

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.<sup>+</sup>

### 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,<sup>+</sup> исходные данные и результаты

---

<sup>+</sup> Подробности фиксируют в журнале гидроакустических измерений.

<sup>+</sup> 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, промерочные 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 криля 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 4<sup>0</sup>С. 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

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

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

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

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

$$C = \frac{3,43W}{C_{\text{эа}} K_{\text{а}} \frac{6}{4\pi} \Psi} = \frac{413,43 \cdot 0,65}{6,6 \cdot 10^6 \cdot 0,9 \cdot 4,2 \cdot 10^{-6} \cdot 2,7 \cdot 10^{-3}} = 414 \text{ т/миля}^2.$$

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" ( $\rho$ ) и "Вальтер Хервиг" ( $\rho'$ ), представлено на рис. 7. Уравнение регрессии имеет вид

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

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/Ш 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 <sup>2</sup> , $\times 10^{-6}$	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 <sup>2</sup>	От 145 до 275			
Число отсчетов показаний интегратора $m_i$	41	33	17	91
Среднее значение плотности $i$ , т/миля <sup>2</sup>	69	199	310	
Дисперсия значений плотности $D_i$ , (т/миля <sup>2</sup> ) <sup>2</sup> , $\times 10^3$	2,27	3,71	1,62	
Площадь $s_i$ , миля <sup>2</sup>	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

