

УДК 595.383.1

Гидроакустические исследования распределения антарктического криля (*Euphausia superba*) в Атлантическом секторе Антарктики в сезон 2010/11

Д.О. Сологуб

Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии (ФГБНУ «ВНИРО», г. Москва)
e-mail: sologub@vniro.ru

Гидроакустические исследования были выполнены в сезон 2010/11 гг. в ходе 27-й антарктической экспедиции НИС «Поларштерн» в подрайонах 48.1, 48.2, 48.5 и 48.6, в том числе в центральной части моря Уэдделла. Сбор гидроакустических данных осуществлялся с помощью двухчастотного (70 и 120 кГц) научного эхолота «SIMRAD EK 60». Значения NASC рассчитывались в диапазоне глубин от 10 до 300 м. Наибольшие значения NASC (в среднем $44,4 \pm 3,1$ м²/миля²) были получены в районе Антарктического полуострова. Повышенными значениями NASC характеризовались отрезки гидроакустического разреза, соответствующие участкам АЦТ, АПТ и циркуляции в районе возвышенности Мод. Напротив, в центральной части моря Уэдделла (от 15° до 45° з.д.) значения NASC оказались крайне низкими, преимущественно меньше 1 м²/миля². Низкие значения NASC в центральной части моря Уэдделла свидетельствуют о практически полном отсутствии скоплений антарктического криля в этом районе, что может быть связано с особенностями крупномасштабной циркуляции Атлантического сектора Антарктики.

Ключевые слова: Антарктический криль *Euphausia superba*, Атлантический сектор Антарктики, гидроакустические исследования, морской коэффициент поверхностного обратного рассеивания.

ВВЕДЕНИЕ

Антарктический криль (*Euphausia superba* Dana, 1850) — один из важнейших компонентов антарктической экосистемы. Скопления антарктического криля служат пищей для многочисленных рыб, морских млекопитающих и птиц [Everson, 2000 a]. Наиболее плотные скопления криля в Атлантическом секторе Антарктики формируются в районе к западу от Антарктического полуострова, а также в море Скоша, в районе Вторичной фронтальной зоны (ВФЗ), где происходит смешение вод моря

Уэдделла и Антарктического циркумполярного течения (АЦТ) [Масленников, 1980; Marr, 1962; Hewitt et al., 2002; Murphy et al., 2006]. Именно запасы криля в районе Антарктического полуострова и ВФЗ моря Скоша наиболее активно эксплуатируются промыслом. Другая, хотя и несколько меньшая зона высокой численности антарктического криля в Атлантическом секторе Антарктики была обнаружена в водах над шельфовым склоном в море Лазарева [Marr, 1962; Mackintosh, 1972]. Положение районов высокой численности криля

претерпевает сезонные изменения, при этом перемещения скоплений в море Скоша осуществляется в восточном направлении, а в море Лазарева — в западном [Magr, 1962; Murphy et al., 2006].

Несмотря на достаточно продолжительную историю изучения антарктического криля, крупномасштабных исследований его распределения, охватывающих весь Атлантический сектор, проводилось крайне мало. Исследования распределения криля, выполненные Комитетом «Дискавери» в 1923–1939 гг. практически во всех районах Антарктики [Magr, 1962], до сих пор являются уникальными. Развитие гидроакустических методов способствовало их широкому применению для исследований распределения и оценки биомассы антарктического криля [Hewitt, Demer, 2000]. В 1980-х гг. были выполнены акустические съёмки по программе «BIOMASS» в Атлантическом секторе Антарктики (подрайоны 48.1, 48.2, 48.3 и 48.4), а также Тихоокеанском и Индоокеанском секторах [BIOMASS, 1986; BIOMASS, 1988]. В 2000 г. была выполнена синоптическая съёмка АНТКОМ в подрайонах 48.1, 48.2, 48.3 и 48.4 Атлантическо-

го сектора Антарктики [Trathan et al., 2001]. Гидроакустические исследования распределения антарктического криля на локальных участках были выполнены в основном в районе к северо-западу от Антарктического полуострова [Macaulay et al., 1984; Sahrhage, 1989] и в районе Ю. Оркнейских о-вов [Kasatkina, 1997]. В то же время распределение криля в покрытом льдом море Уэдделла остается слабоизученным.

