

УДК 577.472(261):591.148:574.52:577.3:534

## МЕТОД БИОФИЗИЧЕСКОЙ ЭКСПРЕСС-ОЦЕНКИ ПРОСТРАНСТВЕННОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ И БИОМАССЫ СКОПЛЕНИЙ АНТАРКТИЧЕСКОГО КРИЛЯ

Ю.Н. Токарев, В.И. Василенко, Б.Г. Соколов, В.Ф. Жук, Д.Я. Слипецкий

ИнБИОМ НАН Украины, 99011, Севастополь, пр. Нахимова, 2  
[tokarev@ibss.iuf.net](mailto:tokarev@ibss.iuf.net) / FAX: (0692) 59-78-13

**Реферат.** В период 7-ой украинской антарктической экспедиции разработан и апробирован метод экспресс-оценки особенностей пространственного распределения и биомассы популяций антарктического криля (*Euphausia superba* Dana). В основе метода лежит использование амплитудных характеристик биофизических (биолюминесцентного и акустического) полей. Гидроакустический поиск и регистрация скоплений криля в верхнем 200-м слое применялся в дрейфе и на ходу судна с использованием аппаратных комплексов "Скат" и "Планктон-3". Параллельно в дрейфе судна использовали метод многократного биолюминесцентного зондирования фотического слоя с помощью аппаратного комплекса "Сальпа". Это позволило уточнить систематическую принадлежность выявленных гидроакустическим методом скоплений объектов и более точно оценить характер пространственных распределений светящегося планктона. Приведены примеры реализации разработанной методики в Антарктическом секторе Атлантики.

**Метод біофізичної експрес-оцінки просторового розподілу і біомаси скупчень антарктичного криля.** Ю.Н. Токарев, В.И. Василенко, Б.Г. Соколов, В.Ф. Жук, Д.Я. Слипецкий

**Реферат.** Під час 7-ї української антарктичної експедиції розроблено і апробовано метод експрес-оцінки особливостей просторового розподілу і біомаси популяцій антарктичного криля (*Euphausia superba* Dana). Метод базується на використанні амплітудних характеристик біофізичних (біолюмінесцентного і акустичного) полів. Гідроакустичний пошук і реєстрація скупчень криля у верхньому 200-м шарі застосовувались під час дрейфу і руху судна з використанням апаратних комплексів "Скат" і "Планктон-3". Паралельно під час дрейфу використовувався метод багаторазового біолюмінесцентного зондування фотичного шару за допомогою апаратного комплексу "Сальпа". Це дозволило уточнити систематичну належність виявлених гідроакустичним методом скупчень об'єктів і більш точно оцінити характер просторового розподілу планктону, який світиться. Наведені приклади реалізації розробленої методики в Антарктичному секторі Атлантики.

**Method of Biophysical Express-estimation of the Abundance, Biomass and Spatial Distribution of the Antarctic Krill Population** by Yu. N. Tokarev, V.I. Vasilenko, B.G. Sokolov, V.F. Zhuk, D.Ya. Slipetsky

**Abstract.** The new method of express-estimation of the Antarctic krill (*Euphausia superba* Dana) spatial distribution and biomass has been worked out and tested during the 7-th Antarctic Ukrainian scientific expedition. The method is based on the amplitudinal characteristics of the biophysical (bioluminescence and acoustic) fields. The hydroacoustical search and registration of krill population in the upper 200-m layer was used on drift and vessel moving using the apparatus complexes "SKAT" and "PLANKTON-3". Simultaneously the method of multiple bioluminescence sounding of the euphotic layer (0-100 m) by hydrobiophysical complex "SALPA" was used. This permit to was used to specify systematic affiliation of the hydroacoustically revealed objects accumulations and evaluate more correctly the luminous plankton spatial distribution. Some examples of the method application in the Antarctic sector of Atlantic are given.

**Key words:** bioluminescence, acoustic, Antarctic krill, abundance, biomass

### 1. Введение

Изучению биологии Антарктического криля (*Euphausia superba* Dana), учитывая важное промышленное значение этого вида, посвящена достаточно обширная литература (Самышев, 1991; Самышев, 2000; Савич, 2002). Однако его поведенческие реакции (особенно при формировании скоплений) изучены недостаточно, несмотря на некоторые важные результаты, достигнутые в этом направлении (Помозов, 2002). В частности, было показано, что скопления криля на глубинах до 180 м имеют сложную пространственную структуру, зависящую от горизонта локализации,

вертикальных градиентов гидрологических и гидрофизических параметров, времени суток, освещенности и т.д. (Помозов, 2002). Между тем, как было показано нами ранее (Токарев, 2001; Токарев и др., 2002) пространственная агрегированность зоопланктонных организмов, в том числе криля, оказывается важнейшим элементом функционирования планктонного сообщества, определяющим трансформацию вещества и энергии по пищевым цепям в пелагической экосистеме и ее продуктивность. Трудно переоценить, в частности, актуальность для рыболовной промышленности задачи оперативной, возможно более точной оценки структурированности в пространстве скоплений криля и их биомассы.