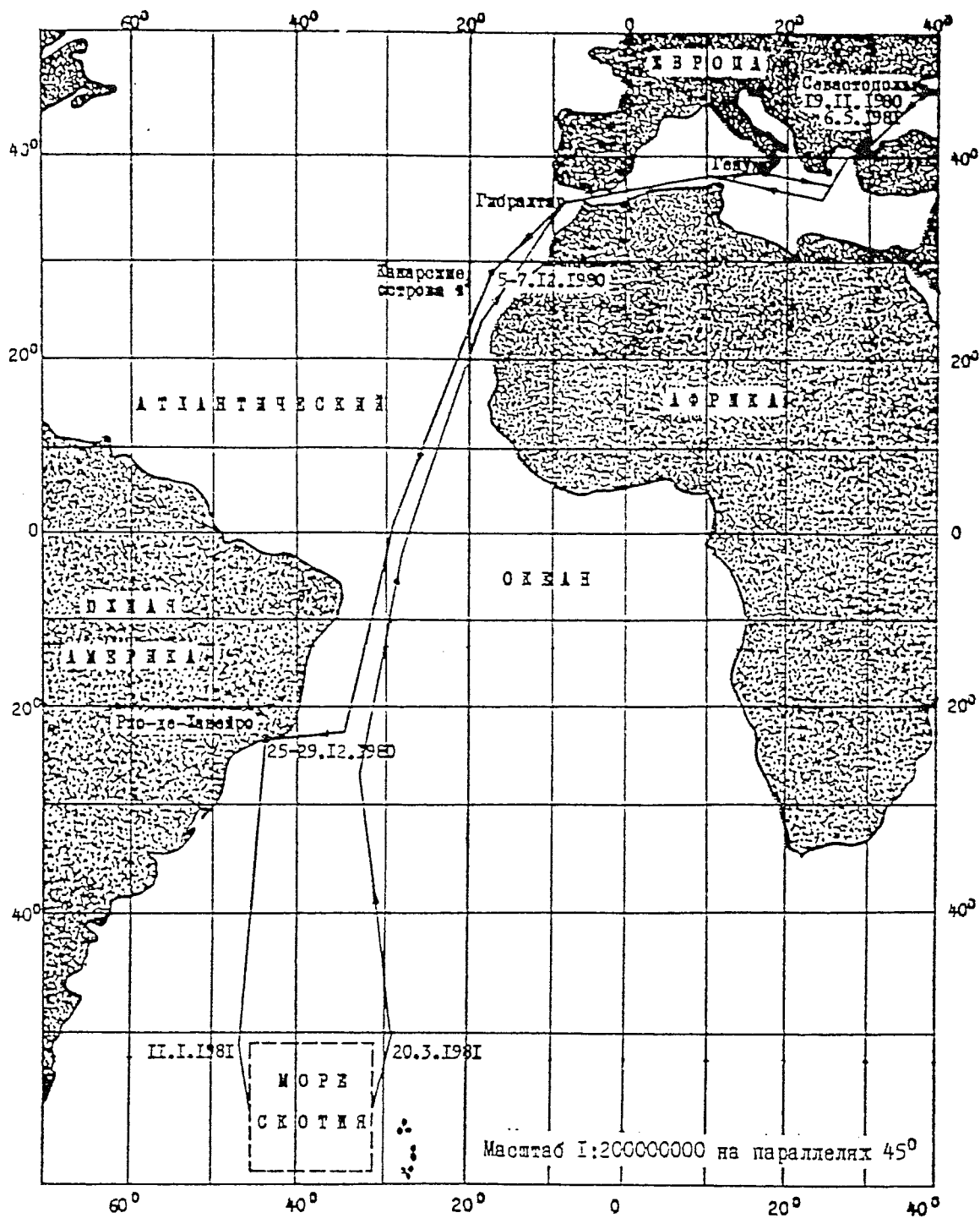


Рис.1 Маршрутная схема рейса

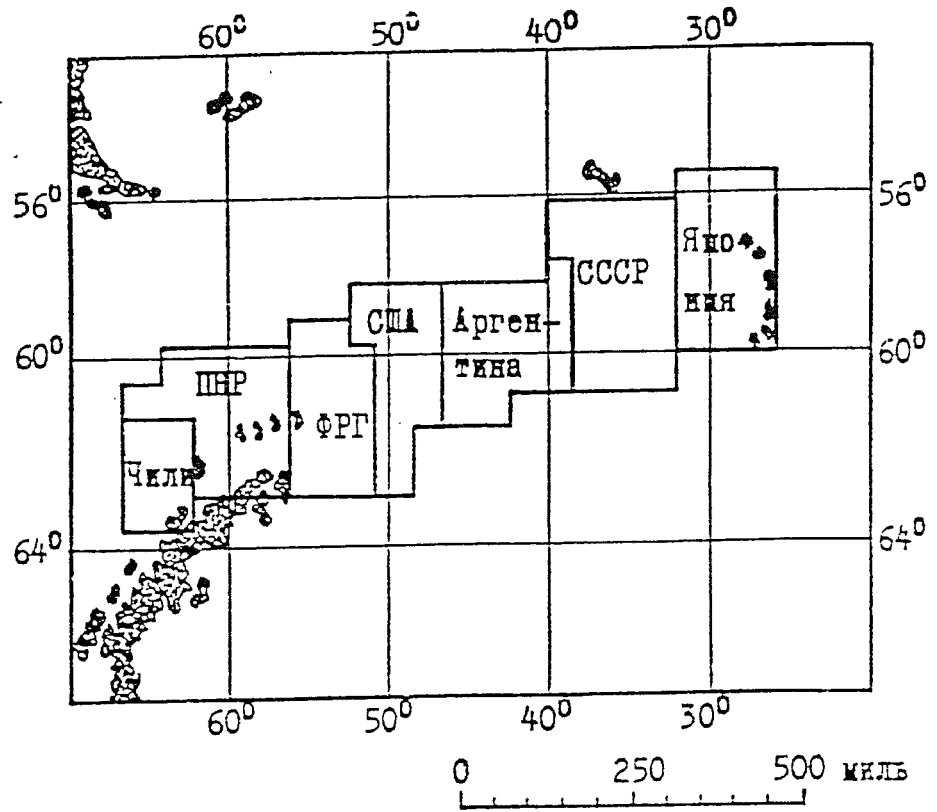


Рис.2 Полигоны работы по международной программе ФАЙБЕКС

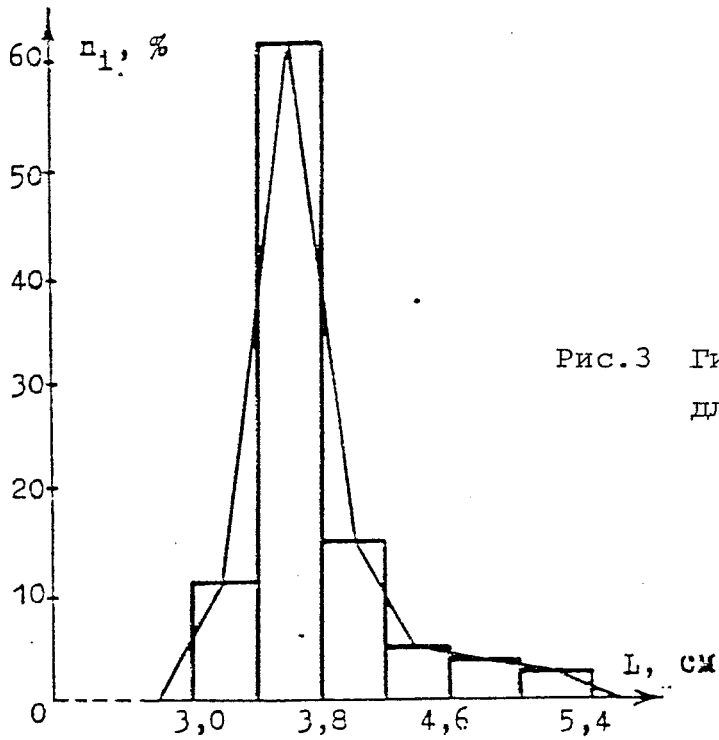


