, чтобы иметь возможность прекратить счет после проведения заданного (предельного) числа экспериментов, даже если требуемая точность определения уловистости U не достигнута, ведь чем выше точность расчета, тем большее число экспериментов необходимо. Зная свой ресурс машинного времени и расход времени на один эксперимент, исследователь без труда определит величину NM .

Список рекомендуемой литературы

Баранов, Ф.И. Теория и расчет орудий рыболовства. Москва, Пищепромиздат, 1948, с. 435.

Вентцель, Е.С. Исследование операций: задачи, принципы, методология. Москва, "Наука", 1980, с. 209.

Ермаков, С.М., Г.А.Михайлов. Курс статистического моделирования. Москва, "Наука", 1976, с. 320.

Соболь, И.М. Метод Монте-Карло. Москва, "Наука", 1978, с. 64.

Фридман, А.Л. Теория и проектирование орудий промышленного рыболовства. Москва, "Пищевая промышленность", 1969, с. 568.

Metropolis, N., Ulam, S. The Monte Carlo method. J. Amer. Statist. Assoc., v. 44, No. 247, 1949, p. 335-341.

Таблица 1 Примеры массивов $X_1(i)$, $X_2(i)$, $Z_1(i)$ и $Z_2(i)$ для двух вариантов изображения сети с помощью бипериодов (Рис. 5 а, б)

Координаты	Вариант 1				Вариант 2			
	ОА	АВ	АС	АД	АВ	ВС	СД	ДА
X_1	0	7	7	7	7	0	7	14
Z_1	0	15	15	15	0	15	20	15
X_2	7	0	14	14	0	7	14	7
Z_2	15	20	20	0	15	20	15	0

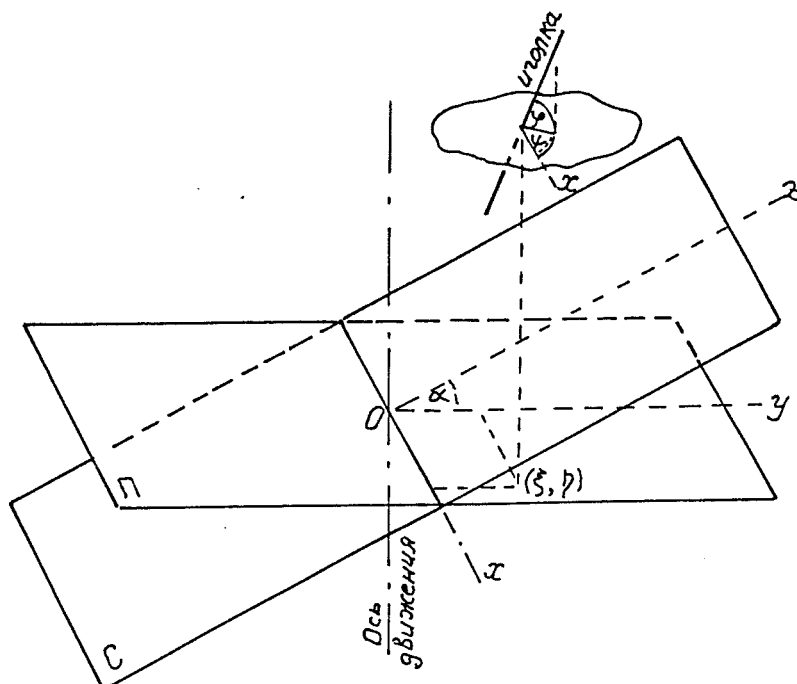


Рис.1 Основные обозначения

С - плоскость сетки с координатами X и Z ,
 П - плоскость, перпендикулярная оси движения с координатами X и Y ,
 α - угол между плоскостями С и П, т.е. между осями Z и Y ,
 φ - угол между иглой и плоскостью П с координатными осями,
 ψ - угол между проекцией иглы на плоскость П и осью,
 ξ, η - координаты проекции центра иглы / центра тяжести рачка / на плоскости П, в осях X и Y .

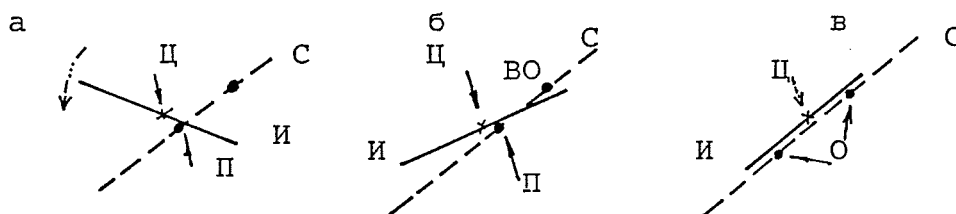


Рис.2 Варианты взаимодействия иглы и сетки

а - поворот, б - защемление, в - простая опора,
 И - игла, С - плоскость сетки, Ц - центр иглы, П - точка поворота, ВО - верхняя опора, О - опоры.

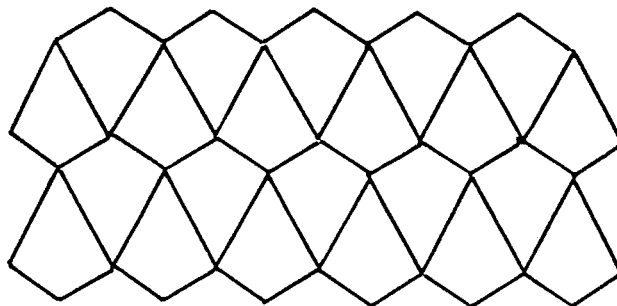


Рис.3 Схематическое изображение сетного полотна

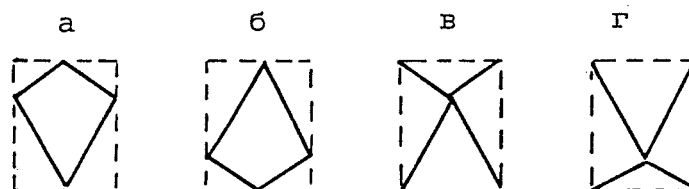


Рис.4 Бипериоды сетки / см. рис.3 /

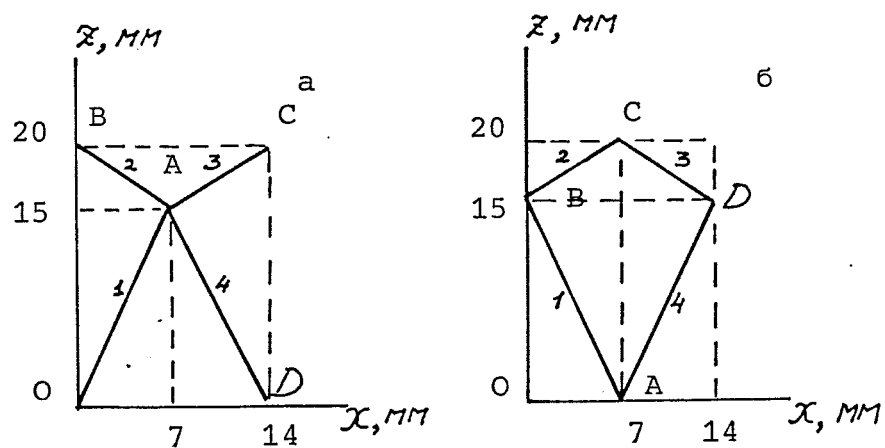


Рис.5 Размеры элементов бипериодов

List of Tables

Table 1 Examples of arrays $X_1(i)$, $X_2(i)$, $Z_1(i)$ and
 $Z_2(i)$ for two methods of representing a net using
 biperiods (Fig. 5 a,6).

List of Figures

Fig.1 Legend:

- C - net plane with coordinates x and z;
- Π - plane perpendicular to the axis of motion with coordinates x and y;
- α - angle between the planes C and Π , i.e. between the axes z and y;
- φ - angle between the needle and plane Π with reference axes;
- ψ - angle between the projection of the needle onto the plane Π and the axis;
- ξ, η - coordinates of the projection of the needle centre (centre of gravity of crustacean) onto plane Π with axes x and y.

Fig.2 Possible needle-net interactions:

- a - turn, 6 - jamming, B - simple support,
- N - needle, C - net plane, Π - needle centre,
- Π - turning point, BO - upper support, O - supports.

Fig. 3 Schematic representation of net

Fig. 4 Net biperiods (see Fig. 3)

Fig. 5 Size of biperiod elements

Liste des tableaux

Tableau 1 Exemples de tableaux $X_1(i)$, $X_2(i)$, $Z_1(i)$ et $Z_2(i)$ pour deux méthodes de représentation d'un filet utilisant des bipériodes (Fig. 5a, b).

Liste des Figures

Fig. 1 Légende

- C - Plan de filet avec coordonnées x et z;
- Π - Plan perpendiculaire à l'axe de mouvement avec coordonnées x et y;
- α - Angle entre les plans C et Π , c'est-à-dire entre les axes z et y;
- γ - Angle entre l'aiguille et le plan Π avec axes de référence;
- φ - Angle entre la projection de l'aiguille sur le plan Π et l'axe;
- ξ, η - Coordonnées de la projection du centre de l'aiguille (centre de gravité des crustacés) sur le plan Π avec axes x et y;

Fig. 2 Possibilités d'interactions entre l'aiguille et le filet:
a - tour, δ - blocage, B - simple support,
 κ - aiguille, C - plan de filet, Π - centre de l'aiguille
 Π - pivot, BO - support supérieur, O - supports.

Fig. 3 Représentation schématique du filet

Fig. 4 Bipériodes du filet (voir Fig. 3)

Fig. 5 Taille des éléments bipériodes

Lista de Tablas

Tabla 1 Ejemplos de ordenamientos $x_1(i)$, $x_2(i)$, $z_1(i)$ y $z_2(i)$ para dos métodos de representar una red usando biperíodos (Fig. 5 a, δ).

Lista de Figuras

Fig. 1 Leyenda

- C - plano de la red con coordenadas x y z;
- Π - plano perpendicular al eje de movimiento con coordenadas x e y;
- α - ángulo entre los planos C y Π, es decir entre los ejes z e y;
- γ - ángulo entre la aguja y el plano Π con ejes de referencia;
- 4 - ángulo entre la proyección de la aguja sobre el plano Π y el eje;
- ξ, η - coordenadas de la proyección del centro de la aguja (centro de gravedad de crustáceo) sobre el plano Π con los ejes x e y.

Fig. 2 Posibles interacciones aguja-red:

- a - llave, δ - obturación, B - soporte simple,
- U - aguja, C - plano de la red, Π - centro de la aguja,
- Π - punto de retorno, BO - soporte superior, O - soportes.

Fig. 3 Representación esquemática de la red

Fig. 4 Biperíodos de la red (véase Fig. 3)

Fig. 5 Tamaño de los elementos de biperíodo

СПИСОК ТАБЛИЦ

Таблица 1 Примеры массивов $X_1(i)$, $X_2(i)$, $Z_1(i)$ и
 $Z_2(i)$ для двух вариантов изображения сети с
 помощью бипериодов (Рис. 5 а, б)

СПИСОК РИСУНКОВ

Рис. 1 Основные обозначения

- С - плоскость сетки с координатами x и z ,
- П - плоскость, перпендикулярная оси движения с координатами x и y ,
- α - угол между плоскостями С и П, т.е. между осями z и y ,
- φ - угол между иглой и плоскостью П с координатными осями,
- ψ - угол между проекцией иглы на плоскость П и осью,
- ξ, η - координаты проекции центра иглы (центра тяжести рачка) на плоскости П, в осях x и y .

Рис. 2 Варианты взаимодействия иглы и сетки:

- а - поворот, б - защемление, в - простая опора,
- И - игла, С - плоскость сетки, Ц - центр иглы,
- П - точка поворота, ВО - верхняя опора, О - опоры.

Рис. 3 Схематическое изображение сетного полотна

Рис. 4 Бипериоды сетки (см. Рис. 3)

Рис. 5 Размеры элементов бипериодов.

MOULTING INTERVAL AND GROWTH OF JUVENILE ANTARCTIC KRILL FED DIFFERENT CONCENTRATIONS OF THE DIATOM PHAENODACTYLUM TRICORNUTUM IN THE LABORATORY

T. Ikeda, P.G. Thomas
(Australia)

Abstract

Juvenile Antarctic krill (Euphausia superba) were fed Phaeodactylum tricornutum, at concentrations ranging from 0.0-5.0 mgC l⁻¹. Intermolt period (IP) decreased, but an increment of body length per moult (Δ BL) of juvenile krill increased, up to a concentration of 1.0 mgC l⁻¹. No further effect of food concentrations on IP or Δ BL was seen at concentration beyond 1.0 mgC l⁻¹. IP plateaued at 23.8 days and Δ BL, 1.14mm. From these results, maximum daily growth rate (Δ BL/IP) of juvenile krill was calculated to be 0.047 mm day⁻¹, which is too slow to support the hypothesised 2-year life-span of this animal in the field. Growth conditions of krill in the Southern Ocean are discussed, with special reference to the available food concentration.

Note : The full text of this paper will be published under the above title in Polar Biology (1987)

* * * * *

INTERVALLE DE MUE ET CROISSANCE DE KRILL JUVENILE ANTARCTIQUE
ALIMENTE EN LABORATOIRE EN UTILISANT DIFFERENTES CONCENTRATIONS DE
DIATOME PHAENODACTYLUM TRICORNUTUM

T. Ikeda, P.G. Thomas
(Australie)

Résumé

Le krill juvénile antarctique (Euphausia superba) a été alimenté au Phaeodactylum tricornutum en concentrations allant de 0.0-5.0 mgC l⁻¹. La période d'entremue (IP) a diminué mais la longueur corporelle par mue (Δ BL) du krill juvénile a augmenté jusqu'à une concentration de 1.0 mgC l⁻¹. Aucun autre effet de concentrations alimentaires sur IP or Δ BL n'a été observé à des concentrations au-delà de 1.0 mgC l⁻¹. IP a atteint un plateau à 23,8 jours et Δ BL, à 1.14 mm. A partir de ces résultats, le taux de croissance maximum par jour (Δ BL/IP) du krill juvénile a été calculé comme étant de 0,047 mm par jour⁻¹ ce qui est trop lent pour

supporter l'hypothèse de longévité de 2 ans de cette espèce en mer. Les conditions de croissance du krill dans l'océan Austral sont examinées et une attention particulière est apportée à la concentration d'alimentation disponible.

Note: Le texte intégral de ce document sera publié dans la revue Polar Biology (1987) sous le titre ci-dessus

Rapport original en anglais.

* * * * *

INTERVALO DE CAMBIO DE PIEL Y CRECIMIENTO DEL KRILL ANTARTICO
JUVENIL ALIMENTADO CON DIFERENTES CONCENTRACIONES DE LA DIATOMEA
PHAENODACTYLUM TRICORNUTUM EN EL LABORATORIO

T. Ikeda, P.G. Thomas
(Australia)

Resumen

Se alimentó krill juvenil Antártico (Euphausia superba) con Phaenodactylum tricornutum, en concentraciones fluctuando entre 0.0-5.0 mgC l⁻¹. El período intermedio entre cambios de piel (IP) disminuyó, pero un incremento del tamaño del cuerpo por cambio de piel (Δ BL) de krill juvenil aumentó, hasta llegar a una concentración de 1.0 mgC l⁻¹. No se observó efecto adicional de las concentraciones de alimento en el IP o Δ BL a concentraciones mayores de 1.0 mgC l⁻¹. El IP culminó a los 23.8 días y el Δ BL fue de 1.14 mm. (N. del T.: en el gráfico de IP) A partir de estos resultados, se calculó que la tasa máxima de crecimiento diario (Δ BL/IP) de krill juvenil fue de 0.047 mm por día⁻¹, la cual es demasiado lenta para mantener la duración de vida de dos años postulada para este animal en la región. Se discuten las condiciones de crecimiento del krill en el Océano Austral, con especial referencia a la concentración de alimento disponible.

Nota: El texto completo de este documento será publicado bajo el título indicado arriba en Polar Biology (1987)

Informe original en inglés.

* * * * *

ИНТЕРВАЛ МЕЖДУ ЛИНЬКОЙ И РОСТ МОЛОДИ АНТАРКТИЧЕСКОГО КРИЛЯ
В ЛАБОРАТОРИИ ПРИ КОРМЛЕНИИ ДИАТОМЕЯМИ PHAENODACTYLUM
TRICORNUTUM РАЗЛИЧНОЙ КОНЦЕНТРАЦИИ

Т.Икеда, П.Г.Томас
(Австралия)

Резюме

Производилось кормление молоди антарктического криля (Euphausia superba) Phaenodactylum tricornutum при концентрациях от 0,0 до 5,0 мг/л. Длина интервала между линькой (IP) сокращалась, но наблюдалось увеличение прироста в длину молодых особей криля за каждую линьку (Δ VL) до концентрации в 1,0 мг/л. При концентрациях свыше 1,0 мг/л не наблюдалось воздействия концентрации пищи на IP или Δ VL. Величина IP достигла максимума за 23,8 суток, а Δ VL - при 1,14 мм. По этим результатам была получена максимальная величина ежедневного прироста (Δ VL/IP) молодых особей криля в 0,047 мм в день, но это слишком низко для подтверждения гипотезы о 2-летней продолжительности жизни этого организма в естественных условиях. Обсуждаются условия роста криля в Южном океане, обращая особое внимание на концентрацию имеющейся пищи.

Примечание: полный текст этого доклада будет опубликован под вышеуказанным заголовком в "Поляр Байолоджи" (1987 г.)

Оригинал : Английский

* * * * *

PROBLEMS OF POPULATION AGE STRUCTURE DETERMINATION OF EUPHAUSIA
SUPERBA DANA USING AN EXAMPLE FROM THE ANTARCTIC PENINSULA AREA
AND ADJACENT WATERS

V.A.Spiridonov
(U.S.S.R.)

Abstract

This paper examines the size structure of populations of E. superba in relation to their habitat, on the basis of an analysis of data collected by the author during the 1981 season in the region of the Antarctic Peninsula and the South Shetland Islands, as well as data collected by other researchers during FIBEX and data from earlier literary sources.

The paper addresses the question of whether size groups of E. superba correspond to age groups. It is shown that the size groups of krill are not a seasonal phenomenon, but correspond to a certain extent to sets of specimens which hatched at the same time and developed under similar conditions. Hypotheses are formulated regarding the age and growth of E. superba; in addition, data are cited on the growth rates of krill in relation to feeding conditions, temperature factors and other biotic and abiotic factors.

Possibilities are outlined for the elucidation of the problem of the age and size structure of E. superba through the study of genetic, morphological and physiological uniformity of krill both within and between size groups.

Clarification of the question of population age structures of E. superba can be achieved through the comparison of results of studies of spatial and temporal variability in the size composition of krill, modelling of growth under various conditions and physiological and chemical research.

* * * * *

PROBLEMES CAUSES PAR LA DETERMINATION DE LA COMPOSITION DES AGES DES
POPULATIONS D'EUPHAUSIA SUPERBA DANA, ILLUSTRÉS PAR UN EXEMPLE PRIS
DANS LA ZONE DE LA PENINSULE ANTARCTIQUE ET LES EAUX ADJACENTES

V.A.Spiridonov
(U.R.S.S.)

Résumé

Ce document présente un examen de la structure par tailles des populations de E. superba par rapport à leur habitat, sur la base d'une analyse des données originales recueillies par l'auteur au cours de la saison de 1981 dans la région de la Péninsule Antarctique et des Iles Shetland du Sud, de données recueillies par d'autres chercheurs au cours de FIBEX, ainsi que d'autres sources plus anciennes.

Le document présente une réponse à la question de savoir s'il existe ou non une correspondance entre les groupes de taille de E. superba et les groupes d'âge. Il est démontré que les groupes de taille du krill ne constituent pas un phénomène saisonnier mais que dans une certaine mesure ils correspondent à des séries de spécimens dont l'éclosion a eu lieu au même moment et qui ont évolué dans des conditions semblables. Des hypothèses sont formulées pour ce qui concerne l'âge et la croissance d'E. superba; en plus sont citées des données basées sur l'expérience et qui ont trait aux taux de croissance du krill par rapport aux conditions alimentaires, aux facteurs liés à la température et à d'autres facteurs biotiques et abiotiques.

Le document décrit les possibilités de trouver une solution au problème de l'âge et de la taille d'E. superba grâce à l'étude de l'uniformité génétique, morphologique et physiologique du krill au sein des groupes de taille et entre ceux-ci.

L'entière clarification de la question des structures par âges des populations d'E. superba peut s'effectuer par la comparaison des résultats d'études portant sur la variabilité spatiale et temporelle du krill, l'application de modèles de la croissance sous diverses conditions et des recherches menées dans les domaines physiologiques et chimiques.

* * * * *

PROBLEMAS DE DETERMINACION DE ESTRUCTURA POR EDADES EN LA POBLACION
DE EUPHAUSIA SUPERBA DANA USANDO UN EJEMPLO DEL AREA DE LA PENINSULA
ANTARTICA Y AGUAS ADYACENTES

V.A.Spiridonov
(U.R.S.S.)

Resumen

Este documento examina la estructura de las poblaciones por tamaño de E. Superba en relación con su habitat, basándose en un análisis de datos originales, recopilados por el autor durante la temporada de 1981 en la región de la Península Antártica y en las Islas Shetland del Sur, así como en datos recopilados por otros investigadores durante FIBEX, y de fuentes literarias anteriores.

El documento responde a la interrogante que concierne la correspondencia o no correspondencia de los grupos por tamaño de E. Superba con sus grupos por edad. Se demuestra, que los grupos por tamaño de krill no son un fenómeno temporal, pero que hasta cierto punto corresponden a conjuntos de especímenes que eclosionaron al mismo tiempo y que se desarrollaron bajo condiciones similares. Se formulan hipótesis con respecto a la edad y el crecimiento de E. Superba; además, se citan datos ciertos sobre las tasas de crecimiento de krill en relación a las condiciones alimentarias, los factores de temperatura y otros factores abióticos y bióticos.

Se definen posibilidades para la elucidación de la problemática de edad y tamaño de E. Superba mediante el estudio de la uniformidad genética, morfológica y fisiológica del krill dentro de los grupos por tamaño y de ellos entre sí.

Es posible lograr el esclarecimiento total del tema de estructura por edades de la población de E. Superba mediante la comparación de los resultados de estudios de variabilidad espacial y temporal en la composición de tamaños del krill, de la modelación del crecimiento bajo diversas condiciones y de las investigaciones fisiológicas y químicas.

* * * * *

РАССМОТРЕНИЕ ПРОБЛЕМ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВОЗРАСТНОЙ СТРУКТУРЫ
EUPHAUSIA SUPERBA DANA НА ОСНОВЕ ДАННЫХ, ПОЛУЧЕННЫХ
В РАЙОНЕ АНТАРКТИЧЕСКОГО ПОЛУОСТРОВА И БЛИЗЛЕЖАЩИХ АКВАТОРИЯХ

В.А.Спиридонов
(С.С.С.Р.)

Резюме

На основе анализа оригинальных данных, полученных автором в сезон 1981 г. в районах Антарктического полуострова и Южных Шетландских островов, а также данных других исследователей, полученных в период FIVEX, и более ранних литературных источников рассматривается размерная структура популяции E. superba в связи с условиями среды обитания.

Решается вопрос, соответствуют ли размерные группы E. superba возрастным группам. Показано, что размерные группы рачков представляют собой не сезонный феномен, но в определенной степени они соответствуют совокупностям особей, появившихся на свет примерно в одно и то же время и развивавшихся в сходных условиях.

Формулируются гипотезы о возрасте и росте E. superba, а также приводятся фактические данные скорости роста рачков в связи с условиями питания, температурным фактором и другими биохимическими и абиотическими факторами.

Определяются перспективы изучения проблемы возраста и роста E. superba путем исследований генетической, морфологической и физиологической однородности рачков в пределах размерных групп и между ними. Окончательная ясность в вопросе о возрастной структуре популяции E. superba может быть достигнута при сопоставлении результатов изучения пространственной и временной изменчивости размерного состава рачков, моделирования роста в разных условиях и физиолого-биохимических исследований.

* * * * *

РАССМОТРЕНИЕ ПРОБЛЕМ ОПРЕДЕЛЕНИЯ
ВОЗРАСТНОЙ СТРУКТУРЫ EUPHAUSIA SUPERBA DANA
НА ОСНОВЕ ДАННЫХ, ПОЛУЧЕННЫХ В РАЙОНЕ
АНТАРКТИЧЕСКОГО ПОЛУОСТРОВА И БЛИЗЛЕЖАЩИХ АКВАТОРИЯХ

Исследования жизненного цикла эвфаузиид, и в том числе Euphausia superba, основаны главным образом на статистическом анализе полевых данных о размерах и зрелости рачков (Mauchline, Fisher, 1969, Mauchline, 1980). Идентификация поколений у видов высоких и умеренных широт бывает основана обычно на пиках размерных (петерсеновских) гистограмм. Эти пики возникают оттого, что таким животным свойственен довольно ограниченный период размножения и роста. Развиваются, правда, и другие подходы - составление схем роста, основанных на некоторых теоретических соображениях и аналогиях (Mauchline, 1980), изучение физиологических индикаторов возраста (Ettershank, 1984), выращивание рачков в аквариумах, начиная с самых ранних стадий развития (Ikeda, 1985), однако, они еще не получили широкого распространения, и детальной оценки их не проведено.

Ранние исследователи жизненного цикла E. superba приходят к выводу о преимущественно двухгодичном цикле этого вида; иными словами, к концу второго года жизни рачки достигают длины около 45-50 мм, созревают и размножаются, после нереста происходит элиминация большей части особей (Ruud, 1932, Bargmann, 1945, Nemoto, 1958). В то же время материалы Баргманн и Немото позволяли предполагать, что рачкам, населяющим более высокие широты свойственен более медленный рост. Дж.Марр (1962) считал, что в приматериковых морях E. superba требуется примерно три года для того, чтобы достичь примерно такого размера, до которого обитатели более низких широт достигают за два года, размножение происходит, таким образом, на четвертый год жизни. Б.Г.Иванов (1970) привел свидетельства того, что и в море Скотия - относительно низкоширотной части ареала - рачки достигают зрелости в массе на четвертый год и высказал убеждение, что эта ситуация характерна для вида в целом. Детальный анализ широтной

изменчивости ростовых характеристик был дан Н.А.Макинтошем (1972), который показал также возможность межгенерационных вариаций темпов роста. Его данные убеждают в том, что даже в относительно низкоширотных районах отдельные поколения развиваются по схеме Трехлетнего цикла, и тогда в иные годы появляется так называемая промежуточная группа рачков размерами (в летний сезон) около 40 мм. Все же Макинтош полагал, что в общем двухлетний цикл более типичен для E.superba даже в высокоширотных водах.

Исследования, проводившиеся в последние годы, показали, что в высокоширотной Антарктике промежуточная группа составляет постоянный компонент популяции E.superba (Долженков, 1973, Долженков и др., в печати, Fevolden, 1980, Макаров, Сысоева, 1983, Siegel, 1983). Предполагается, что лишь для сравнительно небольшой части таких рачков характерно созревание на третий год жизни, большинство созревает в более старшем возрасте (Kikuno, Kawamura, 1983, Макаров и др., 1985).

Причины изменчивости скорости роста и созревания E.superba заключаются, очевидно, в разнообразии действия факторов среды на акватории его ареала. Прежде всего это сроки освобождения поверхности воды от ледяного покрова, определяющие в свою очередь период развития фитопланктона - основной пищи рачков. Этот период естественным образом уменьшается с увеличением широты, однако, существование так называемого явления "оазиса", возникающего в тех или иных участках прибрежных высокоширотных вод сезонного ускорения развития планктона (Макаров и др., 1982, 1985) может приводить к тому, что и в приматериковых водах он может быть достаточно продолжителен.

Вторая группа факторов, влияющих на скорость роста, связана с температурой. Общеизвестное для пойкилотермных животных замедление скорости роста при понижении температуры среды у ракообразных выражается в увеличении продолжительности межличиночного цикла (Хмелева, Голубев, 1984), что показано и для E.superba (Polech, Denys, 1982, см. табл.1).