Поэтому перед группой участников 7-й Украинской антарктической экспедиции (УАЭ) из Института биологии южных морей НАН Украины была поставлена задача: разработать метод дистанционно-контактной инструментальной оценки пространственной структуры и биомассы скоплений криля в море Скотия и прилегающих регионах. В связи с известными ограничениями, которые накладываются при изучении пространственной структуры и временной изменчивости пелагических сообществ используемые классической гидробиологией орудия лова (Kils, 1992; Skjoldal et al., 2000), для решения поставленной задачи применены апробированные в ряде районов Мирового океана биофизические методы изучения биотических характеристик пелагиали (Гительзон и др., 1993; Битюков и др., 1996; Токарев и др., 1999; Green et al., 1992; Widder, 1993).

## 2. Методы исследований и материалы

Комплексные исследования в 7 - ой УАЭ планировались на акваториях с высокой биологической продуктивностью, которые охватывают пролив Брансфилда, южные части пролива Дрейка и моря Скотия, а также в северо-западной части моря Уэдделла. В этом районе проходят основные пути миграции криля и формируется важная в промысловом отношении область, которая ограничена с севера фронтом моря Скотия, с юга – фронтом моря Уэдделла (рис. 1).

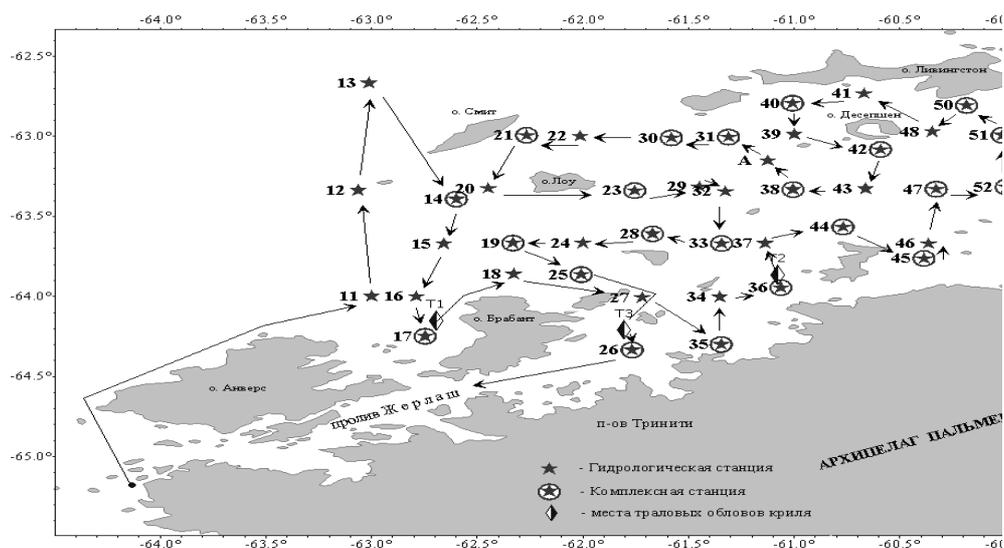


Рис.1. Схема проведения гидробиофизических исследований на станциях океанографического полигона в районе пролива Брансфилд.

Район исследований характеризуется сложной топографией дна (наличие большого количества островов, поднятий и впадин) и гидрологической обстановкой (в этом районе располагается западная периферия обширной зоны слияния с одной стороны вод моря Уэдделла, с другой – вод морей Беллинсгаузена и Скотия), которые оказывают значительное влияние на стратификацию гидрологических и биологических параметров. Здесь формируется западный участок Фронта моря Уэдделла и соответствующие ему течения выносят молодую криль из шельфовых районов в крупномасштабные ветви Антарктического циркумполярного течения, которые переносят криль далеко на восток в район Южных Оркнейских островов и далее к Южной Георгии.

Поиск криля осуществлялся с использованием гидроакустического комплекса "Скат-Планктон", разработанного в ИнБЮМ НАН Украины и предназначенного для работы с гидроакустическими системами вертикального действия в диапазоне частот 10-200 кГц (Токарев и др., 2002). Для оценки биомассы скоплений криля весь район исследований покрыли сеткой галсов. Регистрация эхосигналов осуществлялась двумя комплексами «СКАТ» на двух частотах:

а) с использованием излучателя судового эхолота с рабочей частотой 169кГц и периодом посылки 0,6 с. Запись осуществлялась с осреднением 10 посылок, т.е. каждые 6 секунд.

б) с использованием излучателя комплекса «Планктон – 2», располагающимся на выносной штанге. Рабочая частота 80 кГц и период посылки 1 с. Запись осуществлялась с осреднением по 5 посылкам, т.е. каждые 5 секунд.