В сезон 2010–2011 гг. были выполнены гидроакустические исследования в ходе 27-й антарктической экспедиции НИС «Поларштерн» в подрайонах 48.1, 48.2, 48.5 и 48.6, в том числе в центральной части моря Уэдделла.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Гидроакустические исследования выполнялись в ходе 27-й антарктической экспедиции НИС «Поларштерн» с 8 декабря 2010 г. по 2 февраля 2011 г. на всём протяжении маршрута судна от меридиана 0° до выхода судна из зоны АНТКОМ в проливе Дрейка в статистических подрайонах АНТКОМ 48.1, 48.2, 48.5 и 48.6 (рис. 1). Общая протяжённость маршрута в морях Лазарева и Уэдделла и рай-

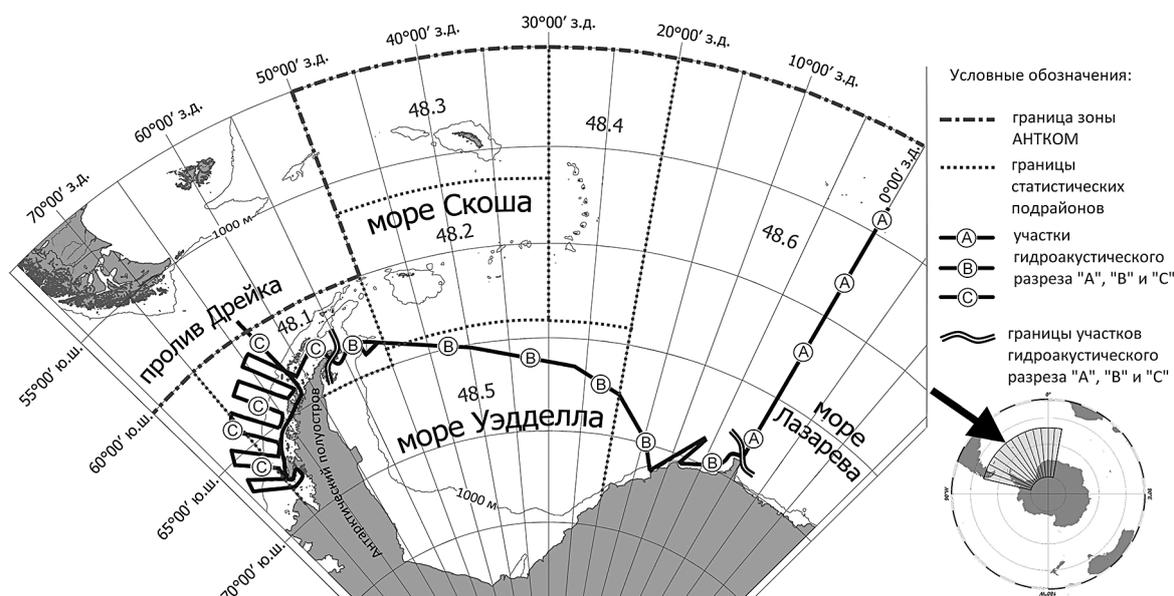


Рис. 1. Маршрут НИС «Поларштерн» в ходе 27-й антарктической экспедиции в декабре 2010 — феврале 2011 гг. А — разрез по меридиану 0° от входа судна в зону АНТКОМ до района немецкой станции «Ноймайер-2»; В — разрез с востока на запад через море Уэдделла от района станции «Ноймайер-2» до северной оконечности Антарктического полуострова; С — гидроакустические наблюдения в районе тралово-акустической съёмки к северо-западу от Антарктического полуострова

оне к западу от Антарктического полуострова составила 6720 морских миль. Исследования включали: разрез по меридиану 0° от входа судна в зону АНТКОМ до района немецкой станции «Ноймайер-2» (рис. 1), разрез с востока на запад через море Уэдделла от района станции «Ноймайер-2» до северной оконечности Антарктического полуострова и гидроакустические наблюдения в районе тралово-акустической съёмки к северо-западу от Антарктического полуострова.