Кроме значительной пространственной изменчивости скорости роста существует еще ряд обстоятельств, осложняющих установление размерно-возрастных соответствий. Известно, что особи E. superba могут не только расти, но и уменьшаться в длину. Такого рода отрицательный рост наблюдается в аквариальных экспериментах при голодании или недостаточной обеспеченности пищей (обзор см. Buchholz, 1983). Предполагается, что подобное укорачивание тела рачков происходит и в природе - в неблагоприятный период года (Ikeda, Dixon, 1982, Ettershank, 1984).

Итак, если прежде полагали, что отнерестившееся поколение в массе отмирает, то теперь как полевые (Макаров, 1975, 1976, 1983а), так и лабораторные исследования (Denys, McWhinnie, 1982) показывают, что скорее всего многие особи размножаются в течение по меньшей мере двух сезонов. Более чем однократное созревание должно оказывать замедляющее воздействие на рост, однако, в той ситуации, когда нельзя достаточно уверенно отличить первые нерестующих особей от повторно нерестующих, это воздействие не поддается оценке.

Общеизвестны, наконец, сложности трактовки размерного состава при смешении эвфаузиид, обитавших в разных водах (Mauclhline, Fisher, 1969). Это смешение и обусловленное им умножение пиков размерных кривых приводит к практической невозможности дать возрастную интерпретацию размерных групп в единичной пробе рачков.

Вышесказанного достаточно, чтобы понять, почему более чем полувековое статистическое изучение размеров E. superba в полевых сборах не дало однозначных ответов на вопрос о возрастной структуре популяции этого вида. Однако размерные кривые по-прежнему остаются основным инструментом популяционных исследований эвфаузиид. Ниже мы попытаемся дать обзор и обсудить применение этого метода к изучению E. superba в водах, омывающих северо-западное побережье Антарктического полуострова, а также в водах западной части моря Скотия. В этом районе за последние десять лет проводились, пожалуй, наиболее интенсивные

исследования антарктического криля (Sarhaghe et al., 1978, Jazdzewski et al., 1978, Макаров, 1979, Wolnomiejski et al., 1982, Гершанович, Любимова, 1983, Guzman, 1983, Hempel, 1983, Rakusa-Suszczewski, Lipski, 1985, Siegel, 1986, Sarhaghe, 1986). Рассмотрим вкратце его биолого-океанографические условия.

2. ОСОБЕННОСТИ ОКЕАНОГРАФИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ В РАЙОНЕ АНТАРКТИЧЕСКОГО ПОЛУОСТРОВА

Физические и биотические условия района Антарктического полуострова характеризуются значительной неоднородностью, здесь встречаются и взаимодействуют воды разного происхождения, так называемые модификации антарктических вод (Владимирская и др., 1976, Макаров, Масленников, 1980, Богданов и др., 1980а,б, Макаров и др., 1982). Это, во-первых, относительно теплые, ненадолго закрывающиеся льдом или вовсе свободные ото льда воды южной ветви Антарктического Циркумполярного течения (АЦТ), распространяющиеся из юго-восточного тихоокеанского бассейна. Развитие биосезонных процессов в системе АЦТ следует закономерностям фенологической волны Дж.Т.Харта (Hart, 1942) с постепенным запаздыванием сроков вегетации фитопланктона в широтном направлении (Макаров и др., 1982). Южную периферию АЦТ составляют смешанные воды вторичных фронтальных зон (ВФЗ), обладающих рядом специфических черт в развитии фитопланктона. Значительное количество фитопланктона может, в частности, сохраняться там и тогда, когда в окружающих водах вегетационные процессы уже завершены (Владимирская, 1982, наши наблюдения в XX рейсе НПС "Академик Книпович" у Антарктического полуострова, апрель 1982 г.).

Прибрежные воды Антарктического полуострова и близлежащих островов весьма неоднородны по своим физико-химическим и биологическим особенностям. Воды, примыкающие к северному побережью западной группы Южных Шетландских островов, архипелага Палмера, островов Биско испытывают значительное влияние АЦТ и в иные годы движутся в том же направлении, что и это те-

чение (Богданов и др., 1980а, Макаров и др., 1982). Прибрежные районы северо-западной оконечности Полуострова (п-ов Тринити, о-ва Д'Юрвиль Жуэнвиль, Мордвинова (или Элефант, этот последний в меньшей степени) находятся под воздействием вод моря Уэдделла (Clowes, 1934, Богданов и др., 1980а,б, Полуяктов и др., 1983, Neuwold, 1985). Воды моря Уэдделла, смешиваясь в области центральной котловины пролива Брансфилда с водами шельфа Антарктического полуострова, входящими в пролив с юго-востока, образуют собственные брансфилдовские воды. Часть их движется вдоль южного побережья архипелага Южных Шетландских о-вов (в виде узкого струйного течения) к северу-востоку. У о.Мордвинова, взаимодействуя с водами АЦТ и моря Уэдделла, они дают начало образованию смешанных вод моря Скотия (Clowes, 1934, Богданов и др., 1980а, Sievers, 1982). В своем наименее трансформированном виде воды Уэдделла распространяются в проливе Брансфилда вблизи побережья п-ова Тринити, но насколько далеко идет их проникновение к юго-западу пока не ясно.

Район западного шельфа Антарктического Полуострова-пролива Брансфилда характеризуется значительным непостоянством (в межгодовом плане) своих ледовых условий, сроков вегетации фитопланктона и высокой степенью "пятнистости" и неравномерности его развития (Макаров и др., 1982). Для него характерно явление "оазиса", отмечавшегося у островов архипелага Палмера, в западной части пролива Брансфилда, у Южных Шетландских о-ов (Макаров и др., 1982).

Возвращаясь к водам моря Уэдделла, отметим, что основной их поток, приходящий с юга-юго-востока, поворачивает в северо-западной части моря к востоку и образует т.н. Уэдделловский дрейф (Marr, 1962, Maskintosh, 1972). Эти воды, сильно меандрирующие, составляют третий основной компонент смешанных вод ВФЗ моря Скотия (Богданов и др., 1980б, Stein, 1981). По сравнению с водами АЦТ в системе Уэдделловского дрейфа наблюдается существенное запаздывание весеннего развития планктонного сообщества и более позднее наступление осеннего биосезо-

на (Владимирская и др., 1976, Владимирская, 1982).

3. РАЗМЕРНАЯ СТРУКТУРА ПОПУЛЯЦИИ EUPHAUSIA SUPERBA

При всем разнообразии размеров и физиологического состояния особей в популяции E. superba существуют три основные размерно-возрастные группы, которые трудно спутать друг с другом: личинки, молодь и взрослые особи (Fraser, 1936, Bargman, 1945, Marr, 1962, Mackintosh, 1972, Макаров, 1980, 1983). Анализ динамики состава и распространения личинок E. superba в рассматриваемом регионе выходит за пределы данной работы. Характеристики и распространение размерных групп молоди и взрослых животных специально исследовались Макаровым (1979, 1980). В последнее время появились новые данные, наибольший интерес из которых представляют материалы более или менее синхронных наблюдений во время FIVEX в феврале 1981 г (Nempel, 1983, BIO-MASS, 1981, Retamal a. Quitana, 1982, Wolnomeiski et al., 1982, Козлов и др., 1983). Эти данные частично представлены в табл. 1, где все размеры приводятся по стандарту 1 (Vauchline, 1981).

Размеры молоди в районе Антарктического п-ва и прилежащих частях морей Скотия и Уэдделла сильно варьируют. Она бывает представлена различными по модальным размерам, но сходными по физиологическому составлению группами (Макаров, 1979, 1980, 1983, Kock a. Stein, 1977, 1978, Jazdzewski et al., 1978, Nast, 1982, Siegel, 1982, 1986, Fevolden a. George, 1984).

В летний сезон (январь-февраль) наиболее крупные ювенильные рачки (размером около 35-40 мм) обычно бывают приурочены к водам южной периферии АЦТ и северо-западу от о. Петра 1 (Макаров, 1979) или к смешанным водам ВФЗ моря Скотия (Макаров, 1980, Козлов и др., 1983 рис. 1Е, Brinton a. Antezana, 1984). В водах уэдделловского дрейфа у Южных Оркнейских о-вов размеры молоди обычно меньше (Макаров, 1980, Brinton a. Antezana, 1984), совсем мелкие рачки, размерами около 20 мм, были обнаружены в феврале и марте 1981 г в нетрансформированных водах мо-

ря Уэдделла, поступающих из его глубинных районов или распространяющихся в восточную часть пролива Брансфилда (Nast, 1982, Siegel, 1982). Следует отметить, что в море Скотия рачки такого размера встречаются только весной, в начале периода интенсивного роста (Макаров, 1980). У побережья архипелага Палмера и Южных Шетландских о-вов размеры молоди сильно варьируют, но бывают обычно меньше, чем в более мористых водах к северу (Макаров, 1979, Kock a. Stein, 1977, 1978, Jazdzewski et al., 1978, Siegel, 1986). Районы массовой встречаемости молоди располагаются в целом южнее зоны концентрирования взрослых особей⁺, в районах, прилежащих к берегу или подверженных сильному влиянию уэддолловоморских вод; это так называемое "раздельное существование поколений" (Marr, 1962, Макаров, 1970, 1979, 1980). Оно подтверждается практически всеми исследователями, работавшими в районе Антарктического п-ва (Jazdzewski et al., 1978, Nast, 1982, Gusman, 1983, Fevolden a. George, 1984). Разделение поколений, естественно, не носит абсолютного характера: взрослые особи встречаются там, где бывает много молоди, и, по крайней мере, в нескольких участках в пределах рассматриваемого региона концентрации молоди сдвинуты к северной границе ареала. Такая картина наблюдается в юго-восточной части моря Скотия (Макаров, 1980, Козлов и др., 1983, Brinton, Antezana, 1984, Афанасьев, Масленников, 1983, Foster, Middleton, 1984), где происходит своеобразное "размывание" вторичной фронтальной зоны, а также в море Беллисгаузена, в районе о-ва Петра 1 (Макаров, 1979). Последнее также может быть связано с выносом вод с юга (Ель-Сайед, 1977, Масленников, 1980), хотя анализ геострофической циркуляции его пока не выявляет (Богданов и др., 1980а).

Взрослые рачки в летний период обычно бывают представ-

+ Говорить о разобщении поколений имеет смысл только применительно к некоторому обособленному району (Макаров, Сысоев, 1983). В южной части моря Уэдделла, например, могут быть свои закономерности распространения молоди и взрослых особей.

лены тремя-четырьмя размерными группами, каждая из которых имеет свою характерную область распространения (Макаров, 1979, 1980). Поскольку в разные годы наблюдений модальные размеры соответствующих групп были довольно сходны, будем обозначать римскими цифрами, считая молодь группой I. Группа II, или промежуточная (с модальными размерами в январе-феврале около 40 мм) отмечалась прежде всего в прибрежных районах (Jazdzewski et al., 1978, Макаров, 1978, Witek, 1979). По мере продвижения в мористую часть акватории доля особей этой группы закономерно уменьшается (те же авторы, Макаров, 1980). Данные широкой съемки 1981 года в целом подтвердили приуроченность группы II к прибрежью. Некоторые океанические районы моря Уэдделла, где была значительна доля этих особей (рис.1г) все же были расположены сравнительно недалеко от берега. Тогда же в летне-осенний сезон 1981 г. значительно далее к востоку (возвышенность Мод) промежуточная группа E.superba в водах Уэдделловского дрейфа не выделялась (Макаров, Сысоева, 1983). Сборы, выполненные с помощью съемки показывают, что в местах своей постоянной встречаемости промежуточная группа бывает на порядок многочисленнее рачков более крупного размера (Siegel, 1986). Состояние зрелости особей группы II охарактеризовать довольно сложно. Известны как случаи, когда они в летний период оказывались неполовозрелыми (Макаров, 1979), так и ситуации, когда они участвовали в нересте (Макаров, 1976, Siegel, 1982, наши наблюдения в районе о.Мордвинова в 1981 г.). По работам же исследователей, использующих черезчур упрощенную технику определения стадий зрелости (Jazdzewski et al. 1978, Stepnik, 1982, Wolnomiejski et al., 1982), вовсе невозможно судить о природе рачков промежуточной группы в районе Антарктического полуострова.

Группы III и IV с модальными размерами соответственно 45-50 мм - это рачки, с которыми связаны традиционные представления о взрослом половозрелом E.superba. В ряде случаев они оказываются пространственно разобщены. Так, в зоне к западу от Антарктического полуострова летом 1977/78 гг. более круп-

ные особи группы IV были связаны с водами южной периферии АЦТ, а группа III с водами моря Беллинсгаузена (Макаров, 1979). Аналогичные соотношения размеров на протяжении ряда лет прослеживались у E. superba, дрейфующего в смешанных водах ВФЗ (имеющих значительную долю вод АЦТ) и водах Уэдделловского дрейфа (Макаров, 1980). В прибрежных районах доля групп III и IV была, как правило, невысока, или эти группы там вообще отсутствовали (Макаров, 1979, Jazdzewski et al., 1978, Witek, 1979). Летом 1981 г., однако, при заметной тенденции крупных рачков, соответствующих по размерам группе IV, к преобладанию в системе АЦТ (рис. 1a₁, г₁, д, е), они составляли значительную долю в группировках E. superba как у берега, так и в водах моря Уэдделла (рис. 1a_{2,3}, в₁, г₂). В ряде районов, подверженных влиянию вод моря Уэдделла, группы III и IV присутствовали примерно в равном соотношении (рис. 1б₁, в₁).

Кроме групп III и IV иногда бывает обособлена группа наиболее крупных особей с модальными размерами 56-60 мм, она весьма немногочисленна, встречается обычно только в первой половине лета, а затем не прослеживается. Ее отмечали в смешанных водах моря Скотия, а также в районе пролива Брансфилда (Козлов и др., 1983, Siegel, 1986).

4. СООТВЕТСТВУЮТ ЛИ РАЗМЕРНЫЕ ГРУППЫ ВОЗРАСТНЫМ?

По развиваемым сейчас рядом ученых представлениям размерные группы E. superba в сезонном отношении неустойчивы; укорочение тела в осенне-зимний период приводит к выравниванию размерных рядов (Ikeda, Dixon, 1982 Ettershank, 1984). Некоторые подтверждения этому можно найти в круглогодичных наблюдениях за размерным составом E. superba в заливе Адмиралтейства (о.Кинг-Джордж) (Stepnik, 1982) и результатах съемок в проливе Брансфилда в мае-июне (Guzman, 1983). Однако, отмеченные в этих работах изменения могут быть следствием отмирания особей старшего поколения и роста более мелких рачков, продолжающегося осенью. В то же время в других районах - о.Южная Георг-

гия, воды к северу от моря Содружества - на протяжении ряда лет в поздне-осенний и зимний период у криля наблюдалась довольно устойчивая размерная структура с хорошо выделяющимися группами (Латогурский, 1973, Латогурский и др., 1983, Масленников и др., 1983, Асеев, Рубинштейн, 1983). Наблюдения промысловых судов за ряд лет (1980-1984) свидетельствуют о том, что здесь отчетливые размерные группы сохраняются вплоть до июня, когда происходит окончательное заполнение приостровных вод льдом.

Следует заметить, что само существование отрицательного роста в природе нельзя считать доказанным. Недавние исследования показали, что хотя в зимних условиях у E. superba продолжаются линьки, их частота должна быть существенно меньше, чем летом (Morris, Priddle, 1984). Накапливаются также наблюдения за питанием рачков в неблагоприятный период года. Все они подтверждают оппортунистическую тактику питания этого вида с поздней осени до ранней весны - использование в пищу зоопланктона (Павлов, 1971), детрита (Guzman, 1983, Morris, Priddle, 1984), ледовых водорослей (Hamner et al., 1983, Спиридонов и др., 1985). В настоящее время один из основоположников концепции "укорочения тела" Т. Икеда (1985) склоняется в пользу того, что в природных популяциях E. superba в зимнее время имеет место скорее замедление, остановка роста, нежели отрицательный рост.

С учетом всего вышесказанного представляется убедительным, что размерные группы представляют собой не сезонный феномен, но в определенной степени соответствуют разным когортам рачков (под когортой здесь понимается совокупность особей, появившихся на свет примерно в одно и то же время и развивавшихся в сходных условиях).

5. РОСТ И ВОЗРАСТ EURHAUSIA SUPERBA: ФАКТЫ И ГИПОТЕЗЫ

Традиционный способ интерпретации полимодальных (смешанных) размерных распределений состоит в приписывании каждой

моде (или, если применяются какие-либо специальные методы анализа, компоненте с нормальным распределением) отличного от других таких групп возраста. Исследователи, идущие по этому пути, постепенно доводят максимальный возраст E.superba до 6+ лет (Ivanov, 1970, Асеев, 1983, Siegel, 1986). Эти результаты предполагают быстрый рост молоди и значительное замедление роста животных, происходящего частью на третий, а в большей степени на четвертый год жизни. К подобным выводам на основании собственных и литературных экспериментальных материалов приходит также Икеда (1985).

Однако, вариабельность скорости роста под влиянием температуры, условий питания, каких-то других факторов (табл.1, см. также Buchholz, 1983, Ikeda, 1985) позволяют думать, что дело обстоит не совсем так. В этой связи представляют интерес и наши оценки очевидного (по Макинтошу, 1972) роста рачков (табл.2).

Данные, полученные в ходе трех последовательных съемок в юго-восточной части моря Скотия (FIVEH, районы C-D) показали, что размерная структура криля (две основные группы: крупная молодь и взрослые рачки группы IV - рис. 1e) практически не менялась, различия же в размерах эвфаузиид вполне могли быть отнесены на счет роста эвфаузиид (Козлов и др., 1983). Были подсчитаны средние размеры животных по следующим группам: молодь, взрослые самцы и самки. Достоверное увеличение размеров в период со второй декады января по первую декаду февраля произошло во всех этих группах. В следующий интервал времени (табл.2) взрослые особи обнаружили отсутствие очевидного роста, в то время как размеры молоди продолжали увеличиваться. Рассчитанные скорости роста, как можно заметить (табл.2) довольно велики. Следует учесть также, что эти данные относятся к периоду завершения нереста E.superba. Значительная же элиминация отнерестившихся особей представляет собой, по-видимому, действительный факт. Не останавливаясь на ее причинах, подробно обсуждаемых Макаровым (1983a) отметим, что в силу известной

зависимости энергетических потребностей от веса тела, смертность более крупных особей может быть значительней. Ряд наблюдений также свидетельствуют о более быстрой по сравнению с самками посленерестовой элиминации самцов (Marr, 1962, Макаров, 1983a). Поэтому не исключено, что представленные в таблице 2 скорости роста взрослых особей, особенно самцов, существенно занижены - гибель более крупных особей маскирует рост более мелких. Так или иначе, но кажется ясным, что в северной части своего ареала E. superba растет достаточно быстро для того, чтобы его рост мог быть описан классической схемой (Bargmann, 1945, Mackintosh, 1972).

В то же время существование более продолжительного жизненного цикла в приматериковых водах не вызывает сомнений. Эти обстоятельства, а также устойчивая картина пространственного разделения размерных групп делают для моих коллег и меня более привлекательным иной по сравнению с подходом "размерная группа = возрастной класс"⁺ путь оценки возрастного состава популяции E. superba. Это т.н. "географический подход", развиваемый Р.Р. Макаровым (1983б). Он основан на оценке числа и соотношения размерных групп, учитываемых более или менее одновременно на больших акваториях. Одновременно проводится соотнесение этих особенностей с распространением вод разных модификаций. Каждая такая вода характеризуется своей собственной динамикой биосезонных процессов. Попробуем дать интерпретацию размерным группам, рассмотренным в разделе 3 в рамках этой микропарадигмы.

По гипотезе Макарова (1979, 1980) особи групп 111 и 1У - это одновозрастные (2+лет) когорты двух типов. Более крупные

⁺Естественно, сторонники этого подхода учитывают пространственное разобщение рачков разных размерных групп. Для его объяснения предполагается миграция крупного взрослого E. superba в океанические районы (Siegel, 1986). Между тем, масштаб и протяженность этой миграции могут быть значительны на фоне относительно слабого движения прибрежных вод, но несравнимы с дрейфом рачков в южных струях АЦТ.

рачки развиваются из молодежи, дрейфующей с водами южной периферии АЦТ (или северной Уэдделловского дрейфа), более мелкие представляют субпопуляцию открытых вод моря Беллинсгаузена или основной части Уэдделловского дрейфа. Существуют ли какие-либо сомнения в достаточности такой трактовки групп 111 и 1У? Прежде всего, обе эти группы могут, как мы видели, встречаться вместе в водах моря Уэдделла и у самого берега (в сочетании с промежуточной группой). Это может быть, конечно, результатом смешения вод, несущих разные субпопуляции рачков, которое, безусловно, по-разному проявляется в разные годы и сезоны. Однако, на имеющемся в настоящее время в литературе материале продемонстрировать это очень трудно, также, как чрезвычайно сложно доказать, что группы 11, 111 и 1У представляют собой последовательные поколения. Основная неопределенность связана с происхождением группы 11.

В самом деле, если появление промежуточной группы в окраинных морях Восточной Антарктиды более или менее понятно с позиций кратковременности периода роста в высокоширотных водах (Marr, 1962, Долженков и др., в печати), то у Южных Шетландских о-вов условия роста могут быть ничуть не хуже, чем, например, в водах Уэдделловского дрейфа в его северной части. Молодь, задерживающаяся здесь, может достигать к концу лета-осени довольно значительных размеров (рис. 16, в, Stepanik, 1982), и нет особых оснований сомневаться в том, что к следующему лету такого рода рачки способны достичь размеров групп 111 или даже 1У.

Может быть, группа 11 происходит от некоторой обособленной группировки E. superba, размножающейся в конце лета-осенью. Нерест E. superba действительно очень растянут, может происходить, в частности, и в марте, и в апреле (Bargmann, 1945, Макаров, 1974, 1983а), однако, для большей части ареала вида какой-либо особый осенний пик появления ранних личинок неизвестен (Fraser, 1936, Maskintosh, 1972, Макаров, 1974,

Witek et al., 1982).⁺

Следующее объяснение встречаемости группы 11 у северо-западной оконечности Антарктического п-ва состоит в предположении, что эти рачки в массе развиваются в прибрежье высокоширотных районов Антарктического п-ва - у южных о-вов Архипелага Палмера, о-вов Биско, о.Аделейд, Земли Александра 1, достаточно поздно освобождающихся ото льда (Макаров, 1979), и переносятся течением в более северные районы. То, что промежуточная группа в указанных местах развивается, не вызывает сомнений, однако, ее распространение к востоку предполагает интенсивную систему течений в прибрежье Антарктического п-ва. Известно, однако, что в те годы, когда северо-восточный перенос прибрежных вод был особенно выражен (1977/78 гг., Макаров и др., 1982), район массовой встречаемости группы 11 не захватывал Южных Шетландских о-вов, ограничиваясь прибрежьем Архипелага Палмера (Макаров, 1979). Вообще, можно полагать, что дрейф достаточно крупных рачков в слабых и неустойчивых прибрежных потоках довольно ограничен.

Сформулируем, поэтому, еще одно предположение. Как уже было отмечено, с водами моря Уэдделла, в глубинных районах которого нерест существенно запаздывает (Fevolden, 1980, Siegel, 1983) может распространяться очень мелкая молодь E.superba. В конце лета эти рачки и молодь, развивавшаяся в более низких широтах, могут образовывать две неперекрывающиеся по размерам группы. Наблюдения в заливе Адмиралтейства (Stepnik, 1982) дают основание полагать, что подобное осеннее появление очень мелкой молоди составляет для района пролива Брансфилда - Южных Шетландских о-вов обычное явление. Возможно, эти рачки распространяются и дальше на восток, од-

⁺ Преобладание личинок стадии клиптопис в зимний период в водах к северу от моря Содружества (Асеев, Рубинштейн, 1983) указывает на возможность дополнительного осеннего периода размножения на северной периферии ареала.

нако, представить детали этого распространения при недостаточном знании циркуляции вод довольно сложно. С равным успехом можно предположить встречный перенос молоди из глубинных районов моря Беллинсгаузена на северо-восток. Не исключено, что именно благодаря этому переносу мы наблюдали в апреле 1982 г (XX экспедиция НПС "Академик Книпович") большие концентрации очень мелкой (20-22 мм) молоди в прибрежье Архипелага Палмера.⁺ Так или иначе, но именно осенний пик мелкой молоди в проливе Брансфилда, у Южных Шетландских о-вов и Архипелага Палмера скорее всего ответственен за весенне-летнее появление в этих районах промежуточной размерной группы E.superba.

При той многочисленности, которой может достигать эта группа, легко допустить, что какая-то часть ее членов живет четвертый и пятый год, сравниваясь по размерам с двухлетними особями групп 111 и 1У из океанических районов. Таким образом, эти группы, встреченные там, где имеет место смешение шельфовых, уэдделловских или океанических вод, могут иметь очень сложную разновозрастную природу, включая рачков третьего года жизни, занесенных с водами низкоширотного или северо-уэдделловского происхождения (а также выросших на месте, в северном прибрежье Антарктического п-ва) и особей старшего, на год-два возраста, развившихся из особей промежуточной группы.

6. НЕКОТОРЫЕ ПЕРСПЕКТИВЫ

Рассмотренные гипотезы о соответствии размерной структуры возрастной популяции в большинстве своем не исключают друг друга, ни одна из них не доказана исчерпывающе, но ни одну нельзя также и опровергнуть.

⁺ Стоит, однако заметить, что эти рачки по составу изоферментов, оказались весьма близки взрослым особям из района Южных Оркнейских о-вов (Трувеллер и др. 1983), где распространялись воды уэдделловского происхождения.

Чтобы окончательно оценить вклад явления отрицательного роста в формирование размерной структуры популяции E. superba следует провести детальные исследования линек и питания рачков в зимний период (что уже начато работой Морриса и Приддла, 1984).

Необходимы новые детальные биолого-океанографические съемки на широкой акватории, охватывающие в равной мере все обитающие там группы E. superba. Только с помощью таких съемок можно добиться хорошей "привязки" особенностей роста рачков к условиям среды. Будущие съемки помогут, в частности, ответить на вопрос, связано ли массовое распространение группы 1У в прибрежных районах Полуострова с изменениями в системе АЦТ, а "волна" мелкой молодежи осенью - с частичным отклонением западной ветви уэдделловского круговорота в пролив Брансфида и к Южным Шетландским о-вам или движением шельфовых вод Антарктического п-ва от Земли Александра 1 и о. Аделейд к северо-востоку.

Опираясь на оценки особенностей роста в определенных условиях, можно смоделировать рост E. superba на протяжении всей жизни и сравнить (помесячно) полученные результаты с многолетними наблюдениями за модалными размерами. Наиболее перспективным путем к этому нам представляется подход Дж. Маушлина (Mauchline, 1980), основанный на двух уравнениях, одно из которых описывает изменение продолжительности межлинейного периода в зависимости от размеров, а другое - прироста за линьку. Для дальнейшей детализации в эти уравнения необходимо ввести параметры, связанные с влиянием температуры и условий питания в определенных местообитаниях, т.е. модификациях антарктических вод, а также установить некоторые начальные условия - сроки появления личинок в определенных районах.

Представляется целесообразным исследовать генетическую, морфологическую и физиологическую однородность рачков в пределах размерных групп и между ними. На этом пути уже дости-

гнуты определенные результаты (изучение деталей строения репродуктивной системы на макроанатомическом уровне - Макаров, 1975, 1983a).

Специального комментария заслуживают работы по определению содержания в тканях липофуциновых пигментов - индикаторов физиологического возраста (Ettershank, 1983, 1984)

Содержание липофусцина в тканях отдельных рачков сравнивалось Эттершенком с морфометрическими показателями, что позволило обнаружить в единичной пробе (взятой, судя по координатам, в районе Антарктической дивергенции в море Содружества) две четко выделяющиеся с помощью дискриминантного анализа группы. Использование многомерной статистики позволяет обойтись и без биохимических тестов, однако, распознавание групп в этом случае будет носить менее статистически надежный характер. При этом в морфологии длина тела не рассматривалась, видимо, вследствие убеждения автора в том, что она может изменяться как угодно, а, между тем, простой графический анализ той части пробы, что изучалась Эттершенком (1984, fig.1) показывает как раз присутствие двух групп взрослых самок - промежуточной и основной. Таким образом, вывод о возможности сосуществования двух поколений половозрелого E. superba находит, как будто, убедительную иллюстрацию. Однако, применение метода возрастных пигментов к выборке рачков из залива Прюдса дало более неожиданные результаты (Ettrshink, 1983). Из 286 исследованных особей 39.9% имеют, по мнению Эттершенка, возраст 2+, 35.7% - 3+, 14.3% - 4+, 4.5% - 5+ и 5.6% - 6+ лет. В то же время известно, что для района моря Содружества характерна значительная межгодовая изменчивость гидрологических условий, в частности широтные смещения АЦТ и зоны Антарктической дивергенции. При этом может происходить смешение субпопуляций рачков (Асеев и др., 1986), населяющих океанические и прибрежные воды, и, таким образом, различия в кровне содержания липофусцина могут иметь не возрастную, а межпопуляционную природу. Использование возрастных пигментов представляет

ся, конечно, весьма перспективным для изучения популяции E. superba, однако, требует дальнейшей методической разработки.