Каждую запись выполняли на прямолинейных участках по галсу и переходах между станциями с фиксацией текущих координат. Выбранные нами для гидроакустических исследований частоты (169 и 80 кГц) оказались оптимальными для работ в Антарктическом бассейне, учитывая близость эквивалентного диаметра резонансного рассеивания на частоте 80 кГц (1,875 см) размерам одиночных рассеивателей в этом регионе, а также возможность работы на ходу судна в диапазоне верхнего продуктивного слоя (0-200 м).

Комплекс "Скат" работал в режиме программного обмена с ЭВМ в цифровом виде и с разрешением 1 м по глубине регистрировал эхосигналы без помех при волнении моря 6-7 баллов при скорости судна 13 узлов с отображением на экране цветного монитора эхограммы в реальном и отложенном масштабах времени. Объем собранного при акустических измерениях материала оказался достаточным для выполнения поставленной задачи (табл. 1).

Таблица 1. Объем материала по акустическим измерениям 7-ой УАЭ (декабрь 2001 – май 2002г.)

Район исследований	Дата	Число зондов	Кол-во пройденных миль с записью СООРЗ
Полигон в проливе Брансфилд	08.03 - 18.03.2002	124516	674
Полигон у о. Кинг-Джорж	23.03.2002	9572	103
Полигон в лагуне о. Десепшен	21.03 - 22.03.2002	6191	

Для уточнения пространственной структуры обнаруженных скоплений криля использовали метод многократных вертикальных измерений (зондирований) интенсивности биолюминесценции в фотическом слое с помощью гидробиофизического комплекса «Сальпа» (Vasilenko et al., 1997). Зондирование производилось при спуске прибора со скоростью 1,5м·с<sup>-1</sup>. При многократных зондированиях, которые выполнялись с интервалом 4 минуты, вертикальные профили биолюминесценции располагались на расстоянии 20-80 метров в зависимости от скорости ветрового дрейфа судна. При вводе полученной информации в ЭВМ величину биолюминесценции, электропроводности, температуры определяли для каждого последующего одно-метрового слоя и формировали матрицы двухмерной картины поля биолюминесценции, солености и температуры.

Работы были начаты 9 марта 2002 г. на ст.14 (рис. 1). Всего было выполнено 30 станций, из них 15 ночных. Получено по 183 синхронных профилей биолюминесценции, солености и температуры. По стандартным методикам (Киселев, 1969) собрано 55 сопутствующих батометрических проб для определения видового состава и численности фитопланктона.

Для оценки запасов криля, определения его размерного состава, весового диапазона и упитанности в настоящей экспедиции были выполнены три траловых лова (рис. 1) тралом Айзекса-Кидда в модификации Самышева-Мамаева (АКСМ) с входным отверстием  $6,0 \text{ м}^2$ , длиной 18 м, безузловая дель ячеей 3 мм (Самышев, 2000). К сожалению, принятая в данном рейсе схема траления при движении судна кормой вперед не обеспечивала достаточную точность выхода на обнаруженные скопления, поскольку движение судна задним ходом с тралом проходило фактически по кругу диаметром около 50 м. Однако благодаря комплексности проводимых исследований неизбежную ошибку измерений удалось минимизировать.

### 3. Анализ результатов исследований

Во время наблюдений криль формировал плотные скопления различной формы протяженностью до 6 миль. Часто наблюдался также стайный тип распределения. Глубина расположения скоплений колебалась в пределах 10–70 м, а их высота составляла от 5 до 50 м. В ночное время иногда криль концентрировался у поверхности, а на глубинах до 60 м его отдельные скопления регистрировались редко.

На рис. 2 представлены фрагменты эхограмм, полученных при одном из тралений крилевых скоплений (линией обозначена траектория движения трала), а на рис. 3 - фрагмент эхограммы, полученной комплексом «СКАТ» в ночное время в районе пролива Жерлаш и 3-х мерное изображение зарегистрированного скопления.

Данные проведенных параллельно многократных зондирований комплексом «Сальпа» показали существования тонких слоёв повышенной концентрации светящегося планктона, визуализирующихся по расположению максимумов биолюминесценции на большинстве станций исследованного региона. Топография слоев повышенной светимости соответствовала максимальным градиентам полей солености или температуры. На рис. 4 приведено 3-х мерное пространственное распределение интенсивности биолюминесцентного потенциала фотического слоя в регионе тралений. Несмотря на низкий средний уровень биолюминесценции, отдельные всплески превышали здесь средние величины биолюминесценции на два порядка и находились в диапазоне значений от  $491 \cdot 10^{-12} \text{ Вт} \cdot \text{см}^2 \cdot \text{л}^{-1}$  до  $644 \cdot 10^{-12} \text{ Вт} \cdot \text{см}^2 \cdot \text{л}^{-1}$  (рис. 4). С учётом известного для этого региона видового состава планктонного сообщества это, несомненно, свидетельствует о принадлежности светоизлучения такой интенсивности организмам антарктического криля.