Разрез по меридиану 0° от входа судна в зону АНТКОМ до района немецкой станции «Ноймайер-2» был выполнен в период с 8 по 19 декабря 2010 г., протяжённость разреза составила 1085 морских миль.

Разрез с востока на запад через море Уэдделла от района станции «Ноймайер-2» до северной оконечности Антарктического полуострова был выполнен с 19 декабря 2010 г. по 08 января 2011 г., протяжённость разреза составила 2220 морских миль.

Гидроакустические наблюдения в районе тралово-акустической съёмки к северо-западу от Антарктического полуострова были выполнены с 8 января по 2 февраля 2011 г., протяжённость маршрута судна в этом районе составила 3415 морских миль.

Гидроакустические исследования выполнялись с помощью двухчастотного (70 и 120 кГц) научного эхолота «SIMRAD EK 60». Для исследования распределения антарктического криля по маршруту следования судна рассчитывался морской коэффициент поверхностного обратного рассеивания (NASC, Nautical Area Scattering Coefficient) [MacLennan et al., 2002], который использовался в качестве характеристики биомассы криля. Расчёт NASC был выполнен для частоты 70 кГц в диапазоне глубин от 10 до 300 м с интервалом интегрирования EDSU (the Elementary Distance Sampling Unit) [Simmonds, MacLennan, 2005] 5 миль. Пересчёт NASC в абсолютные значения плотностей не проводился вследствие отсутствия данных по обловам скоплений криля в процессе гидроакустических наблюдений. Анализ пространственного распределения значений NASC проводили с использованием ГИС «КартМастер» [Бизиков и др., 2006].

РЕЗУЛЬТАТЫ

Идентификация скоплений гидробионтов. Скопления антарктического криля и других антарктических эвфаузиид хорошо идентифицируются гидроакустическими приборами [Macaulay et al., 1984; Sahrhage, 1989; Cox et al., 2010]. На эхограммах они имеют вид пятен или горизонтальных полос характерной зигзагообразной формы, расположенных преимущественно в верхнем 300-метровом слое. Иногда несколько таких полос расположены одна над другой. В ходе вертикальных миграций криля полосы могут сливаться, разделяться или перемещаться на большие или меньшие глубины.

Скопления сальп (*Salpa thompsoni* Foxton, 1961) имеют характерную веретеновидную вертикально ориентированную форму с вертикальным развитием от нескольких десятков до 100 м и располагаются преимущественно на глубине 180–310 м [Sahrhage, 1989]. Облов таких скоплений, выполненный Сахраджем [1989] в мае 1986 г. к северу от Ю. Шетландских о-вов, показал преобладание сальп и наличие небольшого количества антарктического криля в уловах.

В ходе 27-й антарктической экспедиции НИС «Поларштерн» с 9 по 30 января 2011 г. в районе тралово-акустической съёмки была выполнена верификация гидроакустических записей с помощью трала RMT 1+8 к северо-западу от Антарктического полуострова. Косые траления от поверхности до 200 м выполнялись по сетке станций с интервалом 20 морских миль. Форму и тип скоплений, наблюдаемых визуально на эхограмме во время тралений, сравнивали с составом уловов на станциях тралово-акустической съёмки. Облов скоплений, имеющих вид пятен или горизонтальных полос, показал преобладание особей антарктического криля, а также присутствие других эвфаузиид (*Thysanoessa macrura* G.O. Sars, 1883; *E. crystallorophias* Hold & Tattersall, 1906; *E. frigida* Hansen, 1911). В случае наличия на эхограммах скоплений веретеновидной вертикально ориентированной формы, в траловых уловах отмечалось увеличение доли сальп.