Окончательная ясность в вопросе о возрастной структуре популяции может, очевидно, быть достигнута только при сопоставлении результатов изучения пространственной и временной изменчивости размерного состава рачков, моделирования роста в разных условиях и физиолого-биохимических исследований.

Литература

- Асеев, Ю.Г. Размерная структура и продолжительность жизни в популяции криля в Индоокеанском секторе Антарктики. В кн. "Антарктический криль. Особенности распределения и среда". Москва, "Легкая и пищевая промышленность", 1983, с. 103-110.
- Асеев, Ю.Г., И.Г. Рубинштейн. Распределение эвфаузиид в юго-западной части Индийского океана в зимний период. В кн. "Антарктический криль. Особенности распределения и среда". Москва, "Легкая и пищевая промышленность", 1983, с.50-57.
- Асеев, Ю.Г., А.В.Кляусов, В.И.Ланин. Некоторые особенности распределения и биологии антарктического криля в море Содружества. Тезисы докладов 1У Всесоюзного совещания по промысловым беспозвоночным, ч.1, Севастополь, 1986, с.36-37.
- Афанасьев, Б.В., В.В.Масленников. Океанологические условия летом 1982 г. в южной части моря Скотия и северной части моря Уэдделла. Москва, ВНИРО, 1983, с.1-38.
- Богданов, М.А., Е.В.Солянкин, В.В.Масленников, В.В.Попков, С.Н.Родионов. Изменчивость океанологических условий и некоторые закономерности распределения криля в районе западного побережья Антарктического полуострова. В кн. "Биологические ресурсы антарктического криля", Москва, ВНИРО, 1980а, с.55-71.
- Богданов, М.А., Е.В.Солянкин, С.Н.Родионов. Распространение смешанных вод вторичной фронтальной зоны в море Скотия и распределение скоплений криля. В кн. "Биологические ресурсы криля", Москва, ВНИРО, 1980б, с.28-41.
- Владимирская, Е.В. Сезонные изменения в зоопланктоне моря Скотия и сопредельных вод. В кн. "Характеристика пелаги-

ческого сообщества моря Скотия и сопредельных вод", Москва, ВНИРО. 1982, с.42-60.

Владимирская, Е.В., Р.Р.Макаров, В.В.Масленников, О.А.Мовчан. Некоторые черты весеннего распределения фитопланктона в южной части моря Скотия. "Океанология", 16(6), 1976, с.1069-1075.

Гершанович, Д.Е., Т.Г.Любимова. Двадцать экспедиций НПС "Академик Книпович", "Рыбное хозяйство", 1983, № 7, с.14-16.

Долженков, В.Н. Особенности распределения и биологии Euphausia superba Dana в западной части тихоокеанского сектора Антарктики. Тезисы докладов Всесоюзного совещания по макропланктону морей и океанов. Москва, ВНИРО, 1973, с.10-12.

Долженков, В.Н., Р.Р.Макаров, Е.В.Солянкин, В.В.Шевцов. Биологические особенности и черты распределения Euphausia superba Dana в высокоширотной части ареала. В кн. "Биологические ресурсы Арктики и Антарктики". Москва, "Наука", в печати.

Козлов, А.Н., Т.А.Лукашева, В.В.Масленников, В.А.Спиридонов, Б.М.Шатохин, К.И.Юданов. Гидрологические условия, распределение и биологическое состояние криля в южной части моря Скотия. В кн. "Антарктический криль. Особенности распределения и среда", Москва, "Легкая и пищевая промышленность", 1983, с. 85-99.

Латогурский, В.И. К биологии антарктического криля Euphausia superba Dana в районе о. Южная Георгия в летний и зимний сезон 1969-70 г. Труды АтлантиНРО, 53, 1973, с. 135-150.

Латогурский, В.И., Л.Г.Маклыгин, А.С.Федотов. Размеры и состояние гениталий эвфаузиид в зимний период южного полушария. Тезисы докладов Всесоюзной конференции "Сырьевые ресурсы антарктической зоны океана и проблемы их рационального использования", Керчь, 1983, с. 11.

- Макаров, Р.Р. О раздельном существовании возрастных групп антарктического криля. Информ. бюлл. Сов. Антаркт. экспед. 77, 1970, с. 123-128.
- Макаров, Р.Р. Личинки Euphausia superba в планктоне моря Скотия. Труды ВНИРО, 99, с. 84-103.
- Макаров, Р.Р. Изучение повторного созревания самок эвфаузиид. Зоол. журн., 54(5), 1975, с. 670-681.
- Макаров, Р.Р. Размножение Euphausia superba Dana (Euphausiacea, Crustacea). Труды ВНИРО, 110, с. 85-89.
- Макаров, Р.Р. Размерный состав и условия существования Euphausia superba Dana в восточной части тихоокеанского сектора Южного океана. "Океанология", 19(5), 1979, с. 678-684.
- Макаров, Р.Р. Изучение состава популяции Euphausia superba Dana. В кн. "Биологические ресурсы антарктического криля", Москва, ВНИРО, 1980, с. 89-113.
- Макаров, Р.Р. Биология размножения и особенности репродуктивного цикла Euphausia superba Dana. В сб. "Антарктика", Москва, "Наука", вып. 22, 1983а, с. 107-120.
- Makarov, R.R. Geographical aspects in the investigations of the life-history of Euphausia superba Dana. In "On the biology of krill, Euphausia superba Dana". Ber. Polarforschung, S. 4, 1983b, p. 47-57.
- Макаров, Р.Р., В.В.Масленников. Распределение и возрастной состав личинок эвфаузииды Thysanoessa macrura G.O.Sars в связи с гидрологическими условиями в тихоокеанском секторе Антарктики. "Биология моря", 1980, №4, с. 8-17.
- Макаров, Р.Р., В.В.Масленников, Е.В.Солянкин, О.А.Мовчан.

Океанографические условия и региональные особенности сезонных сукцессий в планктоне прибрежных вод Антарктического полуострова. В сб. "Антарктика", Москва, "Наука", вып. 21, 1982, с. 101-117.

Макаров, Р.Р., М.В.Сысоева. Биологическое состояние и распределение Euphausia superba Dana в море Лазарева и сопредельных водах. В кн. "Антарктический криль. Особенности распределения и среда". Москва, "Легкая и пищевая промышленность", 1983, с. 110-117.

Масленников, В.В., Е.В.Солянкин, В.А.Спиридонов, М.В.Сысоева. К исследованию происхождения особей Euphausia superba Dana, встречающихся в водах о. Южная Георгия. В кн. "Антарктический криль. Особенности распределения и среда". Москва, "Легкая и пищевая промышленность", 1983.

Полуяктов, В.Ф., Е.В.Солянкин, Н.В.Хвацкий, А.В.Хомутов. Особенности гидрологических условий как факторов распределения криля в юго-восточной части пролива Брансфилда. В кн. "Антарктический криль. Особенности распределения и среда". Москва, "Легкая и пищевая промышленность", 1983, с. 99-103.

Спиридонов, В.А., Е.Н.Грузов, А.Ф.Пушкин. Исследования стай антарктической Euphausia superba Dana (Crustacea, Euphausiacea) подо льдом. Зоологический журнал, 64(11), 1985, с. 1655-1660.

Трувеллер, К.А., Д.А.Воронов, В.А.Спиридонов. К биохимико-генетическому анализу популяционной структуры антарктического криля. Тезисы докладов Всесоюзной конференции "Сырьевые ресурсы антарктической зоны океана и проблемы их рационального использования", Керчь, 1983, с. 38-40.

Хмелева, Н.В., А.П.Голубев. Продукция кормовых и промысловых ракообразных. Минск, "Наука и техника", с. 1-215.

Эль-Саид, С. Беллинсгаузена море. Океанографическая энциклопедия. Ленинград, Гидрометеиздат, 1969, с. 68-69.

Bargmann, H.E. The development and life-history of adolescent adult krill, Euphausia superba. Discovery Rep. 23, 1945, p. 103-176.

Brinton, E. T. Antezana. Structures of swarming and dispersed populations of krill (Euphausia superba) in Scotia Sea and South Shetland waters during January-March 1981. Journ. Crust. Biol., 4 (spec. N 1), p. 45-66.

Bucholz, F. Moulting and moult physiology in krill. In "On the biology of krill, Euphausia superba". Ber. Polarforschung, s.4, 1983, p. 81-89.

Ettershank, G. A new approach to the problem of longevity in the Antarctic krill, Euphausia superba. Journ. Crust., Biol., 4 (spec. N 1), 1984, p.

Ettershank, G. The age structure of a population of the Antarctic krill, Euphausia superba Dana. In "On the biology of krill, Euphausia superba". Ber. Polarforschung 4, 1983, p. 226.

Fevolden, S.E. Krill of Bouvet I and in the Southern Weddel Sea with a description of larval stages of Euphausia crystallophias. Sarsia, 65(2), 1980, p. 149-162.

Fevolden, S.E., R.G. George. Size frequency pattern of Euphausia superba in the Antarctic Peninsula waters in the austral summer of 1983. Journ.Crust. Biol., 4 (spec. N 1), p.107-122.

- Foster, T.D., J.H. Middleton. The oceanographic structure of the eastern Scotia Sea. In "Physical oceanography. Deep Sea Res.", 37(5A), pp. 529-550.
- Fraser, F.C. On the development and distribution of the young stages of krill (*Euphausia superba*). Discovery Rep., 14, 1936, pp. 1-192.
- Guzman, O. Distribution and abundance of Antarctic krill *Euphausia superba* in the Bransfield Strait. In "On the biology of krill, *Euphausia superba*". Ber. Polarforschung, S. 4, 1983, pp. 169-190.
- Hart, J.T. Phytoplankton periodicity in Antarctic surfase waters. Discovery Rep., 21, 1942, pp. 261-356.
- Hempel, G. FIBEX - an international survey in the Southern Ocean: Review and outlook. Mem. Nat. Inst. Polar. Res. Spec. Issue, 27, pp. 1-15
- Heywood, R.B. Environmental conditions in the Antarctic Peninsula area of the Southern Ocean during the Anglo-German Joint Biological Expedition, February 1982. Meeresforschung, 30, pp. 220-239.
- Ikeda, T., P. Dixon. Body shrinkage: a possible overwintering strategy of the Antarctic krill (*Euphausia superba* Dana). Journ. Exp. Mar. Biol. Ecol., 35, 1982 a, pp. 141-148.
- Ikeda, T., P. Dixon. Observations on moulting in Antarctic krill (*Euphausia superba* Dana). Austr. Journ. Mar. Fresh. Res., 33(1), pp. 71-76.
- Ikeda, T., P. Dixon, J.M. Kirkwood. Laboratory observa-

tions of moulting, growth and maturation of the Antarctic krill (Euphausia superba Dana). Polar. Biol., 4 (1), 1985, pp. 1-18.

Ikeda, T. Life-history of Antarctic krill, Euphausia superba. A new look from an experimental approach. Bull. Mar. Sci., 37 (2), pp. 599-608.

Ivanov, B.G. On the biology of the krill, Euphausia superba. Mar. Biol., 7 (4), pp. 340-351.

Jazdzewski, K., E. Dzik, J. Porebski, S. Rakusa-Suszczewski, Z. Witek, N. Wolnomiejski. Biological and population studies of krill near South Shetland Island, Scotia Sea, South Georgia in the summer 1976. Polskie Arch. Hydrobiol., 29 (3), pp. 607-631.

Kikuno, T., A. Kawamura. Observations of the ovarian eggs and spawning habits in Euphausia superba Dana. Mem. Nat. Inst. Polar. Res., 27, pp. 104-121.

Kock, K.H., M. Stein. Krill and hydrographic conditions of the Antarctic Peninsula. Meersforschung, 26, 1977/78, pp. 143-152.

Mackintosh, N.A. Maintenance of living Euphausia superba and frequency of moults. Norsk. Hvalfangst Tid., 56, 1967, pp. 143-152.

Mackintosh, N.A. Life cycle of Antarctic krill in relation to ice and water conditions. Discovery Rep., 26, 1972, pp. 1-94.

Marr, J.W.S. The natural history and geography of Antarctic krill (Euphausia superba Dana). Discovery Rep., 22,

1962, pp. 33-464.

Denis, C.J., M.A., M.A. McWhinnie. Fecundity and ovarian cycles of the Antarctic krill, Euphausia superba (Crustacea, Euphausiacea). Can. Journ. Zool. pp. 2414-2423.

Mauchline, J. The biology of mysids and euphausiids. Adv. Mar. Biol. 18, Acad. Press, 1980, pp. 1-681.

Mauchline, J. Measurement of body length of Euphausia superba Dana. BIOMASS Handbook, 4, 1981, pp. 1-9.

Mauchline, J., L.R. Fisher. The biology of euphausiids. Adv. Mar. Biol. 7, Acad. Press, 1969, pp. 1-454.

Morris, D.J., J. Priddle. Observations on the feeding and moulting of the Antarctic krill, Euphausia superba Dana in winter. Br. Antarct. Surv. Bull., 65, 1984, pp. 57-63.

Morris, D.J., A. Keck. The time course of moult cycle and growth of Euphausia superba in the laboratory. A preliminary study. Meeresforschung, 30, 1984, pp. 94-100.

Nast, F. Krillfange wahrend FIBEX 1981. Archiv Fischereiwiss., 33(1), pp. 61-84.

Nemoto, T. Food of baleen whales with reference to whale movement. Sci. Rep. Whales Res. Inst., 14, 1959, pp. 149-290.

Poleck, T.R., C.J. Denys. Effect of temperature on the moulting, growth and maturation of the Antarctic krill, Euphausia superba (Crustacea, Euphausiacea) under laboratory conditions. Mar. Biol., 70(3), 1982, pp. 255-265.

- Rakusa-Suszczewski, S., M. Lipski. Report on the R/V "Professor Siedlecki" expedition to the Antarctic during the BIOMASS-SIBEX in 1983/84. Polar Res., 6(1-2), 1985, pp. 7-20.
- Retamal, M.A., R. Quintana. Basic biological studies relating to the population dynamics of the krill Euphausia superba Dana 1850. INACH, Sci. Ser., 28, 1982, pp. 175-190.
- Ruud, J.T. On the biology of southern Euphausiidae. Hvalrad. Scr., 2, 1932, pp. 1-105.
- Sahraghe, D., W. Schreiber, R. Steinberg, G. Hempel. Antarctic-Expedition 1975/76 Bundesrepublik Deutschland. Archiv Fischereiwiss., 29(1), 1978, pp. 1-96.
- Sahraghe, D. Participation of the FRG in SIBEX and CCAMLR activities on Antarctic marine living resources. Archiv Fischereiwiss., 37(1), 1986, pp. 3-24.
- Segawa, S., M. Kato, M. Murano. Growth, moult and filtering rate of krill in laboratory conditions. Mem. Nat. Inst. Polar Res., 27, 1983, pp. 93-103.
- Siegel, V. Untersuchungen an Nachlaiconzentrationen des Antarktischen Krill, Euphausia superba. Archiv Fischereiwiss., 33(1), 1982, pp. 113-125.
- Siegel, V. Investigations on krill (Euphausia superba) in the southern Weddell Sea. Meeresforschung, 19, 1983, pp. 244-252.
- Siegel, V. Untersuchungen zur Biologie des antarktischen Krill, Euphausia superba, im Bereich der Bransfield Strabe und angrenzender Gebiet. Mitt. Inst. Seefisch.,

Hamburg, 38, 1986, pp. 1-244.

Sievers, H.A. Description of the physical oceanography conditions in support of the study on the distribution and behavior of krill. INACH, Sci. Ser., 28, 1982, pp. 73-122.

Stepnik, R. All-year populational studies of Euphausiacea (Crustacea in the Admiralty Bay (King George Island). Pol. Polar Res., 3(1/2), 1982, pp. 49-68.

Wolnomiejski, N., H. Czykieta, R. Stepnik, H. Jackowska. Biological characteristics of Euphausia superba Dana in the southern Drake Passage and the Bransfield Strait in Febr.- March, 1981 (BIOMASS-FIBEX), Pol. Polar Res., 3(3/4), pp. 259-271.

Witek, Z. Phitoplankton distribution and some aspects of the Biology of Antarctic krill (Euphausia superba). ICES, CM 1979/L, pp. 1-14.

Witek, Z., A. Koronkiewicz, G.J. Soszka. Certain aspects of the early life-history of krill, Euphausia superba Dana (Crustacea). Pol. Polar Res., 1(4), 1980, pp. 97-115.

Дополнения к списку литературы

Макаров, Р.Р., Е.В. Солянкин, В.В. Шевцов. Условия среды и адаптивные черты биологии Euphausia superba Dana в море Лазарева. В сб. Антарктика, Москва, "Наука", 1985, вып. 24, сс. 158-171.

Павлов, В.Я. О качественном составе пищи Euphausia superba Dana. Труды ВНИРО, Москва, вып., 86, 1971, сс. 42-54.

Anonymous. Post-FIBEX data interpretation workshop, Hamburg, 1981, BIOMASS rep. ser., 20, pp. 1-38.

Hamner, W.M., P.P. Hamner, S.W. Strand, R.W. Gilmer. Behavior of Antarctic krill, Euphausia superba, chemoreception, feeding, schooling and moulting. Science, 22, pp. 433-435.

Таблица 1. Скорость роста и продолжительность межлинейных интервалов Euphausia superba по данным аквариальных экспериментов

Размеры животных (мм)	T ⁰ , освещение	Условия питания	Межлинейный интервал (T) (дни)	Скорость роста (мм/день)	Примечания	Источник
20-33	T ⁰ не кон- тролирова- лась, в темноте	смена воды	12-17 M=13.5±1.0	Макс. у двух особей 0.07-0.14	Отмечены случаи отрицательного роста	Mackintosh, 1967
22-30	0.7 ⁰ , в темноте	культу- ра	20±1.8	Макс. 0.034	Не выявлено свя- зи продолжитель- ности межлиней- ного интервала с размерами рач- ков 5, многочис- ленные случаи от- рицательного роста	Murano et al., 1979
16-34	---"---	то же и фитопла- нктон из Токийс- кого залива	T=0.0175 Lсрх+1.1826 T=0.0245 Lсрх+ +1.1226	Макс. (у двух наи- более быс- трорасту- щих особей) 0.031-0.033	Lсрх - длина ка- рапакса, второе уравнение для более крупных особей	Segawa et al., 1983

Таблица 1. Продолжение

Размеры животных (мм)	T^0 , освещение	Условия питания	Межлинечный интервал (Т) (дни)	Скорость роста (мм/день)	Примечания	Источник
22-30	-1.5^0 постоянное освещение	а) .куль- тура во- дорослей б) .искус- венный корм для рыб	а-б) .26.8+2.3 в) .29.6+2.7	Очень малые ско- рости роста у пи- тающихся особей, отрицательный рост у голодающих		Ikeda, Dixon, 1982
24.7- 46.8	-0.5^0	см. Ikeda, 22-29.8 Dixon, 1982b		0.024-0.070 (макс. в серии из 4-6 линек)		Ikeda et al., 1985
20-42	0.12^0 0.97^0 4.48^0	фитопланк- тон из района станции Палмер: по 20 мл взвеси на особь 3 ра- за в день	20.1 18.87 12.48	Макс. 0.037- 0.068	Достоверная связь продолжительнос- ти межлинечного интервала с раз- мерами	Poleck, Denys, 1982

Таблица 1. Продолжение

Размеры животных (мм)	T^0 , освещение	Условия питания	Межлинечный интервал (Т) (дни)	Скорость роста (мм/день)	Примечания	Источник
20-30	T^0 не контро- лирова- лась	Проток воды из залива Кемберленд, Южная Георгия	10-17	0.023-0.171 M=0.141	У рачков раз- мерами около 29мм наблюдал- ся, в основном, отрицательный рост	Morris, Keeck, 1984

Таблица 2. Скорость очевидного (apparent) роста Euphausia superba, вычисленная по данным повторных съемок НПС "Одиссей" в юго-восточной части моря Скотия, 1981 г.

Сроки		15.01-8.02	8.02-17.02	15.01-17.02
Количество дней		23	8	31
Скорость роста мм/день	Молодь в целом	0.106 ± 0.02	0.165 ± 0.035	0.118 ± 0.02
	Молодь, самцы	не рассчитывали	0.180 ± 0.05	не рассчитывали
	Молодь, самки	не рассчитывали	0.180 ± 0.04	не рассчитывали
	Взрослые самцы	0.04 ± 0.02	очевидный рост отсутствует	не рассчитывали
	Взрослые самки	0.107 ± 0.02	----"----	----"----

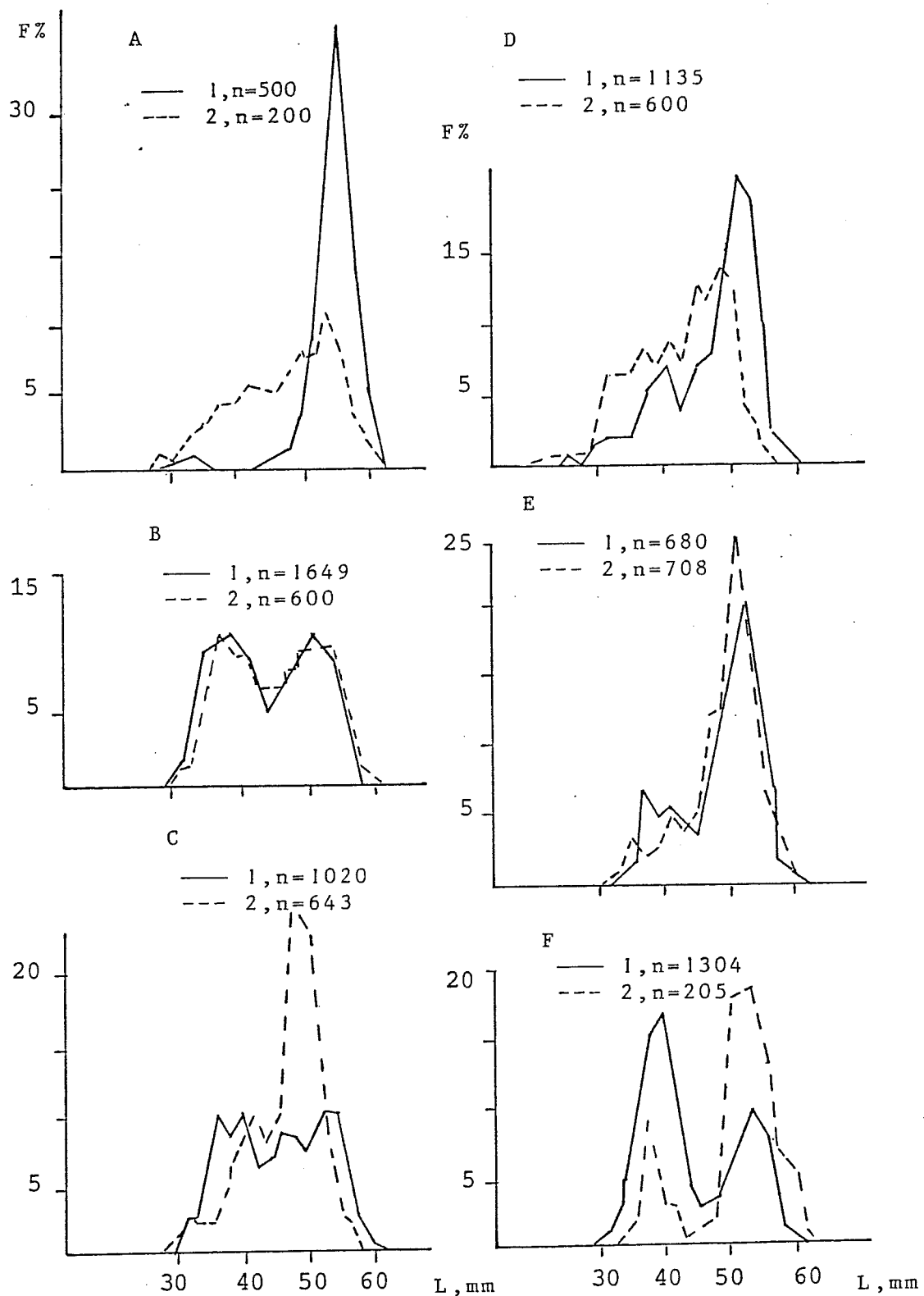


Рисунок 1.

Размерный состав *Euphaussea superba* в районе Антарктического полуострова и в море Скотия в конце января-марте 1981 г. Для обеспечения большей сравнимости данных использованы только материалы целевых ловов (по предварительно обнаруженным скоплениям). Римскими цифрами обозначены размерные группы (объяснения в тексте). Обозначения к рисунку помещены в общем списке рисунков.

List of Tables

- Table 1 Growth rate and moulting interval of Euphausia superba from data obtained during in situ experiments.
- Table 2 Apparent growth rate of Euphausia superba calculated from data obtained during a set of repeated surveys carried out by FRV Odissey in the south-east Scotia Sea in 1981.

List of Figures

Figure 1.

Size composition of Euphausia superba in the Antarctic Peninsula area and Scotia Sea in the period late January/March 1981. In order that data may be compared, only information from target catches (from swarms detected beforehand) was used. Size categories (see text for explanation) are shown in Roman numerals.

Length according to 1st Standard (Mauchline, 1981). Data from Anon., (1981) have been converted.

A - waters to the north-west of Palmer Archipelago (by Wolnomiejski et al, 1982): 1 - area to the north-west of Palmer Archipelago; 2 - waters around Palmer Archipelago.

B - Bransfield Strait, mainly the central part: 1 - February (by Retamal, Quintana, 1982); 2 - March (by Wolnomiejski et al, 1982).

C - Elephant Is. (Mordvinov Is.) area: 1 - north-west and south-west of the island shore (late January/early February) from data of FRV Odissey; 2 - north of the island, from data of FRV Walter Hervig (Anon., 1981).

D - south-west Scotia Sea, north-west Weddell Sea (from data of FRV Walter Hervig, Anon., 1981): 1 - western high frontal zone (HFZ) of Scotia Sea; 2 - north-west Weddell Sea.

E - area around South Orkney Islands (from data of RV Eduardo L. Holmberg, Anon., 1981): 1 - area to the north-east of the archipelago; 2 - area to the west of the archipelago.

F - south-east Scotia Sea (by Kozlov et al, 1983): 1 - HFZ area; 2 - northern outermost part of the area.

Liste des Tableaux

Tableau 1 Taux de croissance et intervalle de mue de Euphausia superba à partir des données obtenues au cours d'études expérimentales réalisées sur place.

Tableau 2 Taux de croissance apparent de Euphausia superba calculé à partir des données obtenues pendant une série d'études réalisées à plusieurs reprises par le navire de recherche et de pêche Odyssée, dans le sud-est de la Mer du Scotia en 1981.

Liste des Figures

Figure 1

Composition par tailles de Euphausia superba dans la zone de la Péninsule Antarctique et la Mer du Scotia de la fin du mois de janvier au mois de mars 1981. Pour être en mesure de comparer ces données, seules les informations obtenues sur les prises cibles (sur les bancs détectés auparavant) ont été utilisées. Les catégories de taille (voir texte pour explication) figurent en chiffres romains.

Longueur selon le 1er standard (Mauchline 1981). Les données anonymes (1981) ont été converties.

A - eaux au nord-ouest de l'Archipel de Palmer (par Wolnomiejski et autres, 1982): 1 - zone au nord-ouest de l'Archipel de Palmer; 2 - eaux autour de l'Archipel de Palmer.

B - Détroit de Bransfield, en particulier la partie centrale; 1 - février (par Retamal, Quintana, 1982); 2 - mars (par Wolnomiejski et autres, 1982).