Рис.3 Гистограмма распределения длин особей Антарктического криля

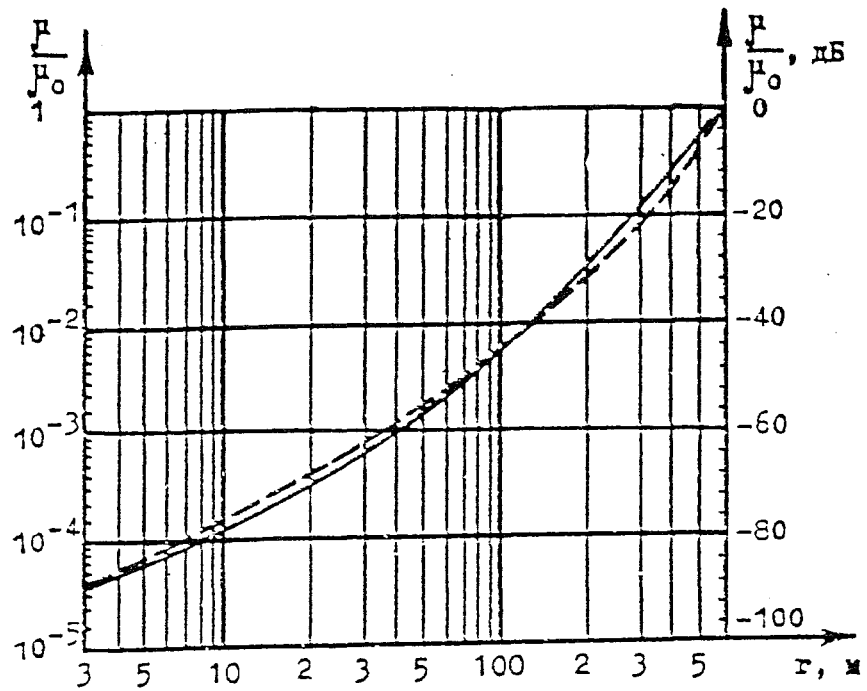


Рис.4 Характеристики ВАРУ  
/--- расчетная, ——— измеренная /

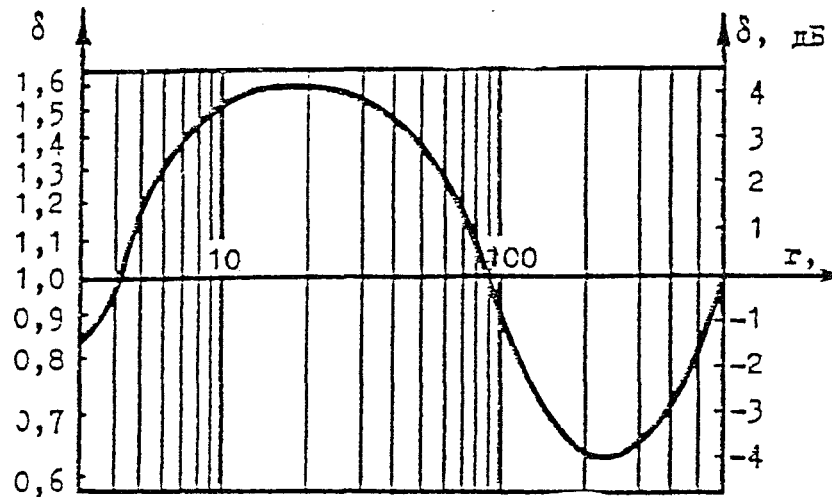


Рис.5 Кривая поправочного коэффициента