Выполнение комплексной биофизической и гидробиологической съёмок позволило достаточно точно определить пространственную структуру скоплений криля и разработать алгоритмы оценки их биомассы. Исходными данными для обработки результатов эхо-съёмки являлись матрицы кодов эхограмм с рассчитанными значениями интенсивностей для 1 м слоя.

Для этого на первом этапе обработки выполнялась корректировка оператором рассчитанных значений интенсивностей силы обратного объемного рассеяния звука (СООРЗ). Она заключалась в визуальном контроле рабочих эхограмм и исключении из суммарной интенсивности «небиологических» показаний, т.е. попавших в диапазон интегрирования шумов, помех от других параллельно работающих приборов, отраженных от дна эхосигналов и т.д.

Для расчетов биомассы криля использовался метод эхо-интегрирования, основой которого является линейная зависимость между плотностью данного скопления рассеивателей «р» и суммарной энергией эхосигналов «М» от этого скопления. Вычисленная величина М за  $n_{зан}$

посылок приводилась к режиму съёмки, т.е. вычислялся интеграл М для количества посылок  $n_L$  за

интервал измерений в 1 милоу. При этом осуществлялась привязка выдаваемых картопрокладчиком GPS координат к каждому интервалу измерений.

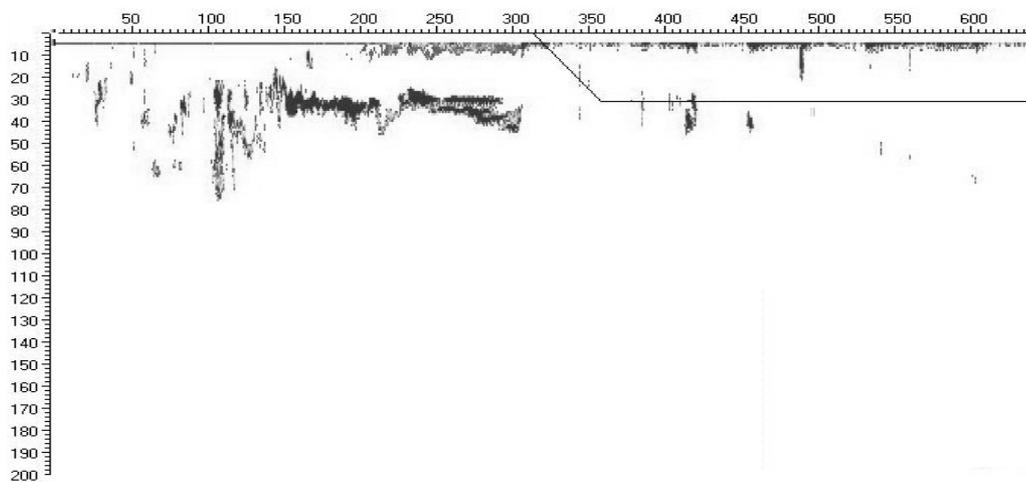


Рис. 2. Фрагмент эхограммы траления №2 скоплений криля.