C - Zone de l'Ile Eléphant (Ile de Mordvinov):
1 - nord-ouest du littoral de l'île (fin janvier/début février) à partir des données obtenues par le navire de recherche et de pêche Odyssée; 2 - nord de l'île, à partir des données obtenues par le navire de recherche et de pêche Walter Hervig (Anonyme, 1981).

D - sud-ouest de la Mer du Scotia, nord-ouest de la Mer de Weddell (à partir des données obtenues par le navire de recherche et de pêche Walter Hervig, anonyme, 1981): 1 - zone frontale élevée ouest (ZFE) de la Mer du Scotia; 2 - nord-ouest de la Mer de Weddell.

E - zone autour des Orcades du Sud (à partir des données obtenues par le navire de recherche Eduardo L. Holmberg, anonyme, 1981): 1 - zone au nord-est de l'archipel; 2 - zone à l'ouest de l'archipel.

F - sud-est de la Mer du Scotia (par Kozirov et autres, 1983): 1 - zone ZFE; 2 - partie extrême-nord de la zone.

Lista de Tablas

Tabla 1. Tasa de crecimiento e intervalo de cambio de piel de Euphausia superba a partir de los datos obtenidos durante experimentos in situ.

Tabla 2. Tasa de crecimiento aparente de Euphausia superba calculada a partir de datos obtenidos durante un conjunto de prospecciones repetidas llevadas a cabo por el FRV Odissey en el sureste del Mar de Escocia en 1981.

Lista de Figuras

Figura 1.

La composición de tamaños de Euphausia superba en el área de la Península Antártica y en el Mar de Escocia en el período de fines de enero/marzo 1981. Con el fin de que los datos puedan ser comparados, se utilizó únicamente información de las capturas objetivo (de los cardúmenes detectados de antemano). Las categorías de tamaños (véase el texto para su explicación) se muestran en números romanos.

El tamaño según el 1er estándar (Mauchline, 1981). Los datos procedentes de Anon. (1981) han sido convertidos.

A - las aguas hacia el noroeste del Archipiélago de Palmer (por Wolnomiejski y otros, 1982): 1 - el área hacia el noroeste del Archipiélago de Palmer: 2 - las aguas alrededor del Archipiélago de Palmer.

B - El estrecho de Bransfield, especialmente la parte central: 1 - Febrero (de Retamal, Quintana, 1982); 2 - Marzo (de Wolnomiejski y otros, 1982).

C - El área de la Isla Elefante (Mordvinov Is.): 1 - el noroeste y suroeste de la costa de la isla (a fines de enero/comienzo de febrero) a partir de los datos del FRV Odissey; 2 - el norte de la isla, a partir de los datos del FRV Walter Hervig (Anon., 1981)

D - El suroeste del Mar de Escocia, el noroeste del mar de Weddell (a partir de los datos del FRV Walter Hervig, Anon., 1981): 1 - zona frontal occidental de altura en el Mar de Escocia; 2 - área noroeste del Mar de Weddell.

E - el área alrededor de las Islas Orcadas del Sur (Orkney Islands) (a partir de los datos del RV Eduardo L. Holmberg, Anon., 1981): 1 - el área hacia el noroeste del archipiélago; 2 - el área hacia el oeste del archipiélago.

F - el sureste del Mar de Escocia (de Kozlov y otros, 1983): 1 - el área HFZ; 2 - el extremo septentrional del área.

Список Таблиц

Таблица 1. Скорость роста и продолжительность межлинейных интервалов Euphausia superba по данным аквариальных экспериментов

Таблица 2. Скорость очевидного (apparent) роста Euphausia superba, вычисленная по данным повторных съемок НПС "Одиссей" в юго-восточной части моря Скотия, 1981 г.

Список Рисунков

Рисунок 1.

Размерный состав Euphaussea superba в районе Антарктического полуострова и в море Скотия в конце января-марте 1981 г. Для обеспечения большей сравнимости данных использованы только материалы целевых ловов (по предварительно обнаруженным скоплениям). Римскими цифрами обозначены размерные группы (объяснения в тексте).

Длина по стандарту 1 (Mauchline, 1981). Данные по Anon., (1981) даются в пересчете.

А - воды к северо-западу от архипелага Пальмера (по Wolnomiejski et al, 1982): 1- район к северо-западу от архипелага Пальмера, 2- прибрежные воды архипелага Пальмера.

В - пролив Брансфилда, в основном центральная часть: 1 - февраль (по Retamal, Quintana, 1982), 2 - март (по Wolnomiejski et al, 1982).

С - район о.Мордвинова (Элефант): 1- к северо-западу и юго-западу от побережья острова (конец января-начало февраля) по материалам НПС "Одиссей", 2- к северу от острова - по материалам НПС "Вальтер Хервиг" (Anon., 1981).

Д - юго-западная часть моря Скотия, северо-западная часть моря Уэдделла (по материалам НПС "Вальтер Хервиг", Anon., 1981); 1 - западная часть района ВФЗ моря Скотия, 2 - северо-западная часть моря Уэдделла.

Е - район Южных Оркнейских островов (по материалам НИС "Эдуардо Л.Хольмберг", Anon., 1981): 1 - район к северо-востоку от архипелага, 2 - район к западу от архипелага.

Ф - юго-восточная часть моря Скотия (по Козлов и др., 1983) : 1 - район ВФЗ, 2 - северная периферия этого района.

GENETIC VARIATIONS AND POPULATION STRUCTURE OF KRILL FROM THE PRYDZ BAY
REGION OF ANTARCTIC WATERS

C.M. MacDonald, R. Williams and M. Adams
(Australia)

Abstract

Samples of Antarctic krill E. superba from six locations near Prydz Bay were analysed electrophoretically to detect genetically-based protein variation. Analyses of allele distributions at four polymorphic loci indicate no evidence of significant heterogeneity, a result consistent with the hypothesis that all samples were derived from a single breeding population of krill. The results of this study agree closely with genetic data from other studies on krill in the Atlantic sector of the Southern Ocean, suggesting that krill stocks over at least 6000 kilometres of Antarctic waters are derived from a single interbreeding population.

Note : The full text of this paper is published under the above title in Polar Biology (1986) 6 : 233-236.

VARIATIONS GENETIQUES ET STRUCTURE DEMOGRAPHIQUE DU KRILL DE LA
REGION DE LA BAIE DE PRYDZ DANS LES EAUX DE L'ANTARCTIQUE

C.M. MacDonald, R. Williams et M. Adams
(Australie)

Résumé

Des échantillons de krill antarctique E. superba on été prélevés dans six endroits situés près de la Baie de Prydz et ont été analysés électrophorétiquement en vue de détecter la variation à base génétique des protéines. Des analyses de répartitions d'allèles à quatre lieux polymorphiques n'indiquent aucune évidence d'hétérogénéité appréciable, un résultat qui est compatible avec l'hypothèse selon laquelle tous les échantillons proviendraient d'une colonie reproductrice de krill unique. Les résultats de cette étude s'accordent étroitement avec les données génétiques relevées au cours d'autres études sur le krill dans le secteur antarctique de l'océan Austral, suggérant que les stocks de krill sur une surface

d'au moins 6000 kilomètres des eaux antarctiques
proviennent d'une population unique
s'inter-reproduisant.

Note: Le texte intégral de ce document est publié sous le titre
ci-dessus dans Polar Biology (1986) 6 : 233-236).

Rapport original en anglais.

* * * * *

VARIACIONES GENÉTICAS Y ESTRUCTURA DE LAS POBLACIONES DE KRILL EN
LAS AGUAS ANTÁRTICAS DE LA REGIÓN DE LA BAHÍA PRYDZ

C.M. MacDonald, R. Williams y M. Adams
(Australia)

Resumen

Se han analizado electroforéticamente muestras de krill antártico E. superba de seis localidades cercanas a la Bahía Prydz para detectar la variación de proteínas de base genética. Los análisis de las distribuciones de allele en cuatro "loci" polimórficos no muestran ninguna evidencia importante de heterogeneidad, siendo un resultado consecuente con la hipótesis de que todas las muestras provinieron de una misma población reproductiva de krill. Los resultados de este estudio concuerdan exactamente con los datos genéticos de otros estudios sobre krill en el sector antártico del Océano Austral, lo cual sugiere que las reservas de krill de por lo menos 6000 kilómetros de aguas antárticas provienen de una misma población cruzada.

Nota : El texto completo de este documento se publica bajo el título
susodicho en Biología Polar (Polar Biology) (1986) 6 : 233-236

Informe original en inglés.

* * * * *

ГЕНЕТИЧЕСКАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ И СТРУКТУРА ПОПУЛЯЦИИ КРИЛЯ,
ОБИТАЮЩЕГО В АНТАРКТИЧЕСКИХ ВОДАХ В РАЙОНЕ ЗАЛИВА ПРЮДС

К.М.Макдоналд, Р. Уильямс и М. Адамс
(Австралия)

Резюме

Пробы антарктического криля E. superba,
взятые на шести участках вблизи залива Прюдс,
анализировались методом электрофореза с целью
обнаружения в них генетически вызванной

изменчивости содержания протеина. Анализы распределения аллелей на четырех полиморфных локусах не указывают на какую-либо значительную гетерогенность - вывод, соответствующий предположению, что все пробы были получены от одной и той же размножающейся популяции криля. Результаты этого исследования близко сходятся с генетическими данными других исследований криля в атлантическом секторе Южного океана, и это дает основания предполагать, что запасы криля, распространенные в водах Антарктики на акватории размером свыше 6000 кв. километров, происходят от одной и той же замкнутой популяции.

Примечание: Полный текст этой работы опубликован под вышеуказанным заголовком в журнале "Поляр Биолоджи" (1986 г.) 6; стр. 233-236.

Оригинал : Английский

* * * * *

DIFFERENTIATION OF INDEPENDENT POPULATIONS OF ANTARCTIC KRILL

U.S.S.R.

Abstract

Several countries have recently shown an interest in commercial krill fishing. An understanding of krill population structure is needed to establish sound management of krill fisheries. A short review is undertaken of recent studies in genetic and morphophysiological variability of krill and Antarctic water circulation. On the basis of the review, it is suggested that there is probably one composite population of E. superba in the Southern Ocean subdivided into several independent sub-populations. The number of these sub-populations is expected to correspond with the number of quasi-stationary cyclonic water circulations. At present, at least six stable cyclonic water circulations can be found and at least two or three of them may be habitats of independent krill sub-populations. A proposal is given for future studies into krill population structure.

* * * * *

DIFFERENCIATION ENTRE LES POPULATIONS INDEPENDANTES DE KRILL
ANTARCTIQUE

U.R.S.S.

Résumé

Les opérations commerciales de pêche de krill ont récemment suscité un certain intérêt parmi plusieurs pays. Pour mettre en place un système de gestion efficace de la pêche de krill, il est nécessaire d'acquérir des connaissances sur la structure démographique du krill. Un bref examen des études récentes sur la variabilité morphophysologique et génétique du krill et la circulation des eaux antarctiques est entrepris. En se basant sur cet examen, on suggère qu'il existe probablement une seule population de E. superba dans l'océan Austral, sous-divisée en plusieurs sous-populations indépendantes. Le nombre de ces sous-populations devrait correspondre au nombre de circulations d'eau cycloniques quasi-stationnaires. A présent, un minimum de six circulations d'eau cycloniques stables peuvent être détectées et au moins deux ou trois d'entre elles pourraient constituer l'habitat de sous-populations indépendantes de krill. Une proposition relative à de prochaines études sur la structure démographique du krill est présentée.

* * * * *

ДИФФЕРЕНЦИАЦИЯ ПОБЛАЦИОНОВ НЕЗАВИСИМЫХ ДЕ КРИЛЛ АНТАРТИКО

U.R.S.S.

Resumen

Recientemente varios países han mostrado interés en la pesca comercial de krill. Se necesita una comprensión de la estructura de la población de krill para establecer una administración efectiva de las pesquerías de krill. Se da un breve resumen de estudios recientes sobre variabilidad genética y morfo-fisiológica de krill y sobre la circulación de aguas la región Antártica. Sobre la base de esta revisión se presume la existencia de una población mixta de E. superba en el Océano Austral, subdividida en varias sub-poblaciones independientes. Se parte de la suposición que la cantidad de dichas sub-poblaciones corresponda al número de circulaciones ciclónicas cuasi-estacionarias de las aguas. Actualmente, pueden encontrarse por lo menos seis circulaciones ciclónicas estables y por lo menos dos o tres de ellas podrían ser habitat de sub-poblaciones independientes de krill. Se expone una propuesta para estudios futuros acerca de la estructura de poblaciones de krill.

* * * * *

ДИФФЕРЕНЦИАЦИЯ НЕЗАВИСИМЫХ ПОПУЛЯЦИЙ АНТАРКТИЧЕСКОГО КРИЛЯ

СССР

Резюме

В последнее время несколько стран проявило заинтересованность в коммерческом промысле криля. Для установления правильного управления промыслом криля требуется понимание структуры популяции криля. Сделан краткий обзор новейших работ по генетической и морфо-физиологической изменчивости криля и циркуляции антарктических вод. На основе этого обзора делается предположение о том, что, возможно, в Южном океане имеется одна составная популяция E. superba, разделяющаяся на несколько независимых подпопуляций. Ожидается, что число этих подпопуляций соответствует числу квазистационарных циклонических водных циркуляций. На данный момент можно выделить как минимум шесть стабильных циклонических водных циркуляций, и по крайней мере две или три из них могут быть хабитатами независимых подпопуляций криля. Высказывается предложение о будущих исследованиях по вопросу структуры популяций криля.

* * * * *

DIFFERENTIATION OF INDEPENDENT POPULATIONS
OF THE ANTARCTIC KRILL

In recent years, several countries (Poland, Federal Republic of Germany, Japan, Chile and some others) have shown their interest in the problem of utilization of the resources of the Antarctic krill mainly represented by Euphausia superba.

Considering the krill resource has been estimated for the entire area of its distribution, while it is fished only in particular areas, the question of the stock size and of permissible removal from the stock in a particular area where krill forms commercial concentrations and is represented by an independent population acquires vital importance, because in areas where the fishery is intensive, krill may be threatened by overfishing while in other areas the stocks may be underexploited.

The problem becomes important because of the necessity of setting krill catch quotas for each fishing country in the near future. These problems can only be solved satisfactorily if the population structure of the species is studied adequately. To gain more insight into the population structure of the Antarctic krill, priority should be given to two questions : the existence in the Southern Ocean of stable large-scale water circulations, and the existence of definite morphophysiological and genetic differences between individuals inhabiting different areas within the distribution range.

Until recently it has been customary to assume that in the Southern Ocean there is only one cyclonic circulation with its centre in the Weddell Sea and the coastal current is a single flow directed from the east to the west around the whole Antarctic Continent. With the increase in the amount of data on the Southern Ocean water dynamics, it has become evident that the flow of the coastal current is divided into a number of localized sections (southern components of cyclonic water circulations) which exist as a result of the action of persistent deep cyclones in the same areas, as

well as of shoreline configuration and bottom relief. A map of the total water transport system in the Southern Ocean shows six cyclonic circulations of which two are large-scale circulations. The first covers the entire southern part of the Atlantic sector, the other is in the Ross Sea area. The maps of large-scale water circulations in the World Ocean also show six cyclonic circulations in the Southern Ocean, two in each sector. Here we find three large-scale circulations - two in the Atlantic and one in the Pacific sector. According to recent data it thus appears that there are at least six cyclonic circulations in the Southern Ocean of which two or three are large-scale (Beklemishev, 1969) and, consequently, may serve as habitats for independent populations.

Papers on the subject of intraspecific variation in E. superba are not numerous. One paper (Ayala et al., 1975) reports the study of genetic variability of krill by electrophoresis. The data obtained by the investigators point to low genetic variability of the species which is associated by the authors with large variability of feeding conditions as compared to species occurring in tropical waters. The homogeneity of the physical parameters of the waters inhabited by krill is pointed out, which suggests the absence of genetic variability between the krill separated by large spaces or inhabiting different water circulations within the Southern Ocean. In this connection, morphophysiological variation in the species is also unlikely. Although the larvae have been found to have five larval forms (this will be discussed below) the differences seem to disappear during postlarval development due to homogeneity of physical environmental parameters. To the best of our knowledge, no studies on the subject of morphophysiological variability of krill postlarval stages have been reported up to now.

Another paper (Makarov, 1974) reports that new forms of krill larvae have been found and five larval forms have been recognized in the plankton from the Scotia and Weddell Seas. It is pointed out that the development of E. superba most commonly goes through form 5 (i.e. furcilia with five pairs of pleopods without setae). It is assumed that this path of development corresponds to environmental conditions optimal for the growth and development of the larvae while any change from this path is associated with deviations of environmental conditions from the optimum.

The papers on the subject of population structure of E. superba are not numerous either and the deductions reached are as yet far from conclusive. J.T. Ruud (Ruud, 1932) was the first to suggest that the existence of the population in the Weddell Sea is made possible by horizontal circulation which carries the krill from the south to the north and vice versa. J.W.S. Marr (Marr, 1962) explained the occurrence of the krill population in the Weddell Sea circulation system by the transport of adults to the north by the surface water and that of larvae to the south by warmer deep water. R.R. Makarov suggested that by performing vertical migrations and thus entering different water masses, part of the larvae hatched in the southern Scotia Sea finally drifted to the Weddell Sea. "In this way the circulation in the Weddell Sea makes possible the existence there of an independent (Beklemishev, 1969) population of E. superba" (Makarov, 1972). In a later paper (Makarov, Maslennikov, 1975) after the absence of larvae at great depths in winter was established, the dominant role of horizontal circulation in the transport of the larvae to the Weddell Sea was suggested. I. Everson (Everson, 1976) proposed a radically different migration pattern of krill in the Atlantic waters of the Antarctic. He believes that the existence of the krill population there is made possible by spawning both in the Weddell Drift waters and in the waters of the coastal current between the zero meridian and 30°E. The larvae hatched in the Weddell Drift waters are carried away by the warm deep current to the surface layers of the coastal current which carries them to the Weddell Sea. Everson rules out the possibility of the krill returning from the eastern part of the Weddel Drift to the coastal current waters at post-larval stages.

Apart from the Weddell Sea krill population, J.W.S. Marr distinguishes another population inhabiting the coastal current. However, the geographical isolation of such a population is extremely doubtful since in the Weddell Sea area the coastal current comprises the southern and western components of the Weddell Circulation and in the north of the area it transforms into the well-known Weddell Drift, i.e. is a part of the circulation in the Weddell Sea. It will be recalled that there are no papers dealing with the subject of variability of krill inhabiting different areas of the Southern Ocean.

It thus appears that only one population of krill is distinguished in the Southern Ocean at present. This is either the Weddell Sea krill population, or the krill population of the Atlantic sector of the Southern Ocean. As indicated above, a number of authors recognize six stable cyclonic water circulations in the Southern Ocean. According to current views at least two or three of them may be habitats of independent krill populations. The possibility that conditions for the occurrence of independent populations may exist in other smaller-scale circulations cannot be ruled out. Undoubtedly, there is some more or less intensive water exchange between adjacent cyclonic circulations resulting in continuous exchange of gene pool between adjacent populations and eventually in the exchange between all populations. On the basis of this it is suggested that there should be one composite population of E. superba in the Southern Ocean, subdivided into a number of independent subpopulations. The number of such subpopulations should correspond to the number of quasi-stationary cyclonic water circulations. It would be reasonable to suppose that there are two independent krill populations in the Atlantic sector rather than one as believed earlier.

As independent populations of organisms are commonly considered to be unit stocks, there seem to be at least six unit stocks of krill in the Southern Ocean which should become the subjects of further studies. It is believed that the study of the stocks, the estimation of removals from the stocks, as well as of krill catch quotas in the Southern Ocean should proceed according to the following pattern :

1. determination of refinement of the boundaries of quasi-stationary water circulations ;
2. determination of the degree of interaction between adjacent circulations ;
3. study of the life cycle of krill in each of the subpopulations ;
4. determination of the routes and volume of krill transport from one subpopulation to another ;

5. assessment of krill stock in each of the subpopulations and study of its year-to-year and seasonal fluctuations ;
6. study of the causes of fluctuation ;
7. setting up of an international catch prediction service.

Considering the international character of krill fishery, the work should be carried out by scientists of the countries concerned in joint research cruises according to programs worked out by a unified centre.

REFERENCES

- Ayala F.J., Valentine J.W., Zumwalt G.S. 1975. An electrophoretic study of the antarctic zooplankton Euphausia superba. Limnology and Oceanography, vol. 20, N 4, p. 635-640.
- Beklemishev K.V. 1969. Ecology and biogeography of the Ocean. Moscow.
- Everson I. 1976. Antarctic krill : a reappraisal of its distribution. Polar Records, vol. 18, N 112, p. 15-23.
- Makarov R.R. 1972. Life cycle and distribution pattern of Euphausia superba Dana. Trudy VNIRO, v. 77, p. 85-92.
- Makarov R.R. 1974. Dominance of larval forms in euphausiid (Crustacea : Eucarida) ontogenesis. Marine Biology, vol. 27, N 2, p. 93-99.
- Makarov R.R., Maslennikov V.V. 1975. A study of the distribution pattern and the drift with currents of Euphausia superba larvae in the Scotia Sea and adjacent waters. Biologiya Morya, N 3, P. 37-43.
- Marr J.W.S. 1962. The natural history and geography of the Antarctic krill (Euphausia superba Dana). Discovery Reports, vol. 32, p. 33-464.
- Ruud J.T. 1932. On the biology of Southern Euphausiidae. Hvalrades Skrifter, N 2, p. 1-105.

INTERNATIONAL CCAMLR APPLIED RESEARCH AND MONITORING PROGRAM, PRYDZ BAY
PRIORITY AREA

Australia

Abstract

An outline is given of a proposed scientific research contribution by Australia towards the first five years of an International CCAMLR Applied Research and Monitoring Program in the Prydz Bay area. Emphasis is placed on the krill based part of the marine community in the Prydz Bay area. Some attention is also given to the fish and squid based part of the marine community on the Kerguelen Plateau.

* * * * *

PROGRAMME INTERNATIONAL DE CONTROLE ET DE RECHERCHE APPLIQUEE DE LA
CCAMLR, ZONE PRIORITAIRE DE LA BAIE DE PRIDZ

Australie

Résumé

Les grandes lignes d'un projet de recherche scientifique proposé par l'Australie en contribution aux cinq premières années d'un programme international de contrôle et de recherche appliquée de la CCAMLR dans la Baie Pridz sont exposées. Une attention particulière est apportée à la partie de la communauté marine basée sur le krill de la Baie de Prydz et également à la partie de la communauté marine du Plateau de Kerguelen basée sur les poissons et calmars.

* * * * *

PROGRAMA INTERNACIONAL DE INVESTIGACION APLICADA Y CONTROL DE
CCRVMA, AREA PRIORITARIA EN LA BAHIA PRYDZ

Australia

Resumen

Se da una reseña de una contribución de investigación científica propuesta por Australia dirigida a los primeros cinco años de un Programa Internacional de Investigación Aplicada y Control, de CCRVMA, en el área de la Bahía Prydz. El énfasis está puesto en la parte

basada en krill de la comunidad marina en el área de la Bahía Prydz. También se da algo de atención a la parte basada en peces y calamares de la comunidad marina de la meseta de Kerguelén.

* * * * *

МЕЖДУНАРОДНАЯ ПРОГРАММА АНТКОМ'а ПО ПРАКТИЧЕСКИМ ИССЛЕДОВАНИЯМ
И МОНИТОРИНГУ В РАЙОНЕ ПЕРВОСТЕПЕННОЙ ВАЖНОСТИ - ЗАЛИВЕ ПРЮДС

Австралия

Резюме

В общих чертах описывается предполагаемая научно-исследовательская работа как вклад Австралии за первые пять лет проведения Международной программы АНТКОМ'а по практическим исследованиям и мониторингу в районе залива Прюдс. Особое внимание уделено зависящей от криля части морского сообщества в районе залива Прюдс. Некоторое внимание также уделено зависящей от рыбы и кальмара части морского сообщества плато Кергелен.

* * * * *

INTERNATIONAL CCAMLR APPLIED RESEARCH AND MONITORING PROGRAM,
PRYDZ BAY PRIORITY AREA

1. INTRODUCTION

At the meeting of the ad hoc Working Group on Ecosystem Monitoring held in Seattle during May 1985, the Prydz Bay region was one of the areas that was agreed to be of first priority for integrated studies directed toward the development of a program to monitor the effect of harvesting. This was subsequently confirmed by other member countries at the Fourth Meeting of the Scientific Committee of CCAMLR in September 1985.

Recognising the magnitude of such a task, the members of the Working Group agree that it will require a joint operation by several nations having a research capability in that area. It is also recognised that, as so little is known of the natural fluctuations within species, the factors determining these fluctuations and quantitative relationships between the key species of this community, long-term studies will be required to place monitoring on a sound basis. Furthermore, laboratory based studies, complementary to the shipboard programs, are necessary to investigate the factors controlling natural variability and interactions between the key species.

In a brief paper tabled at the last meeting of the Scientific Committee (SC-CAMLR-IV/10), Australia outlined the scope and a possible framework for such a multi-nation program within the Prydz Bay Priority Area. There is now a need for each nation interested in this area to set out just what it can carry out, so that a shared program can be developed.

As a basis for further discussion and planning, the following notes outline the direct contribution which Australia proposes to make to a first five year program in this region. This has been developed within a framework of the previous document (SC-CAMLR-IV/10) which sets out the features that might be given priority attention in this sector.

This Australian contribution places emphasis upon the krill (and other invertebrate) based part of the community in the Prydz Bay region, which covers the area of 55-85°E longitude and from the coast of Antarctica north to at least the winter maximum extent of the sea-ice. We recognise, and give some attention to, the fish and squid based part of the community, significant on the Kerguelen Plateau.

2. OBJECTIVES

The ultimate objective is to be able to manage the long-term well being of living resources within the Prydz Bay Priority Area.

Before this can be achieved we need :

- a. improved knowledge of the biology of the components as well as the structure and dynamic functioning of this system,
- b. to develop standard survey techniques,
- c. test hypotheses concerning the direct and indirect effects of different harvest levels and strategies.

This requires the following research objectives :

- To quantify year to year fluctuation in the abundance and distribution of the selected consumers and their key food species within the Prydz Bay Priority Area.
- To develop techniques to measure, in the selected consumer species, those population parameters likely to respond quickly to changes in harvesting and/or environmental pressures within the system.
- To quantify environmental variables, both physical and biological that produce changes in the selected consumer species and their key food species.

- To quantify energy transfer through these selected species, and to determine variability (in both time and space) of these processes.
- To assess the foraging range and food preferences of selected consumers in Prydz Bay.
- To understand behavioural responses, not only in predator-prey relationships, but also between species competing for the same food.
- To apply such basic understanding of processes within this sub-system to modelling, moving from conceptual models to deterministic and stochastic models of the dynamics of this ecosystem.

However, before a monitoring program can be designed in detail it is essential to undertake detailed studies to establish exactly which are the most important food species in energetic terms. It is also necessary to quantify the importance of the various predators in order to select those consumer species which best indicate changes in pressures on the food species. Further, it is necessary to determine the principal sources of both physical and biological variability of the food species and their principal consumers.

Clearly, such objectives will take much time and research effort to achieve. They will require an innovative amalgamation of long-term data on natural fluctuations within Prydz Bay.

Laboratory studies to elucidate aspects of the physiological ecology and processes of growth in, and interactions between components of the ecosystem are essential complements to ship-board investigations.

The first phase of the Australian program will focus on further identifying the most important food species, selecting parameters of consumer species that respond rapidly to changes in pressures on the food

species, identifying environmental parameters affecting the variability of those species and the development of techniques for measuring those species and parameters.

As techniques are sharpened, an assessment will be made of the practicability of applying each in the field on both the scale and the degree of precision to warrant application for long-term monitoring. Some techniques or parameters may have to be discarded during this developmental phase.

3. SELECTED PREY SPECIES

3.1 Krill and Other Invertebrates

Australia will give most research emphasis to prey species, especially species of euphausiids.

Highest priority will be given to developing hydroacoustic methods to measure changes in relative abundance of euphausiids, rather than attempting to measure the standing crop in absolute terms.

The first step is to further analyse acoustic data already held from previous Australian cruises (e.g. FIBEX, SIBEX II, ADBEX I and II) in order to refine data handling and processing. This is being carried out during 1986.