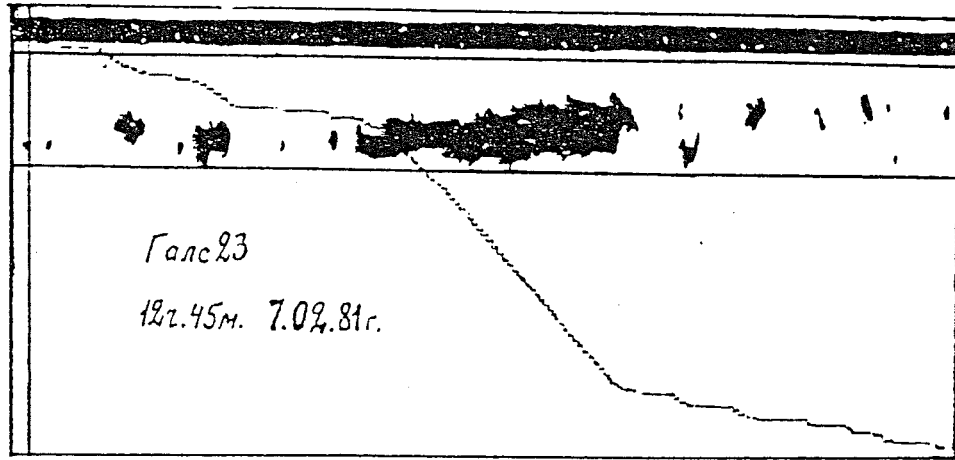


Рис. 6 Эхограмма Антарктического криля

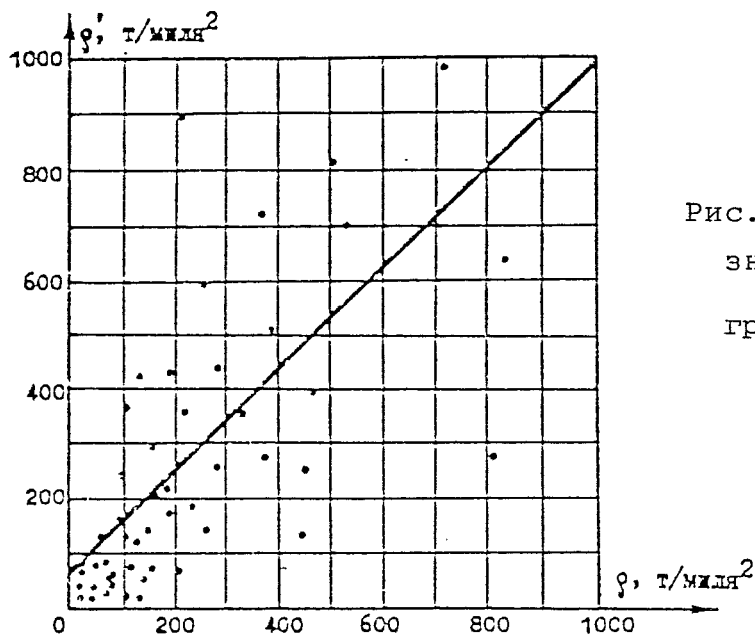


Рис. 7 Поле корреляции значений плотности и график уравнения регрессии