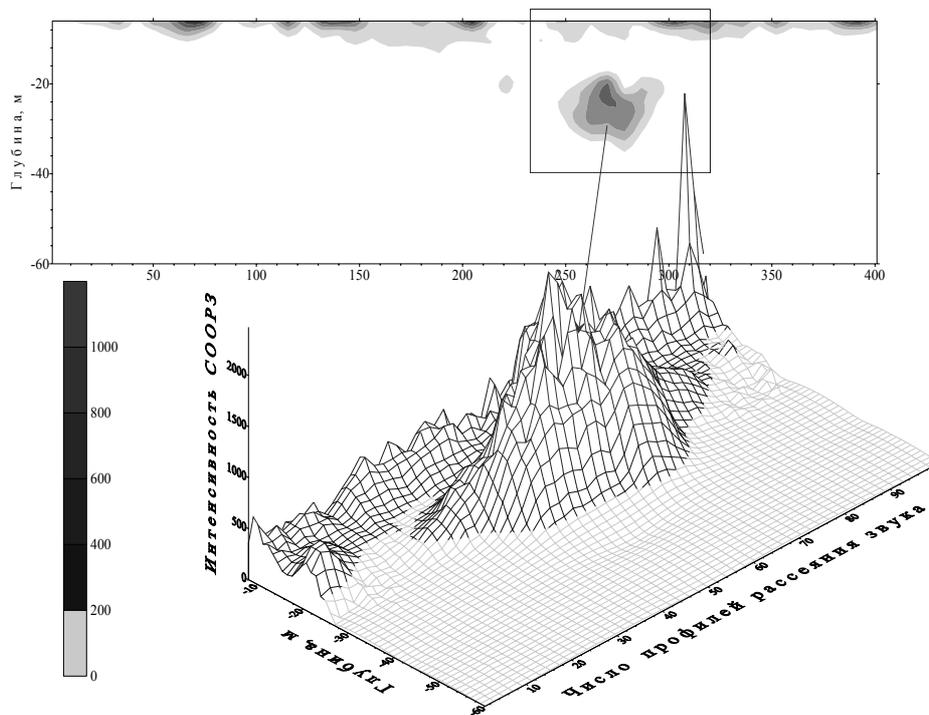


Рис. 3. Фрагмент эхограммы, записанный комплексом «СКАТ» 19 марта 2002г. в ночное время в районе пролива Жерлаш и его 3-х мерное изображение.

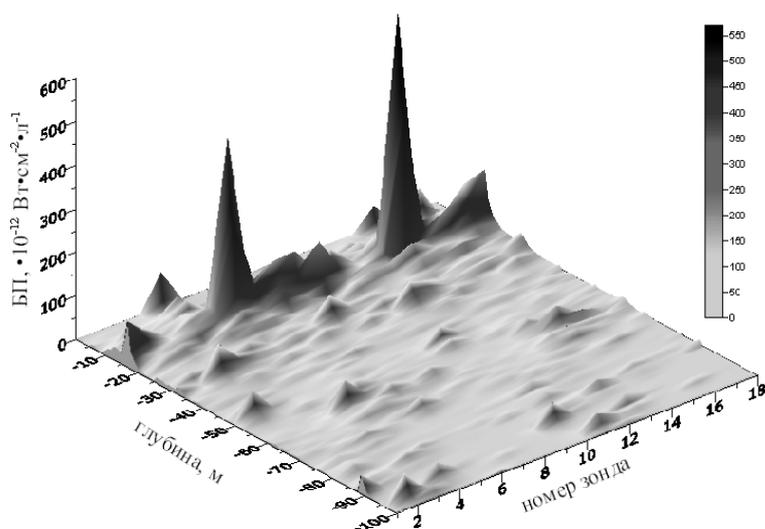


Рис. 4 3-х мерное пространственное распределение интенсивности биолюминесцентного потенциала (БП) фотического слоя в регионе тралений.

По результатам калибровки комплекса эталонной сферой по формуле 1 производилось преобразование матрицы кодов в матрицу силы цели  $S_v$  (COOP3) с учетом увеличения силы цели слоя с глубиной из-за увеличения облучаемой зоны пропорционально квадрату глубины.

Сила цели озвученного объема:

$$TS = S_v V = S_v (\psi R^2 \cdot \frac{c \tau u}{2}), \quad (1)$$

где:  $TS$  – сила цели озвученного объема;

$S_v$  – сила обратного объемного рассеивания звука в  $1\text{ м}^3$ ;

$V$  – озвучиваемый объем,  $\text{м}^3$ ;

$R$  – расстояние до озвучиваемого объема, м;

$\psi$  – телесный угол эквивалентной характеристики направленности.

Реакция измерительной системы при измерении силы цели озвученного объема протяженностью 1м равна:

$$TS = A \cdot N \quad (2)$$

где:  $A$  – размерность (вес) информационного кода при данном коэффициенте усиления, длительности посылки и полосы пропускания ( $A$  определяется при калибровке эталонной сферой);  $N$  – информационный код.

Подставив формулу (2) в (1) получим:  $A \cdot N = S_v (\psi R^2 \frac{c \tau u}{2})$ , откуда:

$$S_v = \frac{A \cdot N}{\psi R^2 \cdot \frac{c \tau u}{2}} \quad (3)$$

Таким образом, преобразование матрицы кодов в матрицу силы цели  $S_v$  (COOP3) проводили с учетом увеличения озвученного объема с глубиной из-за увеличения облучаемой зоны пропорционально квадрату глубины.

Для количественной оценки запаса конкретного вида рассеивателей рассчитывали среднюю пространственную плотность в м<sup>3</sup> ( $P_{cp}$ , г/м<sup>3</sup>) 1-метрового слоя  $i$ -го горизонта на «интервале измерений» (1 миля):

$$P_{cp} = \frac{S_v \cdot W}{TS} \quad (4)$$

где:  $W$  – вес рассеивателя;  $TS$  – сила цели рассеивателя.  
Подставив 3 в 4, получим  $P_{cp}$  для каждого 1- метрового слоя:

$$P_{cp} = \frac{A \cdot \left( \frac{\sum N_c}{h_H} \right) \cdot W}{\psi R_c^2 \cdot \frac{c\tau}{2} \cdot TS} \quad (5)$$

где  $\sum N_c$  – сумма кодов на  $i$ -ом горизонте при прохождении судном 1 мили;

$n_L$  – число посылок эхолота за интервал в 1 милю.