During the next three summers (Section 7) intensive field work will be carried out in a confined area of the Prydz Bay Priority Area to resolve technical problems in the hydroacoustic technique. Net sampling and/or underwater video will be used to verify targets and to further investigate their density, size and orientation.

During the phase of technical development, some joint work conducted simultaneously with research vessels of other countries would be welcomed as inter-calibration and standardising of the technique is seen to be advantageous. In the expectation that the hydroacoustic technique can be refined adequately, the following three summers (from 1988/89) should see the development of wider monitoring surveys of krill in the Prydz Bay Priority Area, applying that technique.

Continuation of the laboratory based work on living euphausiids is planned to determine such basic aspects of their biology as longevity, growth and development, diet as well as gaining insights into their behaviour that may influence their apparent target strength.

3.2 Pleuragramma

Pleuragramma occurs over the shelf rather than near the shelf break and requires different sampling gear to euphausiids. In the 1986/87 and 1988/89 summers (Section 7) a short period (5+ days) will be devoted to sampling Pleuragramma on the shelf immediately south of the acoustic study area.

3.3 Demersal Fish

Some sampling of demersal fish on the shelf within Prydz Bay will be carried out (by 3m beam trawl) during the summers of 1986/87 and 1987/88. However, a full survey of demersal fish resources within Prydz Bay will depend on the capabilities of vessels used by Australia in the future, and other nations.

Early life stages of fish are collected as a by-catch of the euphausiid research sampling program.

4. SELECTED PREDATOR SPECIES

4.1 Crabeater Seals

Australian field work within the pack ice during October-November 1985 highlighted the difficulties in developing a monitoring process using this species. Nevertheless, it is necessary that further studies be carried out on this important consumer.

Further data from this Area on the density, breeding and feeding of crabeater seals will necessitate dedicated ship time during both spring and summer, and even some winter observations. It is planned that there be observers for crabeater seals on early season resupply voyages whenever possible.

The Australian program includes a spring cruise in September-November 1987 and a summer study in January-February 1989 (Section 7). The data from these cruises, together with data collected by other nations within the same Area, will then be used in assessing the potential of crabeater seals for future monitoring.

4.2 Adelie Penguins and Antarctic Petrels

While there is a need for information on feeding throughout the year, the Australian contribution is centred upon shore based studies during the breeding season. Quantitative studies on food, feeding condition (including adult weight on arrival at nesting sites) and energy transfer will be carried out over 1986/87 and 1987/88 seasons and then assessed carefully to determine potential for long-term monitoring. Research on condition will be examined in relation to counts of breeding pairs. For Antarctic petrels, studies at the Rauer Islands and Scullin Monolith will provide information on differences (if any) in diet and breeding success between the two locations.

4.3 Minke Whales

Casual sightings from ships are of no use for stock surveys. Only dedicated cruises can provide the data required. The Australian program does not attempt to include minke whales. If the International Whaling Commission proposed a minke whale sighting survey within the Prydz Bay Priority Area, Australia would give support as far as possible (e.g. supply experienced observers).

The Australian input to krill studies may yield limited information on feeding concentrations of whales. In this regard, Australia sees merit in the proposed Workshop on the Feeding Ecology and Distribution of Southern Hemisphere Baleen Whales, as a joint IWC/CCAMLR exercise (presently deferred).

4.4 Humpback Whales

Australia will continue to monitor the Group IV and V stocks of humpback whales as they migrate along the western and eastern coasts of Australia each winter. In the case of the Group IV stock (more relevant to the Prydz Bay Priority Area), monitoring by aerial surveys off Shark Bay (Western Australia) is now conducted every third year.

4.5 Elephant Seals

While the main thrust of the CCAMLR approach to ecosystem monitoring is toward the krill dependent portion of the system, Australia is also concerned with the fish/squid consumers. Directed research upon elephant seals is continuing with emphasis on population size and migration.

4.6 Fur Seals and Macaroni Penguins

These species breeding on Heard Island afford opportunities for studying the extent to which sub Antarctic breeding species may be supported by euphausiid (and other) stocks within this sector of the Antarctic marine ecosystem. At present, Australia has no immediate plans for further research on these species.

5. PHYSICAL ENVIRONMENT

While Australian scientists recognise that a number of oceanographic processes are of fundamental importance to productivity within the Prydz Bay Priority Area (e.g. the surface gyre; the vertical circulation, ice cover, etc), the extent to which these must be understood in order to interpret changes in key species within the ecosystem is debatable. As the interpretation of changes within species could be facilitated by information on changes in the physical environment, Australia recognises the opportunities for remote sensing of selected features (e.g. the gyre and ice cover), together with ground truthing as required. Ship time dedicated to oceanography is not included in Australia's direct contribution to a joint program in the Prydz Bay Priority Area at this stage.

6. TIME FRAME

The initial three years of the Australian contribution will concentrate on sharpening and assessing techniques, as well as gathering baseline information, moving towards monitoring (where feasible) in the fourth and fifth years. Clearly a longer time span will be required : the Working Group on Ecosystem Monitoring has a responsibility to keep this process under review.

7. SHIP TIME

Australia allocates in the order of 40 days per year of ship time (not including transit time between Australia and the study area) for Antarctic marine research. Proposed timing of cruises over the next five years is :

February - April 1987
September - November 1987
January 1988
April - May 1988
January - February 1989
October 1989
December - January 1990/91

8. COLLABORATION

Australia would welcome active participation by scientists and research vessels from other countries in the field program directed towards the needs of CCAMLR.

MODELLING AND DECISION MAKING AS PART OF THE CCAMLR MANAGEMENT REGIME

D.G.M. Miller
(South Africa)

Abstract

This paper outlines a stylised scheme designed to address the multi-objective decision environment essential for the effective management of the Antarctic marine ecosystem within the requirements of CCAMLR Article II. Eight attributes (purpose, description, variables, driving forces, time horizons, time steps, constraints and data) were identified in an attempt to provide a blueprint for the development of suitable simulations of important Antarctic marine ecosystem interactions and to facilitate the formulation of a suitable decision-making protocol for management purposes.

* * * * *

MODELE ET PRISE DE DECISIONS DANS LE CADRE DU REGIME D'AMENAGEMENT
DE LA CCAMLR

D.G.M. Miller
(Afrique du Sud)

Résumé

Le présent document expose les grandes lignes d'un plan stylisé dont le but est de mettre au point le système de prise de décisions à objectifs multiples nécessaire à l'aménagement efficace de l'écosystème marin de l'Antarctique conformément aux conditions de l'Article II de la CCAMLR. Huit attributs ont été identifiés (but, description, variables, motivations, limites temporelles, étapes temporelles, restrictions et données) dans le but de fournir un schéma directeur pour le développement de simulations appropriées des interactions importantes de l'écosystème marin de l'Antarctique et pour faciliter la formulation d'un protocole approprié à la prise de décisions à des fins d'aménagement.

Note: Les tableaux de ce document ont été traduits et figurent
intégralement à la fin de l'article.

, * * * * *

MODELADO Y TOMA DE DECISIONES COMO PARTE DEL REGIMEN DE ADMINISTRACION DE LA CCRVMA

D.G.M. Miller
(Sudáfrica)

Resumen

Este documento describe un esquema estilizado que ha sido diseñado para orientar la toma de decisiones con respecto a una serie de objetivos, esencial para la administración efectiva del ecosistema marino antártico, hacia los requisitos del Artículo II de la CCRVMA. Se han identificado ocho secciones (propósito, descripción, variables, fuerzas de empuje, límites de tiempo, etapas de tiempo, limitaciones y datos) con la intención de proveer una base para el desarrollo de simulaciones apropiadas de las interacciones importantes del ecosistema marino antártico y para facilitar la preparación de un protocolo para la toma de decisiones con fines administrativos.

Nota: Las tablas en este documento han sido traducidas y son presentadas en forma completa al final del artículo.

* * * * *

МОДЕЛИРОВАНИЕ И ПРИНЯТИЕ РЕШЕНИЙ:
КОМПОНЕНТЫ РЕЖИМА УПРАВЛЕНИЯ АНТКОМ'а

Д.Г.М.Миллер
(Южная Африка)

Резюме

В настоящем документе кратко описывается стилизованная схема, задуманная для создания комплексной системы принятия решений, необходимой для эффективного управления морской экосистемой Антарктики в рамках Статьи II Конвенции. Было выделено восемь критериев (назначение, описание, переменные, движущие силы, сроки, продолжительность этапов, ограничения и данные) как попытка представить наметку плана разработки подходящих моделей важных взаимодействий в морской экосистеме Антарктики и способствовать выработке подходящего порядка принятия решений по вопросам управления.

Примечание: Таблицы, содержащиеся в настоящей работе, были переведены и приводятся полностью в конце статьи.

* * * * *

MODELLING AND DECISION MAKING AS PART
OF THE CCAMLR MANAGEMENT REGIME

D.G.M. Miller
Sea Fisheries Research Institute
Roggebaai, South Africa

INTRODUCTION

Various authors (e.g. Beddington and de la Mare 1984; Sissenwine 1984; Butterworth 1986) have recognised that to achieve the objectives of CCAMLR Article II requires the development of a suitable suite of multi-species models for the Antarctic marine ecosystem as a whole (or at least for some geographically isolated component of the system). As is the case with many other system models currently available, simulations of Antarctic marine ecosystem interactions (e.g. May *et al* 1979; Beddington 1980; Beddington and May 1980; Green-Hammond 1981; Nagata 1983; Yamanaka 1983) do, to a greater or lesser degree, improve understanding of the system's dynamics. While accepting the critical need for further development of models of this kind, it must be appreciated that such models generally appear to have been used less or to have been less useful in the decision-making process associated with managing renewable fisheries resources (Shelton *et al* 1984). In some fisheries, managers may even have been misled into holding unrealistic expectations with respect to the predictive capabilities of multi-component models, which have in practice performed badly, or worse, been misleading. This may have resulted in some managers developing a model-averse perspective which, in turn, has effected a return to the use of the less objective tools of intuition, experience and rules of thumb in formulating management recommendations on renewable resources. The potential for over-dependence on such less objective procedures is particularly serious with respect to implementation of CCAMLR Article II since there is an appreciable dearth of information on important Antarctic marine ecosystem interactions.

As Starfield et al (1986) have indicated, part of the reason why modelling has not been used more in the decision-making process may be that modellers of both terrestrial and marine systems have tended to become locked into the idea of using a single model. In general, fisheries scientists have concentrated on relatively small, less complex models where emphasis has come to be placed on improved statistical parameter estimation procedures (e.g. Deriso 1980). The result has been that decision-makers find that whole system models are too large and imprecise to deal with specific problems while fisheries models are too small and narrowly focused to provide solutions to more general problems.

For the Antarctic marine ecosystem, it appears inevitable that no single model will be flexible enough to address the wide range of potential problems which constitute the decision-making environment for managers of renewable resources in terms of CCAMLR Article II. In keeping with the ideas put forward by Starfield et al (1986) it is proposed that development of a suite of CCAMLR management protocols requires access to a number of model output scenarios. As such, a "toolbox" of models needs to be developed and such models could then be used to bring a variety of insights to bear on a particular problem. Conversely, the same model could be used in various ways to find solutions to different problems. This approach can be illustrated within the context of the ecosystem perspective advocated by CCAMLR.

THE ANTARCTIC MARINE ECOSYSTEM

The Antarctic marine ecosystem is essentially dominated in the pelagic zone by krill (Euphausia superba) (Everson 1977 and others). This species forms large concentrations which are a source of food for a number of important predators (including whales, seals, penguins, fish and various seabirds) and may become the focus of substantial fisheries activities.

At present no coherent management plan has yet been formulated for the system briefly outlined above. Nevertheless, the principles outlined in Article II of the Convention stress the need to conserve the ecosystem

as a whole (Edwards and Heap 1981). The principal management objective for any fisheries activities can thus be considered (within the principles of Article II) to ensure that the fisheries industries (both fishing activity and consumer demand) is reasonably stable over some given period of time while ensuring the restoration of populations depleted in the past and precluding the disruption of ecosystem functioning. In these terms, Article II enunciates a multiplicity of objectives, thereby suggesting that it would be inappropriate to use a single "best" model for decision-making. The question to be asked therefore is "What modelling approaches are likely to be applicable in terms of implementing the Convention?". It can thus be argued that to answer this question it is first necessary to develop an overall framework or scheme within which to structure the decision environment.

The scope of any particular model in a multi-objective decision environment could vary widely and several alternatives are possible (Table 1). For example, socio-economic considerations could be incorporated under the heading of "Industry and fish" and ecosystem considerations could be divided into lower categories, those concerned with interactions at the same trophic level (such as competition) and those including interactions between different trophic levels such as predation by birds or seals on krill. This division is essential since the same models would not necessarily be applicable for both isotrophic and multitrophic factors. In terms of CCAMLR, it is necessary to specifically consider predators in view of the requirements in Article II for restoring depleted populations (particularly whales).

Within each suggested scope, it can be anticipated that the objectives of specific modelling exercises could be radically different. For this reason, three objective rows are included in Table 1. "Ecological objectives" are concerned solely with system objectives, whereas economic and social objectives would also consider resource utilization. For example, Cell A of Table 1 would include consideration of intraspecific or environmental influences on the relationship between stock and recruitment, whereas Cell E might examine the risks associated with various harvesting

strategies. The third grouping (or combination of management research and monitoring of objectives) in Cell K would address the question as to what research or marketing should be conducted to elucidate predator-prey interactions.

MODELS TO FIT THE SCHEME : SOME EXAMPLES

The model construction scheme outlined above is similar to that originally constructed by Starfield et al (1986) for the Benguela Current system. In order to assist in building a collection of models for use within the 12 decision-making scenarios proposed, it is possible to identify 8 attributes so forming a "blue print" for various models that may be considered to describe the Antarctic marine ecosystem. The attributes described were developed from a general consideration of modelling procedures outlined by Starfield and Bleloch (1986) rather than from an examination of any existing model. They are comprised of purpose, description, variables, driving forces, time horizon, time step, constraints and data.

The purpose of a model refers to the specific reason for the model's use. The description encompasses the type of model (e.g. speculative simulation model or predictive model) being used. The outputs of the model are the quantitative or qualitative changes in values of dependent variables in response to driving forces which are the independent variables or parameters which force the behaviour of the modelled system. The time horizon is the period over which the behaviour of the variables is assessed, and the time step is the incremental period within the model. The constraints are the bounds imposed on the behaviour or the interpretation of the model (e.g. limitations of the data), and the data are the items of information upon which the model is structured.

The characterisation of such a model by means of its attributes is best illustrated by way of an example. First, a model is proposed which has yet to be developed for krill (i.e. a renewable and potential fisheries resource) and then some attempt is made to fit existing models or model types into the scheme.

When exploring decisions in the context of predators, (e.g. crabeater seals) and their prey (i.e. krill) in relation to ecological objectives (Cell C, Table 1), three models each with different purposes may be identified (Table 2). The first of these models (3A-Table 2) would be for the purpose of providing insights into predator population control measures which may be required to prevent expansion of the selected predator population. This model prescribes a speculative simulation which is structured as a single-species population model and for which the main variable is predator biomass. It is noted that detailed age and distributional structure are required for the model, although minimal age structure should be used in the interests of simplicity. The performance of control measures would be assessed by examining changes in predator biomass in response to the driving forces of prey (krill) biomass and predator (seal) harvests. A time horizon of 5 years is considered appropriate, with time steps of one year being adequate, or less than one year if seasonal influences need to be considered. The constraints of such a model are that they are likely to be limited by the availability of data, the data requirements (including predator population sizes, dynamics, food consumption rates and diet) and in the case of a spatial model, patterns of predator distribution.

The purpose of the second model (3B) would be to provide insight into methods of containing predator (e.g. crabeater seal) population size, for example in order to rebuild some other predator (e.g. whales) population to an acceptable proportion of a former (i.e. pre-depleted) level. In this case, a speculative predator-prey model would be appropriate in which the driving forces would be the synchronous harvesting of predators and prey alike - the third model (3C) would be required to explore causal factors determining the relative abundance of predators in the system. This would be directly relevant to the performance of the joint exploitation of several co-existing predators (e.g. seals and penguins), the abundance of which may be influenced directly by exploitation, or by competition for resources which are themselves harvested (e.g. krill). A multispecies predator model would therefore be required and, as with model 3B, the driving forces would be the harvests of the predators and their prey. Each of the models in Table 2 would probably be constrained by limitations of data.

The above three models address decisions within only one of 12 decision scenarios in the modelling schema. Filling the entire schema forces an explicit statement of the levels of understanding of the system being considered. Existing models can therefore be viewed in relation to the entire suite of models considered appropriate for the range of potential decision scenarios in renewable resource management.

In the Antarctic, at least seven models would be applicable to schema described above. These are listed with their purposes in abbreviated form in Table 3. A feature of the modelling schema is that individual models may be used within more than one decision scenario (Starfield et al 1986) - an example being the stochastic risk evaluation model (Cells E and I). This model could involve a Monte Carlo simulation incorporating levels of uncertainty in biomass estimates and population parameters of the krill resource in order to calculate the mean and variance of the catch which meets a specified harvest strategy target. In Cell E the model can be used to evaluate any trade-off between the level of yield and the risk of stock collapse. In Cell I, the same model could be used to assess the contribution of improved precision in measurements of biomass and population parameters to reduction of the variance of estimated potential yield, thereby identifying the areas where direction of research effort would be most profitable.

DISCUSSION

It is relatively easy to construct a complex simulation if one is confident of both the relationships that constitute the simulation and key parameter values. A complex multi-species, ecosystem model, capable of addressing all, or most, of the requirements of CCAMLR Article II is inconceivable given the general lack of understanding of the various inter-relationships and of critical data.

How then does one begin the process of constructing useful models when understanding and data are so limited? Under such conditions, a model can only really be effective if it is carefully focused, parsimonious and decision-driven. The main advantage of the present schema is that it

provides the setting for a suite of small, well-defined models. By categorising the purpose and context of each model scenario, it enables us to design an appropriate holistic model suite.

For example, an all-purpose model relating to both predators and prey would have to contain an explicit algorithm for prey selection and the mutual interactions of predators and their prey (Butterworth 1984). At present, both the structure and parameter values in that algorithm would be sheer guesswork. However, if the purpose of the model is to compare various strategies for controlling a selected predator population, there is no real need to have both predators and prey as variables in the model - prey availability can in fact be considered as an input to a complementary predator population model (i.e. a driving force). Conversely, if the purpose is to explore possible conflict between the demands of predation and commercial fishing of a selected prey species, predator populations need not be simulated but can be considered as input for a population or harvesting model. If, however, the purpose of the model is to formulate a strategy for harvesting both predators and prey, then their mutual interaction is crucial. Since that interaction would essentially not be understood, the rest of the model should therefore be simplified as much as possible in order to allow speculation on the effects of different predator-prey interactions on the harvest.

The schema presented here is not necessarily the best that could be devised for the Antarctic marine ecosystem. The point is that such a schema encourages productive thought about models that are needed and shows to some degree how these may be designed. Preparation of a schema of this sort also has a number of important side-effects :

- (a) It encourages consideration of the Antarctic marine ecosystem from a broad perspective (instead of concentrating on available models, it encourages consideration of what models are actually required). In this process it raises questions that might not normally be asked. For example, discussion about the third row of the schema (Table 1) is likely to question when and how management decisions are taken, the cost-effectiveness of research and monitoring and how best to spend a monitoring budget.

- (b) The schema facilitates explanations to the Commission level. Showing where a particular model fits and arguing why it is of necessity speculative (or adaptive or productive) helps to develop more realistic expectations of modelling.
- (c) The schema highlights how the same model could be used in different ways and also how different models may sometimes be required to address questions that are superficially similar.
- (d) It follows that the schema could be expected to result in a suite of models combined with a decision support system (e.g. Rykiel et al 1984) which guides the user, depending on his purpose, or perhaps suggests how results from different models might be combined. Such a suite or "toolbox of models" could even contain complex multi-species models. Its purpose would be to provide a simulated "world" to test the effectiveness of some of the more specific empirical models that are likely to be or have been developed. This would be directly applicable with respect to Cells I-L in the schema presented in Table 1.

Just as the schema may not be optimal, so the attributes in Table 2 may not necessarily be the best. As such, the purpose is to show how such a schema can provoke thought about what model attributes to use and to ask questions about appropriate time scales and the choice of variables etc. Since the schema forces potential simulations of Antarctic marine ecosystem dynamics and interactions to consider both the questions being addressed and the available data, it should promote the design and the use of suitable models for management purposes.

REFERENCES

- Beddington, J.R. 1980. Modelling and management of the Southern Ocean. Unpublished report to IUCN. 12pp.
- Beddington, J.R. and May, R.M. 1980. Maximum sustainable yields in systems subject of harvesting at more than one trophic level. Math. Biosci. 51: 261-281.
- Beddington, J.R. and de la Mare, W.K. 1984. Marine mammal interactions : Modelling and the Southern Ocean. IN : Selected papers to SC-CAMLR, 1982-1984 Part II, p155-178.
- Butterworth, D.S. 1986. Antarctic marine ecosystem management. Polar Rec. 23 : 37-47.
- Deriso, R.B. 1980. Harvesting strategies and parameter estimation for an age-structured model. J. Fish. Res. Bd. Can. 37 : 268-282.
- Edwards, D.M. and Heap, J.A. 1981. Convention on the Conservation of Antarctic Marine Living Resources : a commentary. Polar Rec. 20 : 353-362.
- Everson, I. 1977. The living resource of the Southern Ocean. FAO GLO/SO/77/1. 156pp.
- Green-Hammond, K.A. 1981. Modelling of Antarctic ecosystems. BIOMASS Vol. II 27-29.
- May, R.M., Beddington, J.R. CLark, C.W., Hold, S.J. and Laws, R.M. 1979. Management of multispecies fisheries. Science 205 : 267-277.
- Nagata, T. 1983. Some basic problems in the Antarctic krill population. Natnl. Inst. Polar Res. 79 : 42-54.

- Rykiel, E.J., Saunders, M.C., Wagner, T.L., Loh, D.K., Turnbow, R.H., Hu, L.C., Pulley, P.E. and Coulson, R.N. 1984. Computer-aided decision making and information accessing in pest management systems, with emphasis on the Southern Pine Beetle (Coleoptera : Scolythidae). Jour. Ecol. Econ. 77 : 1073-1082.
- Shelton, P.A., De Villiers, G. and Crawford, R.J.M. 1984. South African pelagic fish resources - towards a structural management approach. Contribution to the 1984 International Conference on Operations Research in Resources and Requirements in Southern Africa, Pretoria 2-5 April 1984, sponsored in IFORS, Papers in ISBN 07988 3026 3.
- Sissenwine, M.P. 1983. Modelling : The application of a research tool to Antarctic marine living resources. In : Selected papers to SC-CAMLR, 1982-1984, Part II p369-389.
- Starfield, A.M. and Blelock, A.L. 1986. Building models for conservation and wildlife management. MacMillan & Co., New York. 704pp.
- Starfield, A.M., Shelton, P.A., Field, J.G., Crawford, R.J.M. and Armstrong, M.J. 1986. Modelling for fisheries management. Mar. Ecol. Prog. Ser. (In press).
- Yamasaka, I. 1983. Interaction among krill, whales and other animals in the Antarctic ecosystem. Mem. Natnl. Inst. Polar Res. Spec. Issue 27 : 220-232

Table 1. Decision making schema.

SCOPE OBJECTIVE	Single species	Isotrophic multi-species	Predators and prey	Industry and fish
Ecological	A	B	C	D
Economic and social	E	F	G	H
Management monitoring & research	I	J	K	L

Table 2. Attributes for three models appropriate to Cell C of
the decision-making schema illustrated in Table 1.

<u>MODEL 3A</u>	
PURPOSE	To provide insight into predator population control measures.
DESCRIPTION	Speculative single species predator simulation model.
VARIABLES	Predator biomass.
DRIVING FORCES	Prey biomass and fishing.
TIME HORIZON	5 years.
TIME STEPS	1 year unless there is a seasonal influence on the population.
CONSTRAINTS	Data limited.
DATA	Predator population sizes and dynamics, consumption rates, diet analysis.
<u>MODEL 3B</u>	
PURPOSE	To provide insight into predator population enhancement.
DESCRIPTION	Speculative single species predator-prey simulation model.
VARIABLES	Predator and prey biomass.
DRIVING FORCES	Harvest of predators and prey.
TIME HORIZON	5 years.
TIME STEPS	1 year unless there is a seasonal influence on the population.
CONSTRAINTS	Data limited.
DATA	Predator and prey population sizes and dynamics, predator consumption rates and diet analysis.

MODEL 3C

PURPOSE	To explore possible mechanisms influencing the abundance of predators in the system.
DESCRIPTION	Speculative multi-species predator simulation model.
VARIABLES	Predator biomass.
DRIVING FORCES	Prey biomasses and harvesting.
TIME HORIZON	5 years.
TIME STEPS	1 year unless there is a seasonal influence on the population.
CONSTRAINTS	Data limited.
DATA	Predator population sizes and dynamics, consumption rates, diet analysis.

Table 3. Potentially useful models of the Antarctic krill resource and where they might be fitted into the proposed management decision schema. The cells refer to Table 1.

MODEL	CELL	PURPOSE	DESCRIPTION
Yield-per-recruit model	E	Estimation of desirable levels of fishing	Deterministic, speculative, age-structured simulation model.
Stochastic risk evaluation model	E,I	Estimation of potential krill yields under conditions of uncertainty of key parameters.	Stochastic, age-structured Monte Carlo simulation model.
Krill population simulation model	E,I	Assessment of alternative harvest strategies.	Stochastic, speculative age-structured model with economics sub-routine.
Multi-species catch-effort model	F	Estimation of combined species yield.	Predictive regression-based model.
One predator, two prey model	C	Exploration of predator-prey dynamics	Speculative simulation model.
Fishery dynamics model	B,F	Examination of species replacement in the catches.	Speculative simulation model.
Linear optimisation model	E	Estimation of economically optimum combined species yields.	Linear programme.

Tableau 1. Schéma de prise de décisions

OBJECTIF	Espèces simples	Espèces multiples isotrophiques	Prédateurs et proies	Industrie et poissons
Ecologique	A	B	C	D
Economique et social	E	F	G	H
Aménagement contrôle et recherche	I	J	K	L

Tableau 2. Attributs pour trois modèles appropriés à la cellule c du schéma relatif à la prise de décisions illustré au Tableau 1.

<u>MODELE 3A</u>	
BUT	Permettre de comprendre les mesures de contrôle démographique des prédateurs.
DESCRIPTION	Modèle spéculatif de simulation à espèce unique de prédateurs.
VARIABLES	Biomasse des prédateurs.
MOTIVATIONS	Biomasse des proies et pêche.
PERIODE LIMITE	5 ans.
ETAPES TEMPORELLES	1 an à moins que la population ne soit soumise à une influence saisonnière.
RESTRICTIONS	Données limitées.
DONNEES	Tailles et dynamique des populations de prédateurs, taux de consommation et analyse du régime alimentaire.
<u>MODELE 3B</u>	
BUT	Permettre de comprendre l'accroissement démographique des prédateurs.
DESCRIPTION	Modèle spéculatif de simulation à espèce unique de prédateurs-proies.
VARIABLES	Biomasse des prédateurs et proies.
MOTIVATIONS	Capture des prédateurs et proies.
PERIODE LIMITE	5 ans.
ETAPES TEMPORELLES	1 an à moins que la population ne soit soumise à une influence saisonnière.
RESTRICTIONS	Données limitées.
DONNEES	Tailles et dynamique des populations de prédateurs et de proies, taux de consommation et analyse du régime alimentaire des prédateurs.

MODELE 3C

BUT	Explorer les mécanismes éventuels influençant l'abondance des prédateurs dans le système.
DESCRIPTION	Modèle spéculatif de simulation à espèces multiples de prédateurs.
VARIABLES	Biomasse des prédateurs.
MOTIVATIONS	Biomasses des proies et capture.
PERIODE LIMITE	5 ans.
ETAPES TEMPORELLES	1 an à moins que la population ne soit soumise à une influence saisonnière.
RESTRICTIONS	Données limitées.
DONNEES	Tailles et dynamique des populations de prédateurs, taux de consommation et analyse du régime alimentaire.