На большей части акватории, охваченной тралово-акустической съёмкой, преобладали характерные для эвфаузиид скопления. За пределами шельфа в океанической части рай-

она работ встречались в основном скопления в виде тонких полос (рис. 2 А) и отдельных пятен (рис. 2 Б). В районе шельфового склона и на шельфе Антарктического полуострова скопления зигзагообразной формы достигали значительной протяжённости — до 30 морских миль (рис. 2 В). Вертикальное развитие таких скоплений в ряде случаев достигало 100 м. Глубина расположения скоплений, характерных для эвфаузиид, была различной. Преимущественно скопления располагались в верхнем слое 0–100 м. Крайне редко скопления оказывались глубже 300 м и не учитывались при расчете NASC. В целом было отмечено, что глубина нахождения скоплений и их плотность возрастали днём и снижались

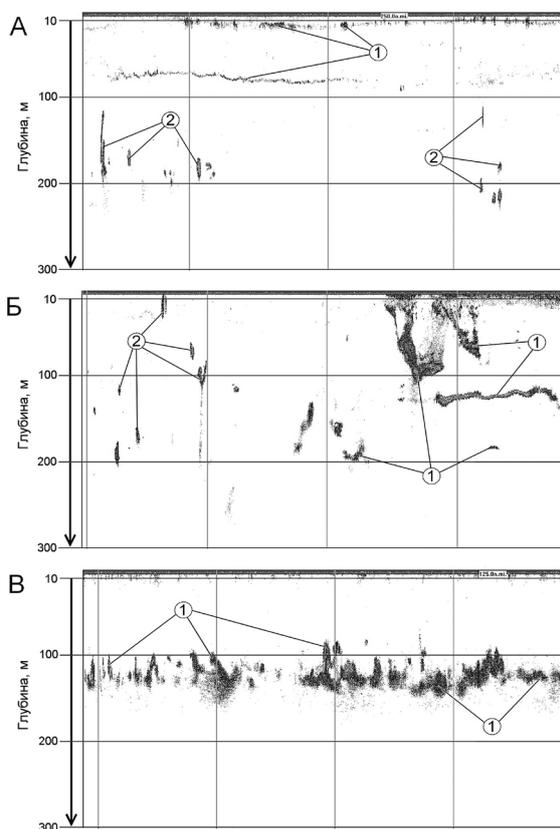


Рис. 2. Скопления гидробионтов на эхограмме эхолота «SIMRAD EK 60» в Атлантическом секторе Антарктики в сезоне 2010/11 гг. (27-я антарктическая экспедиция НИС «Поларштерн»). А — скопления криля в виде тонких полос на глубинах 10 и 70 м (1), веретеновидные скопления сальп на глубинах от 100 до 220 м (2); Б — скопления криля в виде пятен (1) и веретеновидные скопления сальп (2) на глубинах от 10 до 200 м; В — плотные скопления криля характерной зигзагообразной формы на глубинах 70–150 м (1)

ночью. На шельфовых участках с небольшой глубиной скопления, характерные для эвфаузиид, зачастую располагались в непосредственной близости от дна.

Веретеновидные вертикально ориентированные скопления, характерные для сальп, встречались преимущественно на океанических участках района тралово-акустической съёмки, а также на шельфе Ю. Шетландских о-вов к северу от 63° ю.ш. (рис. 2, А, Б).

Пространственное распределение численности и биомассы антарктического криля и сальп по результатам траловых ловов, выполненных в районе к западу от Антарктического полуострова в ходе 27-й антарктической экспедиции НИС «Поларштерн» в 2011 г., было рассмотрено Зигелем с соавторами [Siegel et al., 2013]. По их данным наибольшие значения численности (от 10 до 50 экз./м²) и биомассы (от 10 до 25 г/м²) антарктического криля в январе 2011 г. были отмечены на шельфе и в районе шельфового склона Антарктического полуострова. Высокая численность сальп (от 50 до 200 экз./м²) была отмечена в траловых уловах на станциях, расположенных севернее 63° ю.ш. Отдельные скопления сальп плотностью около 10 экз./м² были обнаружены на станциях тралово-акустической съёмки, расположенных за пределами шельфа Антарктического полуострова.

Пространственное распределение высоких значений биомассы и численности антарктического криля по данным траловых ловов [Siegel et al., 2013] соответствовало участкам района работ, на которых в ходе гидроакустических наблюдений были обнаружены скопления в форме полос и пятен, характерные для эвфаузиид. Высокие значения биомассы и численности сальп по данным траловых ловов приходились на участки, где в ходе гидроакустических наблюдений были обнаружены веретеновидные вертикально ориентированные скопления, характерные для сальп. Таким образом, особенности пространственного распределения скоплений, характерных для эвфаузиид и для сальп, выявленные в ходе гидроакустических исследований, подтверждаются данными траловых ловов тралово-акустической съёмки.