Прологарифмировав выражение 5, получим значение  $P_{cp}$   $i$ -ом горизонта 1- метрового слоя в децибелах:

$$10\text{Log}P_{cp} = 10\text{Log}A + 10\text{Log}(\sum N_c/n_L) + 10\text{Log}W - 10\text{Log}\psi - 20\text{Log}R_c - 10\text{Log}(c\tau/2) - TS \quad (6)$$

Объединим постоянные величины при неизменной длительности посылки:

$$K_{дб} = 10\text{Log}A - 10\text{Log}\psi - 10\text{Log}(c\tau/2) \quad (7)$$

Получаем:

$$10\text{Log}P_{cp} = K_{дб} + 10\text{Log}(\sum N_c/n_L) + 10\text{Log}W - 20\text{Log}R_c - TS \quad (8)$$

При определении средней плотности рассеивателей под квадратным метром водной толщи, вычисленные по формуле 8 значения  $10\text{Log}P_{cp}$  для всех горизонтов ( $R$  от 5 до 200 м) складывали.

С целью определения размерности информационного кода ( $10\text{Log}A$ ) при расчете коэффициента  $K_{дб}$  выполняли калибровки измерительного комплекса (сквозной канал судового эхолота и изделия «СКАТ») эталонной медной сферой с диаметром 30 мм и силой цели  $-39,7$  дБ. Величину  $10\text{Log}A$  вычисляли по формуле:

$$TS = 10\text{Log}A + 10 \text{Log}N, \quad \text{откуда:} \quad (9)$$

$$10\text{Log}A = TS - 10 \text{Log}N, \quad (10)$$

где:  $TS$  – сила цели калибровочного шара,  $N$  – максимальное значение кода от шара, зарегистрированное комплексом «СКАТ».  $N = 5850$  при коэффициенте усиления комплекса 40 дБ. В этом случае получаем:

$$10\text{Log}A = -39,7 - 10\text{Log}5850 = -39,7 - 37,67 = -77,37 \text{ дБ}. \quad (11)$$

Другие составляющие  $K_{дб}$  (формулы 7) определяются техническими характеристиками измерительного комплекса и составляли:

$$10\text{Log}\psi = -13,17 \text{ дБ}, \quad 10\text{Log}(c\tau/2) = -4,3 \text{ дБ для } \tau = 0,5 \text{ мс}.$$

Тогда  $K_{дб} = 10\text{Log}A - 10\text{Log}\psi - 10\text{Log}(c\tau/2) = -77,37 + 13,17 + 4,3 = -59,9 \text{ дБ}$

Средний вес криля ( $W$ ) и его размеры определяли по траловым сборам. Силу цели криля ( $TS$ ) рассчитывали в соответствии с рекомендациями WG-Krill SC-CAMLR (Anon, 1991) и верификацией результатов прицельным обловом криля тралом. При этом фактические значения численности (плотности скоплений) обловленного криля оказались соизмеримыми с расчетными

величинами, полученными по приведенной формуле. Расхождение сравниваемых величин не превышало 10%.

Значения  $10 \lg W$  и  $TS$  криля в зависимости от его размеров представлены в табл. 2.

Таблица 2. Значения  $10 \lg W$  и  $TS$  при разной длине ( $L$ ) криля.

Характеристики	Значения показателей								
	$L$ , мм	22	22,6	28,1	35,0	35,3	35,6	36,1	36,3
$TS$ , дБ	-84,53	-84,12	-80,82	-77,50	-77,33	-77,24	-77,0	-76,95	-76,2
$10 \lg W$ , дБ	-11,19	-10,81	-7,79	-4,74	-4,62	-4,50	-4,30	-4,23	-3,56
$L$ , мм	38,3	40	41,9	42,9	45,2	46,7	46,9	47,9	
$TS$ , дБ	-76,14	-75,48	-74,78	-74,42	-73,63	-73,13	-73,06	-72,75	
$10 \lg W$ , дБ	-3,49	-2,88	-2,24	-1,91	-1,19	-0,73	-0,67	-0,38	

По результатам контрольных тралений составлена табл. 3, в которой указан средний размер  $L$  и масса  $W$  криля в траловых пробах.

Таблица 3. Размерно-весовые характеристики пойманного криля.

№ траления	Размерный диапазон криля, мм	Средний размер, мм	Весовой диапазон криля, г	Средний вес криля, г
Траление №1	23-26	24,5	0,086 – 0,130	0,108
Траление №2	23 - 25	24,0	0,080 – 0,086	0,082
Траление №3	22 - 52	26,0	0,07 – 0,130	0,097

Для расчетов биомассы криля в исследуемом районе использовались следующие значения: средний размер - 25 мм, средний вес 0,096 г. Данным параметрам криля соответствует сила цели  $TS = -82,7$  дБ.