Tableau 3. Modèles potentiellement utiles des ressources de krill antarctique et comment les incorporer dans le schéma de prise de décisions sur l'aménagement. Les cellules se rapportent au Tableau 1.

MODELE	CELLULE	BUT	DESCRIPTION
Modèle du rendement par recrue	E	Estimation des niveaux souhaitables de pêche	Modèle de simulation déterministe, spéculatif et par structures d'âge
Modèle d'évaluation du risque stochastique	E,I	Estimation des rendements potentiels du krill dans des conditions d'incertitude des paramètres clés	Modèle de simulation stochastique et par structures d'âge Monte Carlo
Modèle de simulation de la population de krill	E,I	Evaluation d'autres stratégies de capture	Modèle spéculatif et stochastique par structures d'âge avec une sous-programme économique
Modèle à espèces multiples de prise et d'effort	F	Estimation du rendement des espèces combinées	Modèle de prédictions basé sur la régression
Modèle -un prédateur, deux proies	C	Etude de la dynamique prédateur-proie	Modèle spéculatif de simulation
Modèle de la dynamique de la pêche	B,F	Examen du remplacement d'espèces dans les prises	Modèle spéculatif de simulation
Modèle d'optimisation linéaire	E	Estimation des rendements d'espèces combinées maximum du point de vue économique	Programme linéaire

Tabla 1

Esquema de toma de decisiones.

CAMPO DE OBJETIVOS	Especies individuales	Multiespecies isotróficas	Depredador y presa	Industria y peces
Ecológico	A	B	C	D
Económico y Social	E	F	G	M
Control de Administración e Investigación	I	J	K	L

Tabla 2. Secciones de tres modelos correspondientes a la Célula C del esquema de toma de decisiones, ilustrado en la Tabla 1.

<u>MODELO 3A</u>	
PROPOSITO	Proporcionar una percepción clara sobre las medidas de control de las poblaciones de depredadores.
DESCRIPCION	Modelo teórico monoespecífico de simulación de depredadores.
VARIABLES	Biomasa de depredadores.
FUERZAS DE EMPUJE	Biomasa de depredadores y pesca.
LIMITE DE TIEMPO	5 años.
ETAPAS DE TIEMPO	1 año a menos que haya una influencia estacional sobre las reservas.
LIMITACIONES	Datos limitados
DATOS	Tamaño y dinámica de las poblaciones de depredadores, índices de consumo, análisis de la dieta.
<u>MODELO 3B</u>	
PROPOSITO	Proporcionar una percepción clara sobre el aumento de las poblaciones de depredadores.
DESCRIPCION	Modelo teórico monoespecífico de simulación de depredadores-presa.
VARIABLES	Biomasa de depredador-presa.
FUERZAS DE EMPUJE	Recolección de depredador y presa.
LIMITE DE TIEMPO	5 años.
ETAPAS DE TIEMPO	1 año a menos que haya una influencia estacional sobre las poblaciones.
LIMITACIONES	Datos limitados.
DATOS	Tamaño y dinámica de las poblaciones de depredadores, índices de consumo de depredador y análisis de la dieta.

MODELO 3C

PROPOSITO	Investigar los posibles mecanismos que influncian la abundancia de los depredadores en el sistema.
DESCRIPCION	Modelo teórico multi-especifico de simulación de depredadores.
VARIABLES	Biomasa de depredadores.
FUERZAS DE EMPUJE	Biomosas de depredadores y recolección.
LIMITE DE TIEMPO	5 años.
ETAPAS DE TIEMPO	1 año a menos que haya una influencia estacional sobre la reserva.
LIMITACIONES	Datos limitados.
DATOS	Tamaño y dinámica de las reservas de depredadores, índices de consumo, análisis de la dieta.

Tabla 3 Modelos de recurso de krill antártico de posible utilidad y dónde podrían ubicarse en el propuesto esquema de decisiones administrativas. Las células se refieren a la Tabla 1.

MODELO	CELULA	PROPOSITO	DESCRIPCION
Modelo de rendimiento por restablecimiento	E	Cálculo de los niveles deseables de pesca estructurado por edad	Modelo de simulación determinativo, teórico y
Modelo de evaluación de riesgo de reservas	E, I	Cálculo de los posibles rendimientos de krill bajo condiciones de incertidumbre con respecto a los parámetros claves	Modelo de simulación Monte Carlo, de reservas y estructurado por edad
Modelo de simulación de la población de krill	E, I	Evaluación de estrategias alternativas de recolección	Modelo teórico de reservas, estructurado por edad, con una subrutina de economía
Modelo multi-específico de captura y esfuerzo	F	Cálculo de rendimiento de especies combinadas	Modelo de predicción basado en la regresión
Modelo de un depredador, dos presas	C	Exploración de la dinámica de depredador-presa	Modelo de simulación especulativo
Modelo de la dinámica de la pesca	B, F	Examinación del reemplazo de las especies en las capturas	Modelo de simulación especulativo
Modelo de optimización lineal	E	Cálculo de los rendimientos de especies combinadas económicamente óptimos	Programa lineal

Таблица 1. Схема принятия решений.

РАМКИ ЦЕЛЬ	Одновидо- вая модель	Изотрофиче- ская много- видовая модель	Хищники и жертва	Промысел и рыба
Экологические вопросы	A	B	C	D
Экономические и социальные вопросы	E	F	G	H
Вопросы управления, мониторинга и исследований	I	J	K	L

Таблица 2. Критерии трех моделей, соответствующих элементу "С" схемы принятия решений, приведенной в Таблице 1.

МОДЕЛЬ 3А

НАЗНАЧЕНИЕ	Дать понимание сущности мер по контролю над популяциями хищников.
ОПИСАНИЕ	Гипотетическая одновидовая модель, имитирующая популяцию хищников
ПЕРЕМЕННЫЕ	Биомасса популяции хищников
ДВИЖУЩИЕ СИЛЫ	Биомасса популяции жертв и промысел
СРОКИ	5 лет
ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТЬ ЭТАПОВ	1 год, если только не наблюдается сезонных воздействий на популяцию.
ОГРАНИЧЕНИЯ	Ограниченное количество данных
ДАННЫЕ	Размеры и динамика популяции хищников, уровень потребления, анализ режима питания.

МОДЕЛЬ 3В

НАЗНАЧЕНИЕ	Дать понимание процесса увеличения популяций хищников
ОПИСАНИЕ	Гипотетическая одновидовая модель, имитирующая взаимодействие хищник-жертва
ПЕРЕМЕННЫЕ	Биомасса популяции хищников и жертв
ДВИЖУЩИЕ СИЛЫ	Вылов хищников и жертв
СРОКИ	5 лет
ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТЬ ЭТАПОВ	1 год, если только не наблюдается сезонных воздействий на популяцию
ОГРАНИЧЕНИЯ	Ограниченное количество данных
ДАННЫЕ	Размеры и динамика популяций хищников и жертвы, уровни потребления и анализ режима питания хищников

МОДЕЛЬ 3С

НАЗНАЧЕНИЕ	Исследовать возможные механизмы, влияющие на численность хищников в системе
ОПИСАНИЕ	Гипотетическая многовидовая модель, имитирующая популяции хищников
ПЕРЕМЕННЫЕ	Биомасса популяций хищников
ДВИЖУЩИЕ СИЛЫ	Биомасса жертвы и облов
СРОКИ	5 лет
ПРОДОЛЖИТЕЛЬ- НОСТЬ ЭТАПОВ	1 год, если только не наблюдается сезонных воздействий на популяции
ОГРАНИЧЕНИЯ	Ограниченное количество данных
ДАННЫЕ	Размеры и динамика популяций хищников, уровень потребления, анализ режима питания.

Таблица 3. Потенциально полезные модели запаса антарктического криля и их возможное место в предлагаемой схеме принятия решений по управлению. Элементы схемы - как указано в Таблице 1.

МОДЕЛЬ	ЭЛЕМЕНТ	НАЗНАЧЕНИЕ	ОПИСАНИЕ
Модель улова на единицу пополнения	Е	Расчет желательных уровней промысла	Детерминистическая гипотетическая имитационная модель, построенная по возрастным показателям
Стохастическая модель оценки опасности	Е, I	Расчет потенциальной величины вылова криля при наличии неопределенности в ключевых параметрах	Стохастическая имитационная модель "Монте-Карло", построенная по возрастным показателям
Имитационная модель популяции криля	Е, I	Оценка альтернативных стратегий лова	Стохастическая гипотетическая модель, построенная по возрастным показателям, с экономической подпрограммой
Многовидовая модель зависимости улова	Е	Расчет величины вылова связанных видов	Прогнозирующая модель возврата к прежнему состоянию
Модель взаимодействия один вид хищников-два вида жертв	С	Исследование динамики взаимодействия хищник-жертва	Гипотетическая имитационная модель
Модель динамики промысла	В, F	Изучение замещения видов в уловах	Гипотетическая имитационная модель
Модель линейной оптимизации	Е	Рост экономически оптимальных уровней вылова связанных видов	Линейная программа

SOME PRINCIPLES FOR FISHERIES REGULATION FROM AN ECOSYSTEM PERSPECTIVE

W.K. de la Mare
(Australia)

Abstract

The paper discusses some principles to be considered in the formulation of a framework for the regulation of fisheries from an ecosystem perspective, under the Convention for the Conservation of Antarctic Marine Living Resources. An important task in this formulation is to derive subsidiary objectives for regulation which have a more rigorous scientific interpretation than the broad principles of conservation set out in the Convention. An important property required for subsidiary objectives is that they are framed in terms of quantities which can be robustly estimated, thus allowing the degree to which objectives are being met to be assessed. The advantages of using a feedback method of regulation are discussed. However, because of delays in detecting and correcting errors in rates of exploitation, it is important that initial levels of exploitation are potentially sustainable. This requires that estimates are required for the abundance of a stock in advance of the substantial development of a fishery. The design of a regulatory framework is a complex task involving systems analysis. The usefulness of simulation studies of potential management procedures is briefly discussed.

* * * * *

QUELQUES PRINCIPES SUR LA REGLEMENTATION DE LA PECHE DU POINT DE VUE DE L'ECOSYSTEME

W.K. de la Mare
(Australie)

Résumé

Le présent document examine quelques principes susceptibles d'être considérés pour l'élaboration d'un système de réglementation de la pêche du point de vue de l'écosystème, conformément à la Convention pour la Conservation de la Faune et la Flore Marines de l'Antarctique. En vue d'élaborer une réglementation, il est important de définir des objectifs subsidiaires offrant une interprétation scientifique plus stricte que les grands principes de conservation stipulés par la Convention. Un aspect important de ces objectifs subsidiaires est qu'ils soient posés en termes de

quantités pouvant être estimées d'une manière fiable, permettant ainsi l'évaluation du niveau de la réalisation des objectifs. Les avantages d'une méthode de réglementation par retour d'information sont examinés. Cependant, du fait des délais dans la détection et la correction d'erreurs portant sur les taux d'exploitation, il est important que les niveaux initiaux d'exploitation soient potentiellement admissibles. Ceci exige que l'abondance d'un stock soit évaluée préalablement à l'expansion importante d'opérations de pêche. La conception d'un système de réglementation est une tâche complexe nécessitant une analyse fonctionnelle. L'utilité d'études par simulation des procédures possibles de gestion est brièvement examinée.

* * * * *

ALGUNOS PRINCIPIOS PARA LA REGLAMENTACION DE LA PESCA DESDE UNA PERSPECTIVA DEL ECOSISTEMA

W.K. de la Mare
(Australia)

Resumen

Este documento trata sobre algunos de los principios a ser considerados durante la elaboración de una estructura para la reglamentación de la pesca desde una perspectiva del ecosistema, de acuerdo con la Convención sobre la Conservación de los Recursos Vivos Marinos Antárticos. Una tarea importante en dicha elaboración es obtener objetivos secundarios para la reglamentación, que tengan una interpretación científica más exacta que los amplios principios de conservación establecidos en la Convención. Una condición importante que tales objetivos secundarios deberían tener es que se formulen a partir de cantidades que se puedan calcular sensatamente, permitiendo evaluar de este modo hasta qué grado se están logrando dichos objetivos. Se plantean las ventajas de utilizar un método en el que se aporten datos sobre la reglamentación. Sin embargo, debido a los retrasos en detectar y corregir los errores en los índices de explotación, es importante que los niveles iniciales de explotación sean eficazmente valederos. Esto precisa que se obtengan con anticipación los cálculos de abundancia de una reserva antes del desarrollo considerable de la pesca. La preparación de una estructura reguladora es una tarea compleja que

implica el análisis de sistemas. Se debate brevemente sobre la utilidad de los estudios de simulacro de los posibles procedimientos de administración.

* * * * *

НЕКОТОРЫЕ ПРИНЦИПЫ РЕГУЛИРОВАНИЯ ПРОМЫСЛА С ЭКОСИСТЕМНОЙ ТОЧКИ ЗРЕНИЯ

У.К. де ла Мэр
(Австралия)

Резюме

В документе обсуждаются некоторые принципы, которые следует принимать во внимание при разработке основ регулирования промысла с экосистемной точки зрения, в соответствии с Конвенцией о сохранении морских живых ресурсов Антарктики. Важной задачей такой разработки является выявление дополнительных целей регулирования, у которых будет более жесткая научная интерпретация, чем упоминающиеся в Конвенции широкие принципы сохранения. Важным качеством, которым должны обладать дополнительные цели, является то, что они выражаются количественными факторами, которые могут быть четко определены, позволяя таким образом определить степень приближения к этим целям. Обсуждаются преимущества регулирования, построенного на методе обратного потока данных. Однако вследствие задержек в обнаружении и исправлении погрешностей при определении интенсивности эксплуатации важно, чтобы исходные уровни эксплуатации были потенциально устойчивыми. Это потребует получения оценок численности запаса до начала существенного развития промысла. Разработка основ регулирования - сложная задача, требующая использования системного анализа. Кратко обсуждается польза изучения моделей возможной методики управления.

* * * * *

SOME PRINCIPLES FOR FISHERIES REGULATION
FROM AN ECOSYSTEM PERSPECTIVE

INTRODUCTION

The main instrument for the regulation of fisheries in the Southern Ocean is the Convention for the Conservation of Antarctic Marine Living Resources (CCAMLR), whose relevant articles are as follows :

1. The objective of this Convention is the conservation of Antarctic marine living resources
2. For the purposes of this Convention, the term 'conservation' includes rational use
3. Any harvesting and associated activities in the area to which this Convention applies shall be conducted in accordance with the provisions of this Convention and with the following principles of conservation :
 - (a) prevention of decrease in the size of any harvested population to levels below those which ensure its stable recruitment. For this purpose its size should not be allowed to fall below a level close to that which ensures the greatest net annual increment;
 - (b) maintenance of the ecological relationships between harvested, dependent and related populations of Antarctic marine living resources and restoration of depleted populations to the levels defined in sub-paragraph (a) above; and

- (c) prevention of changes or minimization of the risk of changes in the marine ecosystem which are not potentially reversible over two or three decades, taking into account the state of available knowledge of the direct and indirect impact of harvesting, the effect of the introduction of alien species, the effects of associated activities on the marine ecosystem and of the effects of environmental changes, with the aim of making possible the sustained conservation of Antarctic marine living resources.

The CCAMLR Convention has been widely hailed as an important advance in the international regulation of fisheries because it does not concentrate solely on the objects of fisheries but also seeks to limit the impact of fisheries on 'dependent and related species', that is, the animals with which man enters into competition for their food supply (it is well established that fisheries can affect other species [Schaefer, 1971; Cushing, 1980; Rigler, 1982]).

The international regulation of fisheries takes place in an environment such that, even at a scientific level, considerations arise which would not arise in the pursuit of a purely scientific research activity. The Scientific Committee of CCAMLR has already attempted to formulate advice for the Commission working from incomplete knowledge and uncertain data which does not admit to an unambiguous interpretation. The Scientific Committee and the Commission have to take decisions by consensus (Rule 3 of the Scientific Committee rules of procedure, and Article XII of the Convention). Under these circumstances it is important to consider what kind of regulatory framework will help towards consensus within the Scientific Committee and the Commission. In this paper, fishery regulation is taken to be the scientific basis on which decisions are taken to formulate conservation measures designed to achieve the objectives of the Convention.

INTERPRETATION OF THE OBJECTIVES OF THE CONVENTION

The establishment of a clearly defined objective, or set of objectives, is an essential starting point of fishery regulation (ACMRR, 1980). It is a common situation that the objectives of international Conventions for the regulation of fisheries embody important principles, yet do not in themselves have precise scientific interpretation. In such cases, subsidiary objectives need to be developed which are scientifically meaningful (that is, measurable) such that progress towards them can be assessed.

Odum (1971) defines an ecosystem as :

... any unit that includes all of the organisms in a given area interacting with the physical environment so that a flow of energy leads to clearly defined trophic structure, biotic diversity, and material cycles (i.e. exchange of materials between living and non-living parts) within the system ...

Clearly, regulating ecosystems is a task for which currently we possess neither the knowledge nor the tools. In this paper it is assumed that the system to be regulated is a complex of species (not necessarily all species) within an arbitrarily defined geographic region (management area), and will be referred to as the exploited system.

As discussed in Beddington and de la Mare (1986), there are a number of problems in interpreting the precise scientific meaning of certain portions of the text of the Convention. In particular, there is difficulty of interpreting article II paragraphs 3b and 3c unless, following Edwards and Heap (1981), distinction is made between :

- (a) species in the low-trophic levels which form the food base for species in higher trophic levels (e.g. zooplankton, particularly krill)
- (b) species at intermediate-trophic levels which prey on the species of the low-trophic level but are themselves subject to significant predation by the top-trophic level (e.g. squid and fish)

- (c) species at the top trophic levels which prey on levels (a) and (b) but may not themselves subject to significant natural predation (e.g. whales, seals and birds).

This distinction suggests that top predators may only be adequately treated by the Articles if levels of 'greatest net annual increment' are interpreted as those occurring when some specific amount of krill is harvested. In simple terms, in the absence of exploitation of their food supply, top predators will have some population level at which their net annual increment is at a maximum. If their food supply is exploited (and assuming that food is limiting at some point), there will be a new and lower population level at which their net annual increment will be maximised. Hence, there is a range of possible protection levels for top predators and the precise level will be determined by the level of krill harvesting : the higher the level of krill harvest the lower the protection level. This would appear to be against the spirit of the convention and some interpretation which avoids this difficulty is necessary. An obvious choice of protection level for the predator population is that derived from its population abundance pertaining to the absence of krill harvesting. However, it has proved to be very difficult in the case of marine mammals to determine where the relative levels of greatest net increment might be, and the time scale to determine the answer by experiment could be of the order of hundreds of years (de la Mare, 1986a). In practice, it is likely that an arbitrary percentage of pristine abundance will have to be used. Moreover, it is unlikely that all species will be of equal concern, a population decline in salps might not be regarded in the same light as the decline of a commercially valuable fishstock; or a depleted species of whales.

However, these are not the only difficulties of interpretation, ecosystems are complex and stochastic; to the extent that it is not possible to make reliable quantitative predictions about their future states or the consequences of perturbations (ACMRR, 1980; Pielou, 1981; Rigler, 1982; Bender, Case and Gilpin, 1984). Species interact in ways which make it difficult to decide exactly where the level of 'greatest net annual increment' might lie for a harvested species; nor, because of

interactions, does such a level necessarily exist as a time invariant quantity. Once again, the solution in the short term would seem to be the adoption of some arbitrary levels below which harvested species should not be driven by exploitation. For the case of prey species, choosing this level as a relatively high proportion of unexploited abundance may ease the difficulties inherent in achieving conservation of dependent species in the interim.

It may be fruitful at this stage to attempt to formulate the objectives to be achieved by the regulatory framework for a set of dependent species which are representative of important groups of dependent species; along with species which are of direct concern, such as depleted whale populations; subject to the condition that they are practicable to monitor in some way. Such an approach would be related to the work which is already under development by the Ecosystem Monitoring Group (CCAMLR, 1986).

APPROACHES TO THE REGULATION OF FISHERIES

Following Walters and Hilborn (1978), there are three basic approaches to the regulation of fisheries, namely, (1) set point or open loop regulation; (2) passive adaptive regulation; and (3) active adaptive regulation. Set point regulation can be defined as identifying the control strategy which will need the conservation objectives from a priori consideration of a model which is assumed to be consonant with the dynamics of the exploited system. Approach (2) incorporates the additional idea that, as exploitation continues, more will be learned about the dynamics of the system, and hence improved predictions can be made about the consequences of conservation measures. Approach (3) actively seeks to learn more about the dynamics of the system by deliberately manipulating catch levels and other parameters of the fishery; in essence, an analogue of a typical scientific experiment. Approach (3) is often cast in terms of what is known as the 'dual control' problem (reviewed in Goodwin and Sin, 1984), which considers how to combine the objectives of regulating the controlled system with actions which will lead to better information on its dynamics.

The classic approach to fisheries regulation relies on approaches (1) and (2). The aim of analytic fishery models such as that of Beverton and Holt (1956) is to predict optimum levels of fishing mortality and age at first fishing from estimates of growth curves and age-structure of an exploited fish stock. This method falls within the scope of approach (1). However, the parameter estimates required for the models are usually difficult to obtain with any precision, and hence the set point may not be particularly reliable. An example of approach (2) is the fitting of a production model, such as a Schaefer (1954) model, to time series of catch and effort data. In principle, such methods attempt to estimate production directly from the catch history of the fishery, and if continually revised, catch levels can be identified which will lead to some form of optimum catch level. However, in practice, production models have not been very successful in identifying optimal catch levels (Larkin, 1977; Gulland, 1978; Sissenwine, 1978; Hilborn, 1979; Uhler, 1980); although time will tell if more recent variants on the theme such as 'passive optimal control' (Walter, 1978) are more successful.

It is not the intent of this paper to examine in detail the strengths and weaknesses of various models used in fishery management; the important point is that, for a spectrum of reasons, we will make errors in predicting the level of catch which can be sustained or which will meet the other objectives of the Convention. The errors may lead to either underexploitation or overexploitation, although the consequences of such errors are not necessarily equal. An error on the conservative side does not cause disruption to fishing activities, but an error leading to overexploitation will have led to overinvestment in the fishery and all the attendant strains which result from having to reduce catches. Therefore, a key property that a regulatory framework should possess is the power to detect and correct such errors before the consequences are serious for either the fish stocks, the fishing industry, or both. A corollary of this property is that it allows adjustments to be made to the level of fishing with the least possible disruption to the fishing industry.

It has been recognised that the conservation of living resources is an area which can benefit from the application of control theory (for example, Watt, 1968; Walters and Hilborn, 1976). The importance of basing a fisheries regulatory framework on feedback principles is now also being recognised (Tanaka, 1984; de la Mare, 1986a and 1986b). Di Stefano, Stubberbud and Williams (1967) define feedback as :

... that property of a closed loop system which permits the output (or some other controlled variable of the system) to be compared with the input to the system (or an input to some other internally situated component or subsystem of the system) so that the appropriate control action may be formed as some function of the output and input.

Properly designed feedback systems have a number of important advantages over non-feedback systems. These include improved accuracy and stability in attaining objectives and reduced sensitivity to error in the model assumed to apply to the controlled system.

The implication of applying control systems theory and feedback to living resource conservation is that it directs attention to the specific examination of system input and output. For a convention such as CCAMLR, the system under discussion is the exploited system in combination with a regulatory framework. Thus, the system to be controlled (at least along some partial dimension) is the exploited system, and the regulatory framework forms a control system. The system input is formed from the objectives of the Convention, and hence, the system output is some attribute of the exploited system. In system terms, the catches are not necessarily considered as part of the output of the system, but they are the principal control action which can be applied to drive the ecosystem towards a specified set of objectives. A simplified example may make this more concrete in the context of the possible form of objectives for CCAMLR discussed earlier.

Suppose that it was decided that an exploited fish stock should not fall to below say $X_{\min}$ (to ensure recruitment) and that the optimal level of the stock was somewhat higher at X_{opt} . Similarly, suppose that some predator is to be maintained at a level above $Y_{\min}$ and to have a desirable level of Y_{opt} . Thus the input to the system is X_{opt} and Y_{opt} , and its output is the observed values of X and Y . Feedback control would lead to catches being increased, if the observed values of X and Y were above their target levels, but some reduction in catches would follow some form of rule, which could be rather complex, but which would include some element or proportionality in that small differences between the observed and target values for X and Y lead to smaller adjustments in catches than do large discrepancies between the observed values and their targets. If the observed values of X or Y were to be found below the minimum levels, then catching would cease until the stocks had recovered towards the target level. Simulation studies of such a regulatory system, in a single species context, have shown that the probabilities of erroneously curtailing exploitation on a stock or inadvertently reducing it to below the minimum level can both be controlled (de la Mare, 1986a and 1986b). However, it has also been shown that the time to detect and correct errors can be relatively long because of the effects of variability in estimates of absolute or relative abundance (de la Mare, 1984, 1986a).

The example outlined above is not intended to be definitive, but to illustrate how feedback regulation might work, and in particular to highlight three important principles. The first principle is that the initial rate of exploitation should be basically feasible in terms of a likely level of sustainable yield. This requires that an estimate of abundance is available for each exploited stock in advance of the substantial development of its fishery. This is important for two reasons : (1) that it helps to avoid over-capacity in the fishery; and (2) it helps to ensure that the reduction in the biomass of the stock occurs over a sufficiently long time span to allow sufficient data to accumulate so that errors in the predicted yield can be identified and corrected, before the consequences become serious for the fishery. The second principle requires that the objectives for the regulatory system should be framed in terms of aspects of the status of the controlled system which can be robustly estimated. The third principle is that the regulatory

framework specifies what actions are required given the observed values of status of the controlled system. These principles are also an important factor in creating an environment in which scientific consensus is more readily obtained.

The essential problem is that the Antarctic marine ecosystem is too complex to frame objectives to cover all species, but the intent of the Convention seems to require an approach which is broader than the classic single species approach for each possible fishery. However, it may be possible to regulate the real exploited system as if it were a much simpler system; the true level of complexity of a system of interacting species may be abstracted into a subset of species of interest (the single species model being the extreme example). The degree to which the abstracted system model can describe the corresponding elements of the true systems depends, amongst other things, upon the dynamics of the elements left out of the model (Schaffer, 1981; Bender, Case and Gilpin, 1984). However, potential lack of predictive power from the abstracted model may be considerably reduced in importance when it is part of an adaptive feedback system, it may transpire that fitting the abstracted system model to data from the real system can lead to estimates of the parameters of the abstracted system model such that appropriate control actions are taken. This can occur even though the abstracted model is not an accurate representation of the real system. Such a scheme would not necessarily lead to accurate control for those species left out of the model. However, if the species included are those of greatest concern, or are those which are representative of key sections of the exploited system, then it seems reasonable to assume that the overall objectives of the convention are being met as far as is possible.

The use of feedback control could be described as an empirical or observational approach to the regulation of fishing activities, but there are many factors to be taken into consideration in designing such a regulatory framework which might meet the objectives of the Convention. It is not the intention to discuss these factors at length here, however, it is pertinent to indicate the nature of a few of them.

One such factor is the selection and calibration of variables which describe some aspect of the status of the system, and, as shown by the work of the Ecosystem Monitoring Working Group (CCAMLR, 1986), it is far from a trivial question. For example, data from catches or other samples may not be representative of a population as a whole because of tendencies for animals to segregate by size, age, or reproductive condition. For another example, catch per unit effort (CPUE) is, in general, not linearly related to the abundance of an exploited fish stock (Ulltang, 1977; Peterman and Steer, 1981; Cooke, 1985; Winters and Wheeler, 1985). Moreover, fishery regulation based purely on CPUE data has the weakness of not separating information from control; that is, the control action (catches) is also the source of information about the status of the exploited fish stock.

Another factor to be considered in designing a feedback regulatory system is how to deal with observation uncertainty and the stochastic variations in the exploited system, and in particular, what level of risk is acceptable that exploited or dependent species may be inadvertently reduced to levels below those 'ensuring stable recruitment', and conversely, what level of risk is acceptable that fishing might be erroneously curtailed.