При расчёте величин NASC учитывались только характерные для эвфаузиид скопления,

в то время как скопления сальп, а также помехи акустического сигнала исключались из эхограммы. Поскольку антарктический криль абсолютно доминирует по биомассе среди прочих эвфаузиид [Marr, 1962; Gibbons et al., 1999; Everson, 2000 a; Everson, 2000 b], после обработки сигнала величины NASC можно использовать для характеристики биомассы антарктического криля.

Пространственное распределение величин NASC. В ходе 27-й антарктической экспедиции НИС «Поларштерн» с 8 декабря 2010 г. по 2 февраля 2011 г. значения NASC изменялись в широких пределах от 0 до 778,8 м²/миля² и в среднем за весь период исследований составили 27,9±1,8 м²/миля².

На участке гидроакустического разреза по меридиану 0° (рис. 1 А) от входа судна в зону АНТКОМ до района немецкой станции «Ноймайер-2» значения NASC были сравнительно невысокими и изменялись от 0,01 до 143,9 м²/миля², составив в среднем 6,1±1,2 м²/миля². Здесь отчётливо выделялись два участка обилия антарктического криля: от 53° до 59° ю.ш. (протяжённостью 470 миль) и от 64° до 66° ю.ш. (протяжённостью 135 миль) (табл. 1; рис. 3). В пределах

этих двух районов (53°–59° ю.ш. и 64°–66° ю.ш.) были встречены отдельные разреженные скопления криля, преимущественно в виде горизонтально ориентированных тонких полос (рис. 2, А). Средние значения NASC для первого участка составили 9,3±2,5 м²/миля², а для второго — 8,0±2,9 м²/миля² (табл. 1). На остальном участке гидроакустического разреза по меридиану 0° значения NASC за редкими исключениями были меньше 1 м²/миля², что свидетельствует об отсутствии здесь скоплений антарктического криля.

Положение первого участка с высокими значениями NASC соответствовало примерно положению АЦТ (53°–59° ю.ш.) (рис. 3), следовательно, обнаруженные здесь скопления антарктического криля, по-видимому, вынесены в район меридиана 0° из подрайонов 48.4 и 48.3 и должны перемещаться в восточном направлении. Второй район обилия криля по меридиану 0° (64°–66° ю.ш.) приходился на западную часть возвышенности Мод. Особенности рельефа дна в районе возвышенности Мод обуславливают сложную гидродинамическую структуру и наличие огибного течения, имеющего юго-западное направление [Cisewski et al., 2011]. В соответствии с этим скопления криля, обнаруженные в районе возвышенности

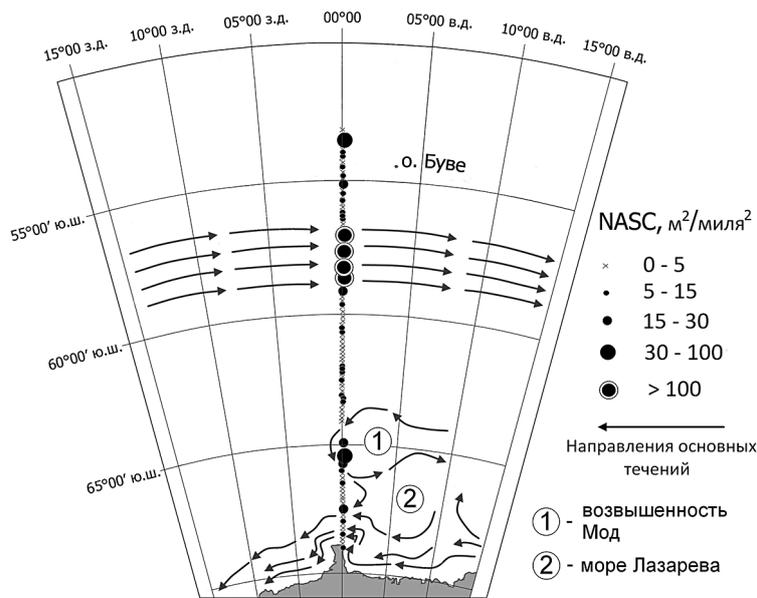


Рис. 3. Распределение NASC по результатам гидроакустических исследований по меридиану 0° в декабре 2010 г. EDSU — 5 миль. Стрелками показаны направления основных течений по Масленникову [2003] и Чижевски [Cisewski et al., 2011]

Таблица 1. Значения NASC на различных участках маршрута судна «Поларштерн» в декабре 2010 — феврале 2011 гг.