С учетом этих величин основная формула приняла вид:

$$10 \log P_{cp} = -59,9 + 10 \log (\sum N_c/n_L) - 40,2 - 20 \log Rc + 82,7,$$

а после сложения постоянных величин:

$$10 \log P_{cp} = -17,4 + 10 \log (\sum N_c/n_L) - 20 \log Rc \quad (12)$$

По завершению съемки с помощью программного пакета Surfer по координатам был построен планшет полигона с нанесением маршрута судна, станций, где выполнялись гидробиологические измерения и места проведения контрольных тралений. После расчета биомассы криля на каждом интервале измерения (1 миля) производился расчет распределения плотности рассеивателей с учетом границ территории (рис. 5). На построенной карте хорошо просматриваются скопления криля промыслового значения ( $\text{кг} \cdot \text{м}^{-2}$ ), зарегистрированные по данным гидроакустической съемки на полигоне в районе пролива Брансфилда.

Как видно из рисунка, только в южной и юго-восточной частях полигона в прибрежных и приостровных участках регистрировались значительные (промысловые) скопления криля. Так, у острова Сноу протяженность скопления была 7,2 мили с максимумом биомассы  $1,2 \text{ кг} \cdot \text{м}^{-2}$ , а у о. Тринити протяженность скопления составила 15,8 мили с максимумом  $1,31 \text{ кг} \cdot \text{м}^{-2}$  (рис. 5). В месте проведения траления №2 (рис. 1) зарегистрированы скопления на дистанции 11,2 мили с максимумом  $0,55 \text{ кг} \cdot \text{м}^{-2}$ . Из общей площади полигона  $7900 \text{ миль}^2$  криль регистрировался на площади  $3472 \text{ миль}^2$  и запас его составлял по нашим оценкам не менее  $961500 \text{ т}$  при средней биомассе рачков  $75,0 \text{ г} \cdot \text{м}^{-2}$ .

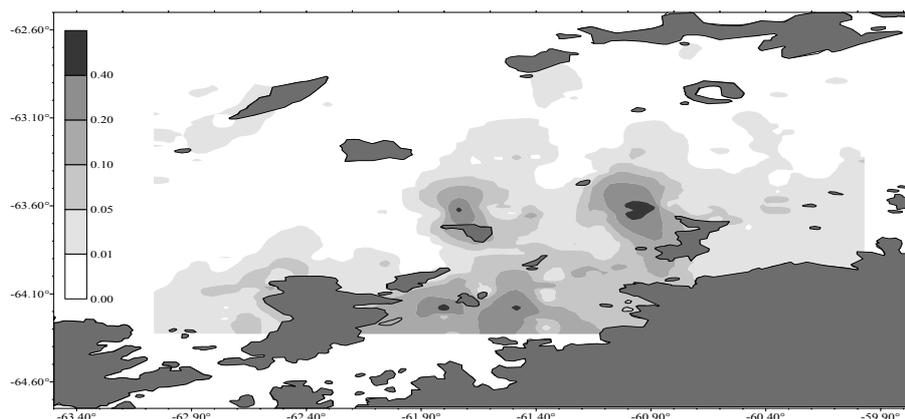


Рис. 5. Распределение биомассы криля ( $\text{кг}\cdot\text{м}^{-2}$ ) по данным гидроакустической съёмки на полигоне в районе пролива Брансфилда в период с 08 по 18 марта 2002 г.

Скопления криля промыслового значения выявлены также и у острова Кинг Джордж, где была проведена незапланированная акустическая съёмка. В этом районе, из общей площади полигона  $685,3$  миль<sup>2</sup>, криль регистрировался на площади  $97,9$  миль<sup>2</sup>. Запас его в агрегациях различного типа был  $39211$  т при средней биомассе  $116,0$  г м<sup>-2</sup>. Вместе с тем, крилем было занято только около 15% обследованной площади или  $97,9$  миль<sup>2</sup>. В табл. 4 приведены общий и средний запасы обследованных площадей 2-х полигонов, рассчитанные по разработанным алгоритмам.

Таблица 4. Результаты расчета биомассы криля в районах исследований.

Район исследований	Общий запас, т	Средний запас обследованной площади полигона, т/миля <sup>2</sup>
Полигон в проливе Брансфилд	961500	121,7
Полигон у о. Кинг-Джорж	182565	619,3

Как следует из представленного иллюстративного материала и сравнения полученных данных с результатами многочисленных акустических и гидробиологических съёмок в ряде других экспедиций (Самышев, 1991; Green et al., 1992; Everson et al., 1993; Azzazi, Kalinovski, 1997), разработанные алгоритмы биофизической экспресс-оценки распределения криля по исследованной акватории и определения биомассы его скоплений достаточно надёжны.