A further factor is the cost of monitoring. Data collection from the fisheries themselves can be obtained more economically than those from specially mounted scientific surveys. However, data from fishing operations generally have reduced scientific utility due to 'laissez faire experimental design'. Naturally, fishing operations continually strive to improve their efficiency and so introduce technical innovations, move fishing grounds and seasons as more is learned about the characteristics of the exploited species. This has the unfortunate effect of masking changes in the status of the system, or precluding unambiguous interpretation of the fisheries data, or both. Conversely, scientific surveys are very expensive and so there is a tradeoff between the level of harvest, the risks associated with types of error discussed earlier, and the amount of resources committed to monitoring. A potential scheme for obtaining data of enhanced scientific utility from commercial operations is for a small proportion of the fishing effort of the commercial fleet to be channeled into 'survey fishing' within a proper experimental design.

The empirical feedback approach need not be the only candidate for a regulatory framework that might be considered. The problem with the feedback approach is that it has a considerable overhead in terms of data collection, supplemental surveying, and stock assessment. The Convention allows considerable flexibility in the kinds of conservation measures that could be adopted. For pelagic fisheries such as krill in particular, it might be simpler and considerably less costly to attempt to guarantee a certain level of escapement by combinations of open and closed seasons and areas instead of trying to regulate the amount of catching or effort directly. For example, a management area could be divided into sub-area, in a (perhaps randomly selected) proportion of which fishing could be as intense as desired by the fishing industry; the unexploited proportion serving to maintain 'essential ecological relationships' as sought by the Convention. However, such an approach gives a low priority to learning about the ecosystem and optimising the level of catches. On the other hand its simplicity may make it a suitable candidate for an interim method of regulation.

CONCLUSION

Although the outline of principles and problems given in this paper is relatively brief, it should serve to illustrate that the design of a regulatory framework for marine living resources from an ecosystem perspective is a complex task which may take a number of years to complete. Such design work can be thought of as 'systems analysis' as suggested by Watt (1968). Examples of this type of analysis are to be found in Hilborn (1979) and de la Mare (1986). A valuable tool used in both examples is simulation modelling. Potential management procedures can be tested and refined by applying them to a whole range of artificially exploited systems of increasing complexity and variability. Only those procedures which pass such tests need to be considered as candidates for adoption by the Commission.

REFERENCES

- ACMRR. 1980. Report of the Advisory Committee on Marine Resources Research Working Group on the Scientific Basis of Determining Management Measures. Hong Kong, 10-15 December, 1979. FAO Fish. Rep. (236):149pp.
- Beddington, J.R. and de la Mare, W.K. 1984. Marine mammal fishery interactions: modelling and the Southern Ocean. CCAMLR Selected Papers 1982-84, Part 2. Hobart, 503pp.
- Bender, E.A., Case, T.J. and Gilpin, M.E. 1984. Perturbation experiments in community ecology: theory and practice. Ecology 65:1-13.
- Beverton, R.J.H. and Holt, S.J. 1956. On the Dynamics of exploited fish populations. Fishery Investigations, Series 2. Vol. 19. HMSO, London. 533pp.
- CCAMLR. 1986. Report of the Working Group for the CCAMLR Ecosystem Monitoring Program, Federal Republic of Germany, 2-17 July, 1986. CCAMLR, Hobart (mimeo, 44pp.).
- Cooke, J.G. 1985. On the relationship between catch per unit effort and whale abundance. Rep. int. Whal. Commn 35:511-20.
- Cushing, D.H. 1980. The decline of the herring stocks and the gadoid outburst. J. Cons. int. Explor. Mer 39:70-81.
- de la Mare, W.K. 1984. On the power of catch per unit effort series to detect declines in whale stocks. Rep. int. Whal. Commn 34:655-64.
- de la Mare, W.K. 1986a. On the management of exploited whale populations. D. Phil. thesis, University of York. 217pp.
- de la Mare, W.K. 1986b. Simulations studies on management procedures. Rep. int. Whal. Commn 36:429-50.

- Di Stefano III, J.J. Stubberbud, A.R. and Williams, I.J. 1967. Feedback and control systems. McGraw-Hill, New York. 371pp.
- Edwards, D.M. and Heap, J.A. 1981. Convention on the Conservation of Antarctic Marine Living Resources: a commentary. Polar Record 20:353-62.
- Goodwin, G.C. and Sin, K.S. 1984. Adaptive filtering prediction and control. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, New Jersey. 540pp.
- Gulland, J.A. 1978. Fishery management: new strategies for new conditions. Trans Amer. Fish. Soc. 107:1-11.
- Hilborn, R. 1979. Comparison of fisheries control systems that utilize catch and effort data. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 36:1477-89.
- Larkin, P.A. 1977. An epitaph for the concept of maximum sustainable yield. Trans Amer. Fish Soc. 106:1-11.
- Odum, E.P. 1971. Fundamentals of Ecology (Third edition). Saunders, Philadelphia.
- Peterman, R.M. and Steer, G.J. 1981. Relation between sport fishing catchability coefficients and salmon abundance. Trans Amer. Fish. Soc. 110:585-93.
- Peilow, E.C. 1981. The usefulness of ecological models: a stocktaking. Quart. Rev. Biol. 56:17-31.
- Rigler, F.H. 1982. Recognition of the possible, an advantage of empiricism in ecology. Can. J. Fish. Aquat. Scie. 39:1323-31.
- Schaffer, W.M. 1981. Ecological abstraction: the consequences of reduced dimensionality in ecological models. Ecol. Monographs 51:383-401.

- Schaefer, M.B. 1954. Some aspects of the dynamics of populations important to the management of commercial marine fisheries. Bull. Inter-Amer. Trop Tuna Commn 1:27-56.
- Schaefer, M.B. 1971. Men, birds and anchovies in the Peru current - dynamic interactions. Trans Amer. Fish. Soc. 99:461-7.
- Sissenwine, M.P. 1978. Is MSY and adequate foundation for optimum yield? Fisheries 3:22-42.
- Tanaka, S. 1984. On the method for calculating catch quotas. Bull. int. North Pac. Fish. Commn 42:98-103.
- Uhler, R.S. 1980. Least squares regression estimates of the Schaefer production model: some Monte Carlo simulation results. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 37:1284-94.
- Ulltang, Ø. 1977. Sources of error in and limitations of Virtual Population Analysis (cohort analysis). J. Cons. int. Explor. Mer 37:249-60.
- Walter, G. 1978. A surplus yield model incorporating recruitment and applied to a stock of Atlantic mackerel (Scomber scobrus). J. Fish. Res. Board Can. 35:229-34.
- Walters, C.J. and Hilborn, R. 1976. Adaptive control of fishing systems. J. Fish. Res. Board Can. 33:145-59.
- Walters, C.J. and Hilborn, R. 1978. Ecological optimisation and adaptive management. Ann. Rev. Ecol. Syst. 9:157-88.
- Watt, K.E.F. 1968. Ecology and Resource Management. McGraw-Hill, New York. 450pp.
- Winters, G.H. and Wheeler, J.P. 1985. Interaction between stock area, stock abundance, and catchability coefficient. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 42:989-98.

MANAGEMENT AND UNCERTAINTY : THE EXAMPLE OF SOUTH GEORGIA

J.A. Gulland
(U.K.)

Abstract

Decisions on fishery management are often made with some degree of uncertainty in scientific advice. Such uncertainty is unlikely to be avoided even though further research should reduce its degree. It seems useful to consider ways in which CCAMLR can improve its ability to take decisions in the face of uncertainty. From an examination of Articles IX 2(f) and XV 2(e, d) of the CCAMLR Convention it follows that a comparison of the immediate and long-term effects of any one proposed measure with those of any other measure (including the effects of doing nothing) could provide a procedure for providing advice that could cope with uncertainty. The question is addressed specifically in terms of the fishery of Notothenia rossii around South Georgia, but the principles examined may be relevant to other management matters.

* * * * *

AMENAGEMENT ET INCERTITUDE: L'EXEMPLE DE LA GEORGIE DU SUD

J.A. Gulland
Royaume-Uni

Résumé

Les décisions relatives à l'aménagement de la pêche sont souvent prises dans un climat d'incertitude pour ce qui est des avis scientifiques. Il est difficile de parer à une telle incertitude même si une recherche plus approfondie devrait permettre d'en limiter l'étendue. Il serait utile de déterminer comment la CCAMLR pourrait améliorer son aptitude à prendre des décisions dans un climat d'incertitude. D'après les articles IX 2(f) et XV 2(e,d) de la Convention de la CCAMLR, on déduit qu'une comparaison entre les effets immédiats et à long terme de toute mesure proposée et ceux de toute autre mesure (y compris les effets de l'inaction), devrait permettre de formuler des directives selon

lesquelles des avis qui tiendraient compte de l'incertitude pourraient être donnés. Cette question a été étudiée dans le cadre spécifique de la pêche de Notothenia rossii autour de la Géorgie du Sud, mais les principes examinés pourraient également être appliqués aux autres problèmes d'aménagement.

* * * * *

ADMINISTRACION E INCERTIDUMBRE: EL EJEMPLO DE GEORGIA DEL SUR

J.A. Gulland
(Reino Unido)

Resumen

Las decisiones sobre administración de pesquería son a menudo hechas con cierto grado de incertidumbre en términos de recomendaciones científicas. Es poco probable que dicha incertidumbre pueda ser evitada aun cuando la investigación adicional debería reducirla. Parece útil considerar maneras en que CCRVMA puede mejorar su capacidad de tomar decisiones frente a la incertidumbre. A partir de un examen de los Artículos IX 2(f) y XV 2(e,d) de la Convención de CCRVMA se desprende que una comparación de los efectos inmediatos y a largo plazo que resultan de cualquier medida propuesta con aquellos de cualquier otra medida (incluyendo los efectos de no tomar acción alguna), podría proveer un procedimiento para proporcionar recomendaciones que podrían ajustarse con la incertidumbre. La cuestión está dirigida específicamente en términos de la pesca de Notothenia rossii alrededor de Georgia del Sur, pero los principios analizados pueden ser relevantes otros temas de administración.

* * * * *

УПРАВЛЕНИЕ И НЕОПРЕДЕЛЕННОСТЬ - ПРИМЕР ЮЖНОЙ ГЕОРГИИ

Дж.А.Галланд
(Соединенное Королевство)

Резюме

Решения в области управления промыслом часто делаются при наличии некоторой неопределенности в научно обоснованных предложениях. Этой неопределенности вряд ли можно избежать, несмотря на то, что

последующие исследования должны уменьшить ее степень. Представляется полезными рассмотреть пути улучшения процесса принятия АНТКОМ'ом решений при наличии такой неопределенности. Из изучения Статей IX 2 (f) и XV 2 (e,d) Конвенции АНТКОМ'а следует, что сравнение незамедлительного и долгосрочного результатов действия какой-либо одной меры с таковыми любой другой такой меры (включая результат при отсутствии каких-либо действий) может привести к созданию порядка выработки таких предложений, которые будут учитывать эту неопределенность. Этот вопрос ставится конкретно в применении к промыслу Notothenia rossii в районе Южной Георгии, но разобранные принципы могут оказаться применимыми и к другим вопросам управления.

* * * * *

MANAGEMENT AND UNCERTAINTY : THE EXAMPLE OF SOUTH GEORGIA

INTRODUCTION

The stocks of fish round South Georgia have been greatly reduced by heavy fishing since 1969, and the stock of Notothenia rossii is at an extremely low level. Proposals have been made in both the Scientific Committee of CCAMLR and the Commission for drastic action, including the closure of South Georgia to all fishing for a period, but these have not been adopted. There are several reasons for this, but an important one is the degree of uncertainty in the scientific advice. If the scientists could say with absolute certainty that a complete closure for x years would rebuild the stocks to a level at which they could provide sustained yields of y thousand tons per year, and that any other, weaker, measure would fail to rebuild the stocks, then it should be much easier to agree to a closure. Such certainty is unlikely ever to be achieved, even though further research should reduce the degree of uncertainty.

Since the difficulties of making definite assessments are likely to increase when questions arise that are more complex than the state of the Notothenia stock e.g. the impact of krill fishing on whales, it seems useful to consider ways in which the Commission can improve its ability to take decisions in the face of uncertainty. The question is addressed specifically in terms of the fishery round South Georgia, but the principles examined may be relevant to other management matters.

Article IX 2 (f) states that the Commission shall "formulate, adopt and revise conservation measures on the basis of the best scientific evidence available ...", while Article XV requires that the Scientific Committee shall (paragraph 2 (e)) "transmit assessments, analyses, reports and recommendations ... regarding measures ...". These cover the simplest situation in which, first, the Committee can determine that, for example, a mesh size of 140 mm would give a greater long-term yield than any other

mesh size and transmits a report to this effect in accordance with Article XV 2 (e), and second the Commission adopts a minimum mesh size of 140 mm in accordance with Article IX. This procedure is fine if the scientists can identify clearly a particular action (i.e. the use of 140 mm mesh) as being the best, but this is not the common situation. It is not however the only procedure that is consistent with the Convention.

Article XV 2 (d) states that the Committee shall "assess the effects of proposed changes in the methods or levels of harvesting and proposed conservation measures." Though not very explicit on what is included the comparison of the immediate and long term effects of any one proposed measure with those of any other measure, including the effects of doing nothing. If these comparisons are made not only for the "best", or most probable assessment of the state of the stock, but also for a range of other views of its state, this could provide a procedure for providing advice that could cope with uncertainty. The rest of this paper explores the use of this approach to the South Georgia Notothenia rossii fishery.

THE STATE OF THE STOCK

The stock of Notothenia rossii has been severely depleted. This is perhaps most clearly shown by the statistics. 399,704 tons were caught in 1969/70, 101,558 in 1970/71, and only 59,032 tons in the following 14 seasons. The more detailed analyses in the BIOMASS report (1985), and in the report of the fish stock assessment working group (Anon 1985) confirm the general picture but open some questions. From the working party report it appears that the current low abundance is due to a high mortality rate and low recruitment. From Figure 2 of the working party report it appears that mortality has increased from 0.11 to 0.76, i.e. at present $M=0.11$, $F=0.65$. Annual recruitment, as numbers at 3 years old, has fallen from some 20 millions before 1965, to some 3 to 6 millions for the 1967 to 1975 year-classes, to possibly only 40,000 in the 1980 year-class (paragraph 20 of the report).

Accepting that the decline in recruitment is due directly to fishing, with the very low recruitment in the most recent years being due to the second burst of relatively high catches in 1979/80, management policy must be to rebuild the spawning stock (see paragraph 48). It may be that the form of the stock-recruitment relation is such that it is impossible to combine significant fishing with a spawning stock big enough to give the high gross recruitment of the pre-exploitation period. A more reasonable expectation is that a low rate of exploitation, perhaps $F=0.05$, could be sustained with a recruitment around that of the 1970's i.e. around 5 million fish. This would give a yield per recruit of around 350-500 gms (paragraph 23), or a sustainable annual yield of 1.75-2.5 thousand tons. Rebuilding the spawning stock from its present very low level would probably take two whole generations i.e. about 10 years (BIOMASS report Table 2).

The more optimistic view would be to accept the general conclusions, but to believe that a higher rate of exploitation (e.g. $F=0.1$) could be sustained, and that this could be consistent with a higher recruitment (e.g. 10 million) - giving a Y/R of 500 to 800 gms, and a total yield of 5-8 thousand tons. It might also be hoped that recovery would be quicker, perhaps taking only 5 years.

The more pessimistic view would be to challenge the general interpretation, and look at some of the inconsistencies of detail. (There does not seem to be a fundamentally different interpretation of the data that leads to an optimistic view i.e. one of a high sustained yield, other than the view that the decline of the stock is nothing to do with fishing, and that catches of 400,000 tons in a season will occur again whatever is done. There is no support for this).

The inconsistencies chiefly concern the age data, or results arising from those data. The age-composition for 1970/71 (Figure 2 of the report) is unusual in indicating little mortality up to age 8, then a low rate until 12, but few fish over 12 years old. The age composition for 1984 and 1985 are more typical of age samples from other stocks, but the indication of a high and apparently uniform fishing mortality (as indicated

by the good fit to a straight line) is not consistent with the catches being concentrated in a few years (1969/70, 1970/71 and 1980/81). Some of these features could be explained by year-to-year changes in recruitment. They might also be explained if catches had not in fact been so highly concentrated in two short periods. This might be the case if there were errors in the reports of catches, for example in the species identification, some other species being included in the peak catches of Notothenia, and some Notothenia in the catches of Champscephalus in other years.

The detailed pattern of recruitment shows variations that are not due simply to changes in spawning stock. Thus although the spawning stock must have been high until fishing started in 1969, recruitment declined from the 1966 year-class onward, and in fact those from 1970 to 1976 were no lower than those of 1967 to 1969. Similarly, although the spawning stock presumably underwent the second big drop during the second period of high catches in 1980/81, year-class strength dropped further from 1978 onwards.

Some of these inconsistencies might be reduced if there had been errors in the age-determinations, especially if the fish were older than believed. There is a common belief that Antarctic fish are relatively long-lived, but the Notothenia rossii data does not support this. A maximum age of 13 in an unexploited stock is, if anything somewhat low for temperate water fish of comparable sizes. Nikolsky (1965 Table 52) examined the life span of 104 species of fish, mostly of temperate waters. 46% had maximum ages over 10 years and 19% over 20 years. The short lived fish were mostly small fish like anchovy.

If Notothenia had in fact a long life span comparable to the longer-lived species of northern cold-waters, such as Sebastes, the unexploited stock in 1969 might well have consisted of thirty or more year-classes. The average contribution of each year-class would have been correspondingly smaller, and the small numbers from the 1966 to 1969 year-classes observed in later years would not be inconsistent with the earlier year-classes. Revisions to the estimated age-compositions

in accordance with a longer life span might remove several of the inconsistencies remarked on previously. In particular such revisions might give a pattern of decreasing recruitment that matches the decrease in adult stock in a more satisfactory fashion than the pattern indicated in the working group's report, and a pattern of mortalities that are more consistent with apparent changes of fishing effort.

It must be stressed, however, that this hypothesis of a long life-span is based almost entirely on the wish of the mathematical modeller to have a tidy quantitative explanation of the dynamics of the fish stocks since exploitation started. There are no suggestions in the literature (e.g. Biomass 1982) that the determination of ages for Notothenia raises particular problems and there is fair agreement between the results obtained by different people (c.f. Table 14 of the Biomass Report). At the same time there has, almost inevitably, been no independent check on ages, e.g. from long-term tag recaptures. It may also be noted that most ages have been determined from scales, which in some other species have given lower ages than otoliths. The only growth rate based on otolith readings in Table 15 of the Biomass report indicates a lower value of the parameter K, which is often inversely related to life-span. The evidence from age determination studies may be said not to be sufficient to completely reject the hypothesis.

The long life hypothesis does not change the conclusion of a heavy effect of fishing, but will change the assessment of the results of management measures. In brief, the conclusion is that a very high proportion of the high 1969-70 catches came from the accumulation of many years' production, and that the sustainable yield is small. A long period of protection, perhaps 20 years, would be needed to restore the stock to the level giving the greatest sustained yield. That yield might be quite small, perhaps a yield per recruit of 500 gms, and an average year-class strength of only 1 million fish, i.e. an annual yield of 500 tons.

COMPARISON OF POLICIES

The preceding section gave three alternative hypotheses about the current state of the stocks, and three views of the measures needed to restore the stocks, and their results. To be complete, advice should also look at the effects, under each hypothesis, of different possible policies. The most relevant is a policy of counting the measures agreed at the 1985 Commission meeting, i.e. a closure of directed fishing for Notothenia rossii, and efforts to keep the by-catch at a minimum. This is not a very exact measure, and there are different interpretations of its effect. On one view the distribution of Notothenia and other species is sufficiently distinct, and the efforts of fishermen likely to be so successful, that the by-catch will be negligible. On that view the results will be virtually the same as complete closure. Another view is given by the working party's report, which in Table 4 indicated fishing mortalities in the years 1976 to 1983 (excluding 1980) of 0.2 to 0.6. The only year during this period in which there appears to have been significant directed fishing was 1980, when the table gives $F=2.3$. This suggests that even a fishery directed on other species can exert a very significant effect on Notothenia rossii.

A reasonable assessment would be that the stock cannot maintain itself in the face of incidental catches that inflict a fishing mortality of the magnitude caused by recent non-targeted fishing, and that the stock would decline. The catches obtained under a policy that allowed fishing for other species would therefore decline from the recent level of a few hundred tons. The precise sequence of annual catches will depend on the strength of recent year-classes. If they are indeed as weak as the preliminary figures for the 1979 and 1980 year-classes given in the working group's report, then catches in the next few years will be very low, perhaps one or two hundred tons in total over the next 10 years. If recent year-classes are not quite so bad, say no worse than that of 1978, then cumulative catches will be higher, but with the stocks declining, are unlikely to exceed one or two thousand tons in 10 years.

A more optimistic assessment would be that, provided the incidental mortality was small and towards the bottom range in recent years, i.e. no more than $F=0.1$ or 0.2 , then the stock could sustain it, and recruitment would remain at current levels. If average recruitment is 0.5 million (i.e. the average of 1978 and 1979), and Y/R about 500 gms, this would give sustained yields of 250 tons.

The more pessimistic view is that most of the catches have come from an accumulation of many years' production, and that currently abundance is low. Continuation of fishing for other species will not produce much catch, but will not allow any accumulation. Catches will be very small.

In comparing the results of various policies under different hypotheses it must be remembered that the view taken of the long-term dynamics must be consistent with the view of immediate events. It is therefore possible to tabulate the results according to three basic view-points.

MANAGEMENT OPTION	VIEWPOINT		
	Optimistic	Realistic	Pessimistic
Closure			
Sustainable yield	5,000-	1,750-	500
(tons)	8,000	2,500	
Duration of closure	5 years	10 years	20 years
Transitional yields			
(next 10 years)	25-40,000	Nil	Nil
(years 11-20)	50-80,000	17,500-25,000	Nil
Non-targeted fishing			
Sustained yield	250 tons	Nil	Nil
Transitional yields			
(next 10 years)	2,500	1,000-2,000	100-200
(years 11-20)	2,500	Nil	Nil

COMPARISON OF POLICIES

This tabulation shows that there are considerable doubts over the effects of alternative measures. It may be, on the pessimistic view, that the economic benefits of severe measures are small, and will not occur for a long time. It is also possible, on the optimistic view, that a complete closure would involve foregoing the catches of a few thousand tons over the next few years. However the doubts over the relative advantages of alternative policies are small, the chief uncertainty being the length of time before the long-term advantages of complete closure become apparent. On the central view, it would take only a year after a 10-year closure for total catches from the more conservative policy to exceed those from a policy of allowing non-directed fishing. Optimistically it might take 6-7 years, but pessimistically it might take more than 20 years.

Put another way, the tabulation shows that a complete closure could result in a significant sustainable fishery within less than ten years. It is possible that, if the stock is slow growing and unproductive that the long-term benefits will be small, but in that case the immediate sacrifices in applying a closure will be small. Also in that case, although the economic benefits are small (but positive), the obligations under Article 2 point clearly to a closure.

DISCUSSION

The results presented here suggest that an exploration of the consequences of alternative management policies, under different hypotheses concerning the state of the stocks, can point clearly to the best policy even when there is considerable uncertainty over the state of the stocks. Before treating the method as a general solution to all problems of uncertainty, or the results as specific for the management of Notothenia, some comments are called for.

First, further consideration should be given to the possible range of hypotheses about the Notothenia stock. The central view has been taken largely from the working group's report, together with an analysis of the stock-recruitment relation. The optimistic and pessimistic alternatives are somewhat subjective, and might be considered too extreme or not extreme enough. The point so far as advice from the Scientific Committee to the Commission is concerned is that the extent of the range does not have to be precisely determined, and the choice of range is unlikely to affect the advice much. In practice it may be convenient to consider five hypotheses - three defining the centre and bounds of the range of probable values, within which one hypothesis cannot be distinguished as being significantly more probable than another, and two extreme values, which though unlikely, cannot be rejected entirely.

A second important point is that the present note does not examine the impact on other stocks. The practical objection to a complete closure is the loss of potential catch from other species. The working group's report indicates that these stocks too have been heavily fished, and therefore would be expected to benefit in some way from a period of protection. As in the case of Notothenia the effects will depend on the intensity of exploitation and the life-span. At one extreme, if the stocks are heavily fished and long-lived, a closure for a few years will increase the long-term yield from these species. At the other, a closure for more than a year or two will reduce the total yield from lightly fished or short lived stocks.

Given sufficient information on the other stocks these alternatives can be expressed in the same sort of tabulation as given for Notothenia. These tabulations can be combined to consider the desirable policy, in terms of the fishery as a whole. In doing so it should be remembered that the views of the different stocks are more independent than the short and long-term views of Notothenia. However, if Notothenia is long lived or heavily fished, it would seem more likely than not that the other species are also long lived or heavily fished.

While the information is not sufficient to make a detailed tabulation, it is enough to make a qualitative evaluation of alternative policies under different conditions. On the optimistic view of the Notothenia stock, it is likely that a complete closure would rebuild that stock, and allow fishing to be re-opened before there would be any loss of long-term catch of other species, and indeed possibly with some benefit. If the pessimistic view is correct, however, the economic benefits to the Notothenia fishery will be so small and take so long to arrive that they would almost certainly be exceeded by the losses to the catches of other species, whatever the state of those stocks.

Finally, it must be noted that the tabulation gives the comparison between policies on the presumption that one or other policy is maintained indefinitely. This is highly unrealistic. In practice the results of any policy should be carefully monitored, and adjusted as soon as events do not follow the expected path. CCAMLR may not go as far as has been suggested by e.g. Walters (1984) in setting policies that, while not necessarily giving the highest yield, would generate information from which improved policies could be determined. It must, however, be recognized that all policies are subject to review. Good management plans will include monitoring and other activities required to make the necessary reviews.

SOVIET PROPOSALS FOR A PROGRAM OF ECOSYSTEM MONITORING IN THE COMMONWEALTH
SEA AND PRYDZ BAY

U.S.S.R.

Abstract

A general framework for a joint international CCAMLR Ecosystem Monitoring Program in the Prydz Bay area is proposed. Major components of the program are observations of prey and predator species including agreed indicator species and parameters, as well as environmental conditions. Background studies include hydrological and hydrochemical surveys as well as observations on phytoplankton. It is recommended that all surveys and sampling techniques should be standardized and that all research activities be co-ordinated by participating CCAMLR Members. The overall program should be co-ordinated and supervised by the CCAMLR Scientific Committee.

* * * * *

PROPOSITIONS SOVIETIQUES POUR UN PROGRAMME DE CONTROLE DE
L'ECOSYSTEME DANS LA MER DU COMMONWEALTH ET LA BAIE DE PRYDZ

U.R.S.S.

Résumé

Les grandes lignes d'un programme international en coopération au sein de la CCAMLR et portant sur le contrôle de l'écosystème dans la baie de Prydz ont été proposées. Les éléments principaux du programme consistent en des observations d'espèces proies et prédatrices, y compris les espèces indicatrices et paramètres convenus ainsi que les conditions du milieu. Les études générales comprennent des examens hydrologiques et hydrochimiques ainsi que des observations sur le phytoplancton. Il est recommandé de normaliser toutes les études et techniques d'échantillonnage et que toutes les activités relatives à la recherche soient coordonnées par les membres de la CCAMLR y participant. L'ensemble du programme devrait être coordonné et supervisé par le Comité Scientifique de la CCAMLR.

* * * * *

PROPOSICIONES SOVIETICAS PARA UN PROGRAMA DE CONTROL DEL ECOSISTEMA
EN EL MAR DEL COMMONWEALTH Y EN LA BAHIA PRYDZ

U.R.S.S.

Resumen

Se propone un marco general para un Programa internacional conjunto de Control del Ecosistema CCRVMA en el área de la Bahía Prydz. Componentes principales del programa son las observaciones de especies-presa y de depredadores incluyendo especies indicadoras y parámetros, así como también condiciones ambientales. Los estudios de base incluyen prospecciones hidrológicas e hidroquímicas, así como también observaciones del fitoplancton. Se recomienda que todas las prospecciones y técnicas de muestreo deberían ser estandarizadas y que todas las actividades de investigación deberían ser coordinadas por Miembros participantes de CCRVMA. El programa total debería ser coordinado y supervisado por el Comité Científico de CCRVMA.