Район	Протяжённость, миль	NASC, м ² /миля ²			
		мин.	макс.	среднее	
Меридиан 0°	севернее 60° ю.ш.	470	0,15	143,86	9,3±2,5
	от 60° ю.ш. до 64° ю.ш.	215	0,42	9,67	2,5±0,3
	от 64° ю.ш. до 66° ю.ш.	135	0,05	71,47	8,0±2,9
	от 66° ю.ш. до 70° ю.ш.	265	0,01	23,72	2,2±0,6
Море Уэдделла	от 0° з.д. до 15° з.д.	705	0	110,4	8,2±1,5
	от 15° з.д. до 45° з.д.	1005	0	14,5	0,78±0,2
	от 45° з.д. до 57° з.д.	510	0,01	520,8	38,6±6,9
Район к северо-западу от Антарктического полуострова	3415	0,02	778,8	44,4±3,1	

Мод, должны перемещаться в южном и восточном направлениях (рис. 3).

На участке гидроакустического разреза в море Уэдделла от района станции «Ноймайер-2» до северной оконечности Антарктического полуострова (рис. 2 В) значения NASC изменялись от 0 до 520,8 м²/миля², составив в среднем 13,02±2,0 м²/миля² (табл. 1). Наибольшие величины NASC, соответствующие повышенным концентрациям антарктического криля, были отмечены к востоку от Антарктического полуострова, между 45° и 57° з.д. (рис. 4). Плотные и достаточно протяжённые скопления начали регистрироваться на эхограммах начиная с 45° з.д. и продолжали встречаться вплоть до побережья Антарктического полуострова и прилегающих островов. Среднее значение NASC для этого участка (от 45° до 57° з.д.) составило 38,6±6,9 м²/миля².

Значительно меньшими значениями NASC характеризовалась область шельфового склона в районе Земли Королевы Мод (от 0° до 15° з.д.). Значения NASC здесь были близки к таковым на меридиане 0°, изменяясь от 0 до 110,4 м²/миля², составив в среднем 8,2±1,5 м²/миля².

В центральной части моря Уэдделла от 15° до 45° з.д. значения NASC оказались крайне низкими, преимущественно меньше 1 м²/миля². Отмечены и отдельные локальные увеличе-

ния значений NASC до 14,5 м²/миля², что, по-видимому, связано с помехами при прохождении судном ледовых полей моря Уэдделла. Средние значения NASC в центральной части моря Уэдделла составили 0,78±0,2 м²/миля² (табл. 1).

Поскольку в море Уэдделла вдоль всего шельфового склона прослеживается поток вод Антарктического прибрежного течения (АПТ) (рис. 4), скопления криля, обнаруженные в районе Земли Королевы Мод, должны перемещаться в западном направлении, а скопления криля к востоку от Антарктического полуострова должны перемещаться в северо-восточном направлении в море Скоша и в западном направлении в пролив Брансфилд.

В ходе тралово-акустической съёмки к западу от Антарктического полуострова (рис. 1) были зарегистрированы максимальные значения NASC (778,8 м²/миля²) за весь период экспедиции на НИС «Поларштерн» в сезоне 2010/11 гг. Среднее значение NASC в районе тралово-акустической съёмки с 8 января по 2 февраля 2011 г. составило 44,4±3,1 м²/миля², что существенно выше, чем в море Уэдделла и на разрезе по меридиану 0° (табл. 1). В районе тралово-акустической съёмки (к западу от 57° з.д.) основные скопления антарктического криля оказались сосредоточенными в восточной части исследованной акватории —