#### 4. Выводы

Показана принципиальная возможность экспресс-оценки хронологической структуры популяции Антарктического криля по параметрам пространственно-временной изменчивости биолюминесцентного и акустического полей пелагиали.

Выраженной чертой поведения криля в период данных наблюдений оказалось формирование им плотных скоплений различной формы с протяженностью до 6 миль. Наблюдался также стайный тип распределения криля. Глубина расположения скоплений колебалась, при этом, в пределах 10–70 м, а их высота составляла от 5 до 50 м.

Разработан метод биофизической экспресс-оценки пространственной структуры популяций криля и определения биомассы его скоплений. Погрешность измерений не превышает 10%, что

позволяет рекомендовать этот метод для использования при последующих научных экспедициях и в условиях промысла в регионе Атлантики.

### Литература

- Битюков Э.П.**, Василенко В.И., Серикова И.М., Токарев Ю.Н. Результаты и перспективы биолюминесцентных исследований в Черном море // Экология моря. - 1996 - № 46.- С.19-24.
- Гительзон И.И.**, Гладышев М.И., Дегерменджи Ф.Г., Левин Л.А., Сидько Ф.Я. Экологическая биофизика и её роль в изучении водных экосистем // Биофизика. - 1993. - Т.38, №6. - С. 1069-1078.
- Киселёв И.А.** Планктон морей и континентальных водоёмов. - Л.: Наука, 1969. - Т.1. - 658 с.
- Помозов А.А.** Подводные исследования скоплений криля в южной части моря Скотия // Бюл. Укр. антарк. центр. - 2002. - Вып. 4. - С. 125-129.
- Савич М.С.** Сезонная и межгодовая изменчивость биологического состояния криля (*Euphausia superba* Dana) в южной части моря Скотия в 1994-1999 годах // Бюл. Укр. антарк. центр. - 2002. - Вып. 4. - С. 117-123.
- Самышев Э.З.** Антарктический криль и структура планктонного сообщества в его ареале. М., «Наука», 1991. - 168 с.
- Самышев Э.З.** Заключение о состоянии популяции криля и пелагической экосистемы в западном регионе Атлантической части Антарктики в предзимний период 1998 г. // Бюл. Укр. антарк. центр. - 2000. - Вып. 3. - С. 231-236.
- Токарев Ю.Н.** Биофизическая экология планктона – первые результаты и перспективы развития // Экология моря.- 2001.- Вып. 57.- С. 51-59.
- Токарев Ю.Н.**, Битюков Э.П., Василенко В.И., Соколов Б.Г. Спосіб дослідження дрібномасштабної структури та фізіологічного стану морських планктонних угруповань // Патент № 97091702 України, МК І5 АО1 К 61/00. Виданий 13.01.99 р.
- Токарев Ю.Н.**, Соколов Б.Г., Василенко В.И. Использование биофизических методов в исследованиях планктонного сообщества Антарктики: первые итоги и перспективы развития // Бюл. антарк. центр. - 2002. - Вып. 4. - С. 104-111.
- Anon A.** Report of the Tenth meeting of the Scientific Committee for the Conservation of Antarctic Living Resources // SC-CAMLR-X., Australia, 1991.- P. 29.
- Azzazi M.**, Kalinovski J. Spatial and temporal distribution of krill *Euphausia superba* biomass in the Ross Sea (1989/90, 1994/95) // WG-EMM, Australia, 1997. - 31 p.
- Everson I.**, Goss C., Murray W.A. Comparison of krill (*Euphausia superba*) density estimates using 38 and 120 kHz echosounders // Mar.Biol.-1993.-V.116.-P.269-275.
- Green C.N.**, Widder E.A., Youngbluth M.J., Tamso A., Johnson G.E. The migration behavior, fine structure and bioluminescent activity of krill sound-scattering layers // Limnol. Oceanogr.- 1992.- V.37.- P. 650-658.
- Kils U.** The ecoSCOPE and dynIMAGE: microscale tools for *in situ* studies of predator-prey interactions // Archiv fur Hydrob. - 1992. - V.33. - P. 83-96.
- Skjoldal H.-R.**, Wiebe P.H., Foote K.G. Sampling and experimental design. - In: Zooplankton. Methodology. Manual.- Harris R.P., Wiebe P.H., Lenz J., Skjoldal H.R., Huntley M.- (Eds.).- San Diego-Tokyo: Academic Press. - 2000. - P. 33-53.
- Vasilenko V.I.**, Bitykov E.P., Sokolov B.G., Tokarev Yu.N. Hydrobiophysical device “Salpa” of Institute of Biology of the Southern Seas used for bioluminescent investigation of the upper layers of the ocean // Bioluminescence and Chemiluminescence. Molecular reporting with photons. - N.-Y.: J.Wiley & Sons, 1997. - P. 549-552.
- Widder E.A.** 3-D bioluminescence mapping // U.S.GLOBEC News. -1993. - N4. - P. 6-11.