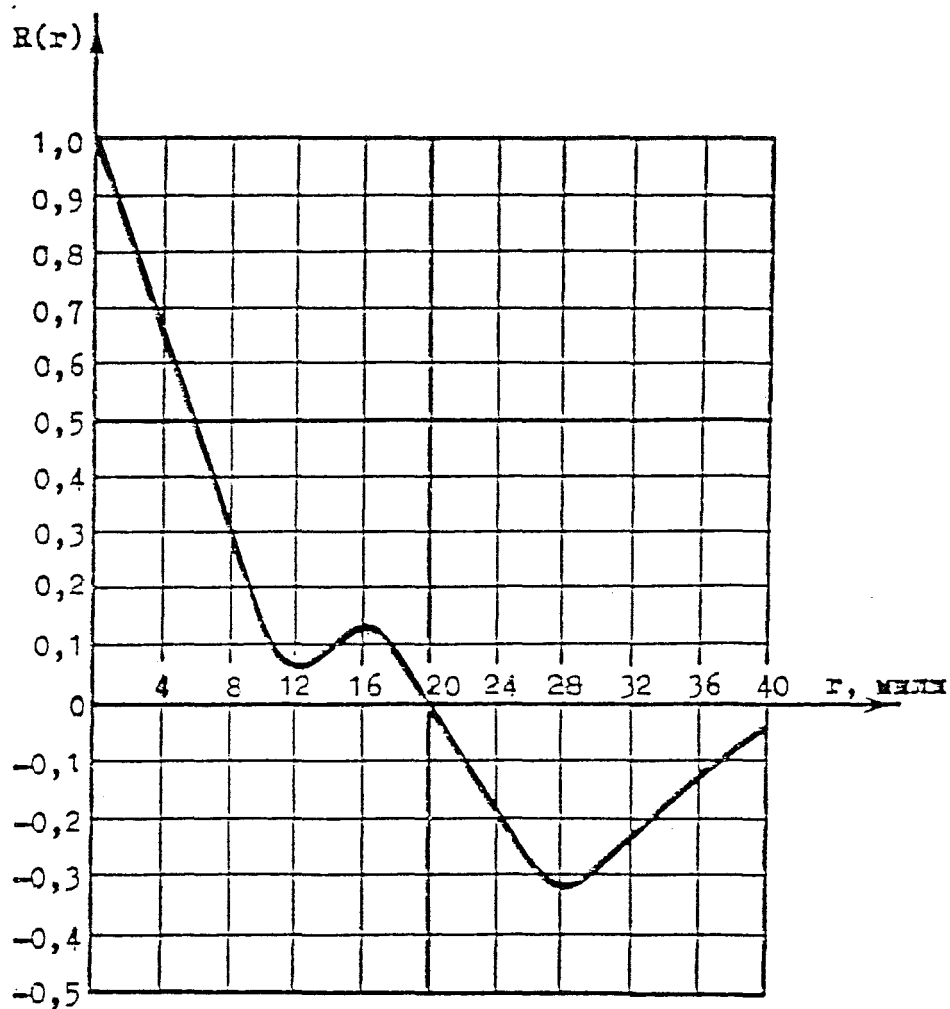


Рис. 9    Функции корреляции значений плотности скоплений Антарктического криля

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 (b) 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.