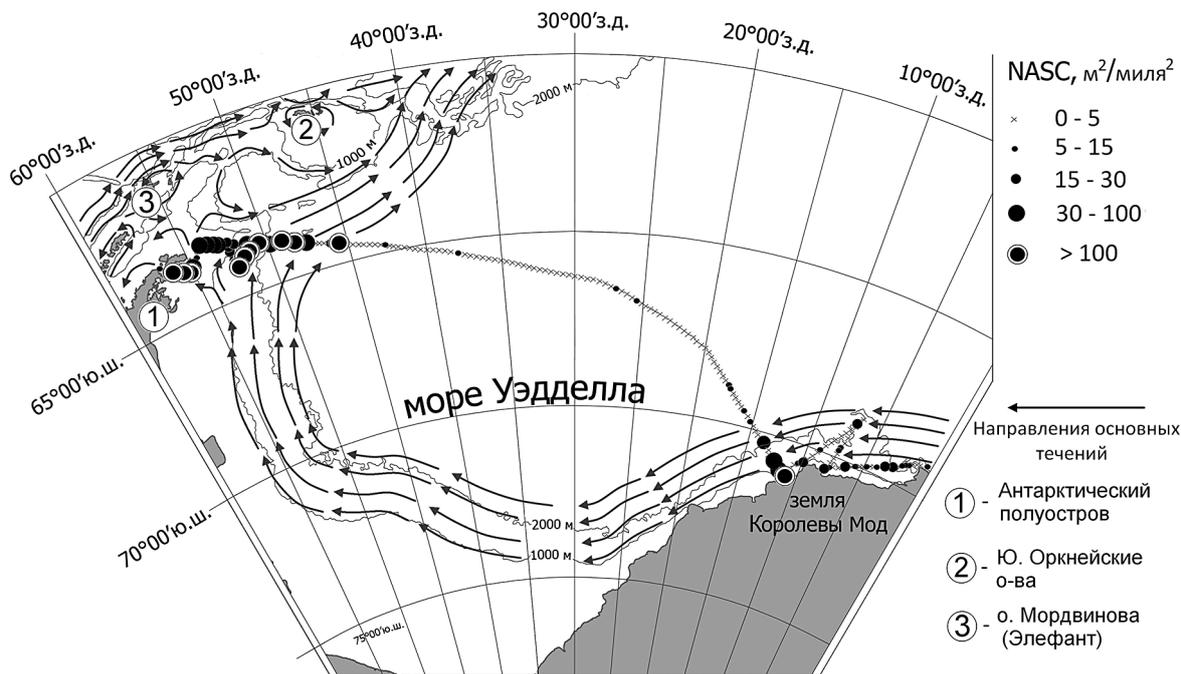


Рис. 4. Распределение NASC по результатам гидроакустических исследований в море Уэдделла в декабре 2010 г. – январе 2011 г. EDSU – 5 миль. Стрелками показаны направления основных течений по Масленникову [2003] и Фарбаху и др. [Fahrbach et al., 1994]

на шельфовом склоне Антарктического полуострова и в проливе Брансфилд. В западной части района Антарктического полуострова наибольшие скопления располагались на шельфе к северу от острова Адели (рис. 5). С удалением от шельфа на расстояние от 100 до 120 миль значения NASC падали вплоть до 0,02 м²/миля².

Скопления криля высокой плотности, обнаруженные на шельфовом склоне к северо-западу от Антарктического полуострова, находятся в пределах южной ветви АЦТ (рис. 5). Согласно генеральному северо-восточному направлению потока АЦТ [Stein, 1988], эти скопления переносятся вдоль шельфового склона Антарктического полуострова, Ю. Шетландских о-вов и попадают в море Скоша. Перемещение скоплений криля с водами АЦТ в восточном направлении вдоль шельфового склона Антарктического полуострова подтверждается результатами исследований распределения личинок эвфаузиид в районе тралово-акустической съёмки в январе 2011 г. [Сологуб, 2015]. Более поздние стадии личинок эвфаузиид

были обнаружены восточнее вдоль шельфового склона Антарктического полуострова.