* * * * *

ПРЕДЛОЖЕНИЯ СОВЕТСКОГО СОЮЗА ПО ПРОГРАММЕ МОНИТОРИНГА ЭКОСИСТЕМЫ
В МОРЕ СОДРУЖЕСТВА И ЗАЛИВЕ ПРЮДС

СССР

Резюме

Предлагается общая наметка совместной международной Программы АНТКОМ'а по мониторингу экосистемы в районе залива Прюдс. Основными составляющими этой программы являются наблюдение над видами-жертвами и видами-хищниками, включая выделенные виды-индикаторы и параметры, а также наблюдение за состоянием окружающей среды. В программу предварительных исследований входят гидрологические и гидрохимические съемки, а также наблюдения над фитопланктоном. Рекомендуются, чтобы все съемки и техника взятия проб были стандартизованы и чтобы вся исследовательская деятельность была скоординирована участвующими членами АНТКОМ'а. Вся программа в целом должна координироваться и проводиться под наблюдением Научного комитета АНТКОМ'а.

* * * * *

SOVIET PROPOSALS FOR A PROGRAM OF ECOSYSTEM MONITORING
IN THE COMMONWEALTH SEA AND PRYDZ BAY

One of the key requirements for the successful organization and implementation of a monitoring program for a particular region concerns development of a detailed research program co-ordinating the activities of participating CCAMLR members. Given that such a program is developed on the basis of knowledge available on the area, the program should reflect top priority objectives and areas of research which need to be addressed, at both the preliminary and subsequent stages, and should also serve as a guideline for integrating members' efforts. It therefore seems expedient to propose that each member should submit to the Working Group, during the inter-sessional period of 1986/87, preliminary reviews of all available data.

1. GENERAL OBJECTIVES

1. The organization of regular detailed observations of the Prydz Bay ecosystem and that of the Commonwealth Sea as a whole, since this area has been identified as one of the priority areas for ecological monitoring, and E. superba production is the basis for the functioning of the ecosystem.
2. Establishment of structural (qualitative and quantitative) characteristics of the ecosystem components, as well as of functional interactions between them; investigation of the effects of environmental and anthropogenous factors on the functioning of communities (pelagic and bottom-dwelling biocenoses).
3. Establishment of the nature, and assessment of the impact of each particular factor or group of factors on individual components and on the ecosystem as a whole.

2. MAJOR ITEMS OF RESEARCH

The monitoring system is expected to provide adequate assessment of all ecosystem parameters and characteristics. It covers at least three major research directions, the findings of which might then be seen in inter-relation with the application of any particular model. These are:

1. Characteristics of the environment, including both non-biological factors and biological indices (which will provide the basis for relating environmental variables with biological patterns and distributions of species) ;
2. Life-cycle strategies and the production of prey species which determine food availability and accessibility for consumer species (to be determined initially for those species selected as indicators for ecosystem monitoring) ;
3. Life-cycle strategies, spatial and quantitative distribution patterns of predators (i.e. indicator species) related to biological and environmental conditions.

2.1 Background Observations

Detailed oceanographic surveys and standard transects, including those listed in the Soviet proposals (SC-CAMLR-III/INF.11), are envisaged to be regularly conducted with data on physical and chemical parameters of the environment, as well as on phyto- and zooplankton being collected.

Hydrological data should include horizontal and vertical distributions of water temperature and salinity at standard depths. The position of $T_{\max}$ layer, $E_{\max}$, the surface system of geostrophic currents and the position of two or three representative strata, and indices of water mass structure and modifications need to be recorded. It is also necessary to collect data on ice conditions (dynamics of ice distribution, records of pack ice drift, etc). Furthermore, additional oceanographic data useful for monitoring objectives may be collected, if required.

Hydrochemical data should mainly include horizontal and vertical distributions of silicon, phosphorus, nitrites, nitrates, and oxygen at standard depths. Special attention should be given to determination of the Si/P ratio and ammonia-nitrogen (NH_4) concentration as indices of high water bioproductivity.

Plankton data should include spatial and quantitative phyto- and zooplankton distributions.

The total biomass of phytoplankton or the percentage of chlorophyll or C^{14} should be determined, and dominant forms of algae identified.

Zooplankton data should primarily concern dominant copepod forms, as well as those of Coelenterata, Salpae, and Chaetognatha. Records should also be kept of pelagic Polychaeta, Hyperiididae and fish larvae.

On the whole, hydrobiological samples should be used to assess the composition of species and regional distribution differences on the basis of plankton abundance level. Special attention should be given to the differences in the species composition and phenological structure of the community which relate to the different water masses and their modifications.

2.2 Observations on Prey Species

E. superba, E. crystallorophias and Pleuragramma antarcticum were selected as prey species to be monitored in the Commonwealth Sea ecosystem. It should, however, be borne in mind, that P. antarcticum is not only a prey species, but also feeds on fish larvae. Data on prey species should be collected by a standard type of fishing gear. Size composition, physiological status (feeding, reproduction) should be analyzed, and general trends of spatial and quantitative distribution differences identified. Inventory trawls and hydroacoustic surveys for E. Superba should be conducted regularly and the findings presented as recommended by CCAMLR (SC-CAMLR-IV paragraph 5.9).

2.3 Observations on Predator Species, Including those Selected as Indicators

In addition to the above observations, data on higher trophic level organisms in the ecosystem need to be collected. Particular attention should be given to the following selected indicator species : crabeater seal, minke whale and Adelie penguin. Special observations on the distribution and abundance of animals in the open sea and on ice should be conducted, and data on age composition, feeding habits and sex condition should be collected. Regional differences between parameters should be identified.

Observations on other predator species, particularly of avifauna and ice-dwelling seals in the coastal part of the area, should be made in conjunction with the above studies. During investigations on P. antarcticum, information on other Nototheniidae fishes taken in the samples should be collected.

2.4 Preliminary Data Correlation

Data collected during the above observations should be analysed and correlated immediately on board ship, since such operational assessment and progress reporting of the results are useful in identifying further data requirements for more detailed analyses. This is especially true for data on the spatial distribution of physico-chemical characteristics, on phyto- and zooplankton, and on prey and indicator species. The analyses of data is very dependent on the use of standardised fishing gears and methodologies which need to be specifically agreed upon. A list of data collected and, if necessary, the general results of laboratory analyses should be submitted to CCAMLR.

3. AREAS AND TIMING OF RESEARCH ACTIVITIES

The monitoring program of the Commonwealth Sea and Prydz Bay ecosystem has to operate for a long time, since its major objective is to investigate and assess variability in the ecosystem. In so doing, it will be important to present the results of the research findings not only in terms of methodology or activities, but also from the spatial and temporal aspect (by individual sites of the area studied and by seasons).

If the longitudinal boundaries of the region studied are between 55° - 85° E, the latitudinal boundaries in the south will be determined by the coast line, or ice-edge, while in the north, by the winter maximum extent of the drifting ice-edge. During detailed surveys, the northern boundary of the station grid should be north of 60° S.

A standard grid of transects should be set up around the area to be studied in order to collect data according to the three research directions referred to above. The distance between survey transects should not exceed 1° , while that between stations should not exceed 0.5° . To the south of the of influence of the high-latitude modifications of the Commonwealth Sea and Antarctic circumpolar current, there may be cases when the spacing between stations should be less than 0.5° .

Since this region selected for ecosystem monitoring is situated in the Antarctic high-latitude zone, it will be difficult to conduct all-year-round investigations. Even so, it is necessary to have data collected every year for the spring, summer, and autumn seasons and, in particular years, the winter season as well. The total time dedicated to an observation series will depend on the scientific findings obtained each year.

4. PARTICIPANTS OF THE MONITORING PROGRAM OF
THE COMMONWEALTH SEA AND PRYDZ BAY REGION

The investigations which have been conducted by Australia, USSR, France and South Africa are worth continuing, with their principles and objectives being aligned to the monitoring aims specified in documents SC-CAMLR-IV/7 and SC-CAMLR-IV/13. It is also expedient to attract more participating countries, especially for the initial stage of the monitoring program. The sharing of effort between participating countries will be valuable in conducting integrated marine oceanographic, hydrobiological and ichthyological investigations, as well as coastal observations (around continental ice-edges) on predator species (indicators) and certain prey species with respect to ice distribution and drift of pack ice.

All research activities, and the collection and storage of data are to be performed under the supervision and control of the CCAMLR Scientific Committee.

DIRECTED RESEARCH. ANTARCTIC MARINE LIVING RESOURCES (AMLR). A PROGRAM DEVELOPMENT PLAN

Office of Science and Technology,
NMFS, NOAA, U.S. Department of Commerce
(U.S.A.)

Abstract

The U.S. Antarctic Marine Living Resources (AMLR) Program is a national program providing information needed for U.S. policy regarding the conservation and management of the marine living resources in the ocean areas surrounding Antarctica. The program is in support of U.S. participation in the Commission and Scientific Committee of the Convention for the Conservation of Antarctic Marine Living Resources (CCAMLR), which established the system for managing the living resources of the Antarctic ecosystem through international cooperation. U.S. participation is aimed at realization of the Convention's objective relating to the conservation of Antarctic marine living resources.

The Antarctic Marine Living Resources Convention Act of 1984, P.L. 98-623, was signed into law by President Reagan on November 8, 1984, implementing the CCAMLR for the United States. Congress found that directed and basic research programs concerning the marine living resources of Antarctica are essential to achieving the U.S. goal of effective implementation of the objectives under the CCAMLR.

Section 312 of the Act directs, among other things, that :

- "(A) The Director of the National Science Foundation, in consultation with the Secretary of State and the heads of other appropriate departments and agencies of the United States, shall continue to support basic research investigations of the Antarctic marine ecosystem as part of the United States Antarctic Program;
- (B) The Secretary of Commerce, in consultation with the Director of the National Science Foundation, the Secretary of State and the heads of other appropriate Federal agencies, shall design and conduct a program of directed scientific research coordinated with the United States Antarctic Program."

The U.S. Program of directed research is defined by this Program Development Plan.

The presence of large fishing fleets has already contributed to the overexploitation of Antarctic fish stocks. In the 50 years between 1930 and 1980 the populations of blue, fin, sei, and humpback whales are estimated to have been reduced to 10% of their former abundance levels. The recovery of depleted whale stocks is dependent in part on the continued availability of krill in the rich Southern Ocean feeding grounds.

In cooperation with other government agencies and the private sector, the National Marine Fisheries Service (NMFS) of the National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) will develop and implement the AMLR Program, which emphasizes directed research undertaken for the express purpose of providing for the effective conservation of the marine living resources of the Antarctic ecosystem, the primary goal of the CCAMLR. The AMLR Program is intended as a U.S. contribution to joint international research efforts which are being planned and undertaken by the member countries of the CCAMLR, in support of the objectives of the Convention.

The U.S. AMLR Program is designed to complement the U.S. Antarctic Research Program (USARP) of basic research managed by the National Science Foundation (NSF), with the goal of maximizing the productivity of the overall U.S. science effort in Antarctica through close coordination in planning and cooperative work between the two programs, where appropriate.

The principal objective of the United States directed research program is to provide the information needed to detect, monitor and predict the effects of fishing and associated activities on target, dependent, and related species and populations of the Antarctic marine living resources and the ecosystem(s) of which they are a part. Studies in support of AMLR objectives include : (1) assessments of catch, effort, and related biological data to determine and monitor the effects of fishing on both target species and species taken as by-catch during commercial fishing operations; (2) biological surveys to validate the reliability of catch, effort, and related biological data provided by countries engaged in commercial operations in the Convention Area and to assess the effectiveness of conservation measures enacted or contemplated by the Commission on the Conservation of Antarctic Marine Living Resources; (3) baseline surveys and periodic sampling to detect and monitor natural variation and possible harvest-caused changes in key components of the Antarctic marine ecosystem, including plankton, krill, fish, seals,

whales, squid, and seabirds; and (4) planning and implementation of coordinated multinational research programs and experiments to test and develop standard survey techniques, improve knowledge of the structure and dynamics of the Antarctic marine ecosystem, and test hypotheses concerning the direct and indirect effects of different harvest levels and strategies.

The AMLR Program outline in this report projects the charter of a dedicated research vessel capable of operating in Antarctic waters for a period of 180 days each year.

Note : The full text of this paper was published under the above title by the U.S. Department of Commerce in January, 1986.

Original report in English.

* * * * *

RECHERCHE DIRIGEE. FAUNE ET FLORE MARINES DE L'ANTARCTIQUE (AMLR).
PLAN DE DEVELOPPEMENT DU PROGRAMME

Bureau de la Science et de la Technologie
NMFS, NOAA, Ministère américain du Commerce
(ETATS-UNIS)

Résumé

Le Programme Américain de la Faune et la Flore Marines de l'Antarctique (AMLR) est un programme national destiné à fournir les informations nécessaires à la ligne de conduite américaine concernant la conservation et l'aménagement des ressources marines vivantes dans les zones océaniques entourant l'Antarctique. Le programme soutient la participation américaine aux travaux de la Commission et du Comité Scientifique de la Convention sur la Conservation de la Faune et la Flore Marines de l'Antarctique (CCAMLR), responsable de l'établissement du système d'aménagement des ressources vivantes de l'écosystème antarctique par le biais de la coopération internationale. La participation américaine a pour but de réaliser l'objectif de la Convention en ce qui concerne la conservation des ressources marines vivantes de l'Antarctique.

La loi de 1984 traitant de la Convention sur la Conservation de la Faune et la Flore Marines de l'Antarctique (P.L. 98-623) a été signée par le Président Reagan le 8 novembre 1984 faisant entrer en

vigueur les articles de la CCAMLR pour les Etats-Unis. Le Congrès a estimé que des programmes de recherche fondamentale et dirigée concernant les ressources marines vivantes de l'Antarctique étaient essentiels à la réalisation du but des Etats-Unis qui est la mise en oeuvre efficace des objectifs de la CCAMLR.

La Section 312 de la loi stipule, entre autres, que:

"(A) Le Directeur de la Fondation Nationale de la Science, en consultation avec le Secrétaire d'Etat et les responsables des autres ministères et organisations appropriés des Etats-Unis, continuera à offrir son soutien aux études de recherche fondamentale sur l'écosystème marin de l'Antarctique dans le cadre du Programme Antarctique des Etats-Unis; (B) Le Ministre chargé du Commerce, en consultation avec le Directeur de la Fondation Nationale de la Science, le Secrétaire d'Etat et les responsables d'autres organisations fédérales appropriées, concevront et dirigeront un programme de recherche scientifique dirigée en coordination avec le Programme Antarctique des Etats-Unis".

Le programme américain de recherche dirigée est défini par ce plan de développement du programme.

La présence de grandes flottes de pêche a déjà contribué à la surexploitation des stocks de poissons en Antarctique. On estime que de 1930 à 1980, les populations de baleines bleues, à bosses, et de rorquals communs et de Rudolph ont été réduits à 10% de leurs niveaux originaux. Le repeuplement des stocks de baleines décimés est en partie fonction de la présence continue de krill sur les lieux riches en nourriture de l'océan Austral.

En collaboration avec les agences gouvernementales et le secteur privé, le Service National de Pêche Maritime (NMFS) de l'Administration Nationale Océanique et Atmosphérique (NOAA) développera et mettra en vigueur le Programme AMLR qui met l'accent sur la recherche dirigée entreprise dans le but précis de permettre la conservation des ressources marines vivantes de l'écosystème antarctique, objectif principal de la CCAMLR. Le Programme AMLR représente une contribution américaine aux efforts internationaux de recherche en commun prévus et entrepris par les pays membres de la CCAMLR en soutien aux objectifs de la Convention.

Le Programme AMLR américain est conçu de manière à apporter un complément au Programme américain de la Recherche en Antarctique (USARP) de recherche fondamentale géré par la Fondation Nationale de la Science (NSF), et a

pour but d'assurer la productivité optimale de la totalité des efforts scientifiques américains en Antarctique par la collaboration étroite entre les deux programmes sur le plan des projets de travaux et des travaux en commun, le cas échéant.

L'objectif principal du programme de recherche dirigée des Etats-Unis est de fournir les informations nécessaires à la détection, au contrôle et à la prédiction des effets de la pêche et des activités associées sur les espèces cibles, dépendantes et voisines et sur les populations des ressources marines vivantes de l'Antarctique ainsi que sur l'écosystème/les écosystèmes dont ils font partie. Les études menées en soutien aux objectifs du programme AMLR comprennent: (1) des évaluations des données de prise et d'effort et des données biologiques s'y rapportant pour déterminer et contrôler les effets de la pêche à la fois sur les espèces cibles et sur les espèces constituant la prise secondaire lors des opérations commerciales de pêche; (2) des études biologiques pour confirmer la fiabilité des données biologiques et de prise et d'effort fournies par les pays engagés dans des activités commerciales de pêche dans la zone de la Convention et pour évaluer l'efficacité des mesures de conservation mises en oeuvre ou prévues par la Commission pour la Conservation de la Faune et la Flore Marines de l'Antarctique; (3) des études de base et des échantillonnages périodiques pour détecter et contrôler la variation naturelle et les changements éventuels causés par la pêche dans les éléments clés de l'écosystème marin de l'Antarctique, y compris le plancton, le krill, les poissons, les phoques, les baleines, les calmars et les oiseaux de mer; et (4) la préparation et la mise en oeuvre de programmes multinationaux coordonnés de recherche et d'expériences destinés à tester et développer des techniques d'étude standard, approfondir les connaissances sur la structure et la dynamique de l'écosystème marin de l'Antarctique, et vérifier les hypothèses concernant les effets directs et indirects des différents niveaux et stratégies de pêche.

Il est question, dans le cadre du Programme AMLR, d'affrêter un navire de recherche capable de d'opérer dans les eaux de l'Antarctique pendant une période de 180 jours chaque année.

Note : Le texte intégral de ce document a été publié sous le titre ci-dessus par le Ministère américain du Commerce en janvier 1986.

Rapport original en anglais.

* * * * *

INVESTIGACION DIRIGIDA. RECURSOS VIVOS MARINOS ANTARTICOS (AMLR).
UN PLAN DE DESARROLLO DEL PROGRAMA.

Oficina de Ciencia y Tecnología,
NMFS, NOAA, Departamento de Comercio de los EE.UU.
(E.U.A.)

Resumen

El Programa de los Recursos Vivos Marinos Antárticos de los Estados Unidos (AMLR) es un programa nacional que proporciona información para la política de los Estados Unidos con respecto a la conservación y administración de los recursos vivos marinos antárticos en las áreas oceánicas que rodean la Antártida. Este programa respalda la participación de los Estados Unidos en la Comisión y el Comité Científico de la Convención para la Conservación de los Recursos Vivos Marinos Antárticos (CCRVMA), que estableciera el sistema para la administración de los recursos vivos del ecosistema antártico por medio de la cooperación internacional. La participación de los Estados Unidos tiene por objeto la realización de los objetivos de la Convención con respecto a la conservación de los recursos vivos marinos Antárticos.

El Acta de 1984, P.L. 98-623, de la Convención de los Recursos Vivos Marinos Antárticos, fue decretada ley por el Presidente Reagan el 8 de noviembre de 1984, implementando la CCRVMA para los Estados Unidos. El Congreso consideró que los programas de investigación dirigida y básica, pertinentes a los recursos vivos marinos de la Antártida son esenciales para el logro de la meta de los Estados Unidos que consiste en la implementación efectiva de los objetivos de CCRVMA.

La Sección 312 del Acta indica, entre otras cosas, que:

"(A) El Director de la Fundación Nacional de Ciencias (National Science Foundation), en consulta con el Secretario de Estado y los directivos de otros departamentos y agencias competentes de los Estados Unidos, continuarán respaldando las operaciones de investigación básica del ecosistema marino de la Antártida como parte del Programa Antártico de los Estados Unidos;

(B) El Secretario de Comercio, en consulta con el Director de la Fundación Nacional de Ciencia, el Secretario de Estado y los directivos de otras agencias Federales competentes, diseñarán y conducirán un programa de investigación científica dirigida, en coordinación con el Programa Antártico de los Estados Unidos."

El Programa de investigación dirigida de los Estados Unidos se define por este Plan de Desarrollo del Programa.

La presencia de grandes flotas pesqueras ya ha contribuido a un exceso de explotación de las reservas de peces antárticos. Durante los cincuenta años de 1930 a 1980, se calcula que las poblaciones de las ballenas azules, rorcuales comunes, rorcuales negros, y ballenas jorobadas se habían reducido a un 10% de sus niveles de abundancia originales. La mejora de las reservas de ballenas agotadas depende en parte de la continua disponibilidad de krill en las zonas ricas en alimentación del Océano Austral.

El Servicio Nacional de Pesca Marina (NMFS) de la Administración Nacional Oceánico-Atmosférica (NOAA), en cooperación con otras agencias gubernamentales y el sector privado, desarrollará e implementará el Programa AMLR, que resalta la investigación dirigida emprendida con el propósito específico de proveer para la conservación de los recursos vivos marinos del Ecosistema Antártico, la meta primordial de CCRVMA. El Programa AMLR viene a ser la contribución de los Estados Unidos en los esfuerzos internacionales conjuntos de investigación que se están planeando y llevando a cabo por los países miembros de la CCRVMA, respaldando a los objetivos de la Convención.

El Programa AMLR de los Estados Unidos está diseñado para complementar el Programa de Investigación Antártica de los Estados Unidos (USARP) de investigación básica, administrado por la Fundación Nacional de Ciencias (NSAF), con el objetivo de elevar al máximo la productividad del esfuerzo científico total de los Estados Unidos en la Antártida, por medio de una estrecha coordinación en el planeamiento y del trabajo cooperativo entre los dos programas.

El objetivo principal del programa de investigación dirigida de los Estados Unidos es proporcionar la información necesaria para detectar, controlar y pronosticar los efectos de la pesca y actividades relacionadas, en las especies objetivo, dependientes y afines y en las reservas de los recursos vivos marinos Antárticos, así como también en el(los) ecosistema(s) del(de los) cual(es) forman parte. Los estudios que respaldan los objetivos de AMLR incluyen: (1) evaluaciones de la captura, esfuerzo, y datos biológicos relacionados para determinar y controlar los efectos de la pesca en tanto las especies objetivo como a las especies que son capturadas por accidente durante las operaciones de pesca comercial; (2) las prospecciones biológicas

para confirmar la fiabilidad de la captura, esfuerzo y datos biológicos afines proporcionados por los países que se dedican a las operaciones comerciales en el Area de la Convención y para evaluar la efectividad de las medidas de conservación aprobadas o consideradas por la Comisión para la Conservación de los Recursos Vivos Marinos Antárticos; (3) prospecciones de base y muestreos periódicos para detectar y controlar la variación natural y los posibles cambios causados por la recolección en los componentes claves del ecosistema marino Antártico, incluidos el plancton, krill, peces, focas, ballenas, calamar, y aves marinas; y (4) el planeamiento e implementación de los programas y experimentos multinacionales coordinados de investigación para examinar y desarrollar técnicas de prospección normales, mejorar el conocimiento de la estructura y dinámica del ecosistema marino antártico, y para examinar la hipótesis con relación a los efectos directos e indirectos de los distintos niveles y estrategias de recolección.

La reseña del Programa AMLR en este informe planea la contratación de una embarcación dedicada a la investigación con la capacidad de operar en las aguas antárticas por un período de 180 días cada año.

Nota : El texto completo de este documento fue publicado bajo el título susodicho por el Departamento de Comercio de los EE.UU. en enero de 1986.

Informe original en inglés.

* * * * *

ЦЕЛЕНАПРАВЛЕННЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ. МОРСКИЕ ЖИВЫЕ РЕСУРСЫ АНТАРКТИКИ (AMLR). ПЛАН РАЗРАБОТКИ ПРОГРАММЫ.

Управление по вопросам науки и технологии,
NMFS, NOAA, Министерство торговли США
(США)

Резюме

Программа США по вопросу морских живых ресурсов Антарктики (AMLR) - национальная программа, предоставляющая необходимую информацию для разработки политики США в области сохранения и управления морскими живыми ресурсами в сопредельных с Антарктидой акваториях. Эта программа также направлена на обеспечение участия США в работе Комиссии и Научного комитета - органов Конвенции о

сохранении морских живых ресурсов Антарктики (CCAMLR), создавшей путем международного сотрудничества систему управления живыми ресурсами экосистемы Антарктики. Участие США направлено на проведение в жизнь цели Конвенции, имеющей отношение к сохранению морских живых ресурсов Антарктики.

Закон 1984 г. о Конвенции по морским живым ресурсам Антарктики, P.L. 98-623, был подписан президентом Рейганом и вступил в действие 8 ноября 1984 г., обязывая, таким образом, Соединенные Штаты выполнять положения Конвенции. Конгресс пришел к выводу, что программы целенаправленных и основных исследований, касающиеся морских живых ресурсов Антарктики, необходимы для достижения цели США - эффективного выполнения задач, поставленных Конвенцией.

Статья 312 Закона предписывает, помимо прочего, что

- "(А) Директор Национального научного фонда в консультации с государственным секретарем и главами других заинтересованных министерств и учреждений Соединенных Штатов должен продолжать оказывать поддержку входящей в Антарктическую программу Соединенных Штатов основной научно-исследовательской работе по изучению морской экосистемы Антарктики;
- (В) Министр торговли в консультации с директором Национального научного фонда, государственным секретарем и главами других заинтересованных федеральных учреждений должен разработать и провести программу целенаправленных научных исследований, согласованных с Антарктической программой США".

Программа целенаправленных исследований США обуславливается следующим Планом разработки программы.

Присутствие крупных рыболовных флотилий уже вызвало чрезмерную эксплуатацию запасов антарктических рыб. Предполагается, что за 50 лет, между 1930 и 1980 гг., популяции синих

китов, финвалов, сейвалов и китов-горбачей сократились до 10% их первоначальной численности. Восстановление истощенных запасов китов зависит частично от продолжающейся доступности криля в богатых питанием районах Южного океана.

Национальная служба морского промысла (NMFS) Национального управления по океану и атмосфере (NOAA) в сотрудничестве с другими правительственными учреждениями, а также с частным сектором, разработает и внедрит Программу AMLR, делающую упор на целенаправленные исследования, предпринимаемые специально с целью обеспечения эффективного сохранения морских живых ресурсов экосистемы Антарктики, что и является основной задачей Конвенции. Программа AMLR задумана как вклад США в проведение совместных международных программ исследований, которые планируются и проводятся странами-членами АНТКОМ'а в поддержку целей Конвенции.

Программа AMLR США составлена таким образом, чтобы дополнять основные работы Программы антарктических исследований США (USARP), проводящейся под руководством Национального научного фонда (NSF) с целью извлечения максимальной пользы от выполняемых США научных работ в Антарктике путем четкой координации в планировании и сотрудничества между двумя программами, где это целесообразно.

Основной целью программы целенаправленных исследований Соединенных Штатов является обеспечение информации, необходимой для обнаружения, мониторинга и предвычисления воздействия промысла и связанной с ним деятельности на объекты лова, а также зависящие от них и связанные с ними виды и популяции, входящие в состав морских живых ресурсов Антарктики и являющиеся частью ее экосистемы. Работы, проводящиеся для выполнения целей программы AMLR, включают:

(1) оценку данных по улову и усилиям, а также связанных с ними биологических данных, с целью определения и мониторинга воздействия промысла как на объекты лова, так и на виды, входящие в состав прилова при проведении коммерческих промысловых операций; (2) биологические съемки для подтверждения достоверности данных по улову и усилиям, а также связанных с ними биологических данных, представляемых странами,

которые проводят коммерческие операции в зоне действия Конвенции, и для определения эффективности мер по сохранению, введенных или рассматриваемых Комиссией по сохранению морских живых ресурсов Антарктики; (3) съемки для сбора основных данных и периодическое взятие проб с целью обнаружения и мониторинга естественной изменчивости и возможных изменений, вызываемых промыслом, в ключевых компонентах морской экосистемы Антарктики, включая планктон, криль, рыб, тюленей, китов, кальмаров и морских птиц; и (4) планирование и выполнение скоординированных международных программ исследований и экспериментов, нацеленных на проверку и разработку стандартного метода проведения съемок, расширение знаний о структуре и динамике морской экосистемы Антарктики и проверку гипотез относительно прямого и косвенного воздействия различных уровней и стратегий лова.

Описанная в этом отчете Программа AMLR предполагает фрахтование научно-исследовательского судна, которое занималось бы исключительно исследованиями по этой программе и было бы способно оперировать в водах Антарктики ежегодно в течение 180 дней.

Примечание: Полный текст настоящего документа был опубликован под вышеуказанным заголовком Министерством торговли США в январе 1986 г.

Оригинал : Английский

* * * * *