Скопления криля, обнаруженные на шельфе Антарктического полуострова к северу от острова Адели и в проливе Брансфилд, должны перемещаться в восточном направлении с водами АПТ. Эти скопления криля, по-видимому, попадают на шельф из океанической части района Антарктического полуострова. Кроме того, возможно поступление скоплений криля в район о. Адели с водами АПТ из пролива Брансфилд (рис. 5) и из района шельфового склона в западной части моря Уэдделла (рис. 4).

Таким образом, данные по распределению NASC, полученные в результате гидроакустических исследований в ходе 27-й антарктической экспедиции на НИС «Поларштерн», свидетельствуют о том, что наибольшие концентрации антарктического криля в декабре и январе в пределах исследованных районов Атлантического сектора Антарктики сосредоточены в районе Антарктического полуострова. В центральной части моря Уэдделла, напротив, не обнаружено крупных скоплений антарктического криля (рис. 6).

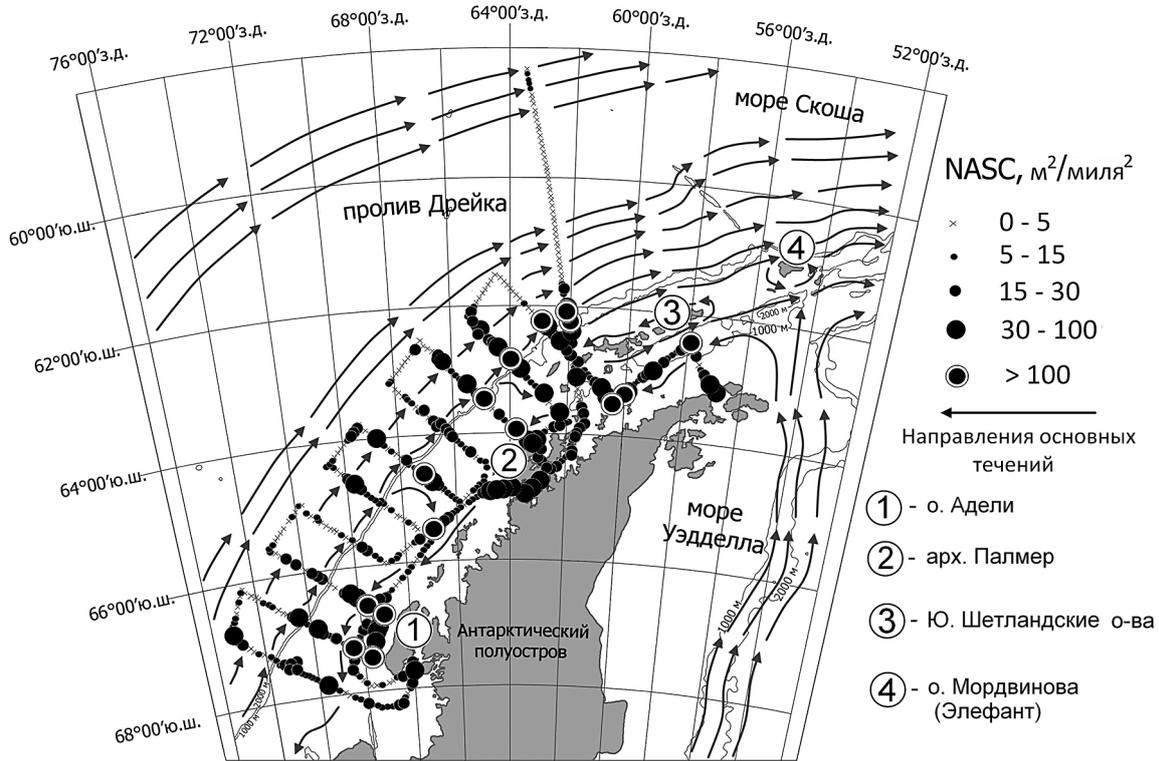


Рис. 5. Распределение NASC по результатам гидроакустических исследований, выполненных в ходе тралово-акустической съёмки к северо-западу от Антарктического полуострова в январе—феврале 2011 г. EDSU — 5 миль. Стрелками показаны направления основных течений по Масленникову [2003] и Штейну [Stein, 1988]

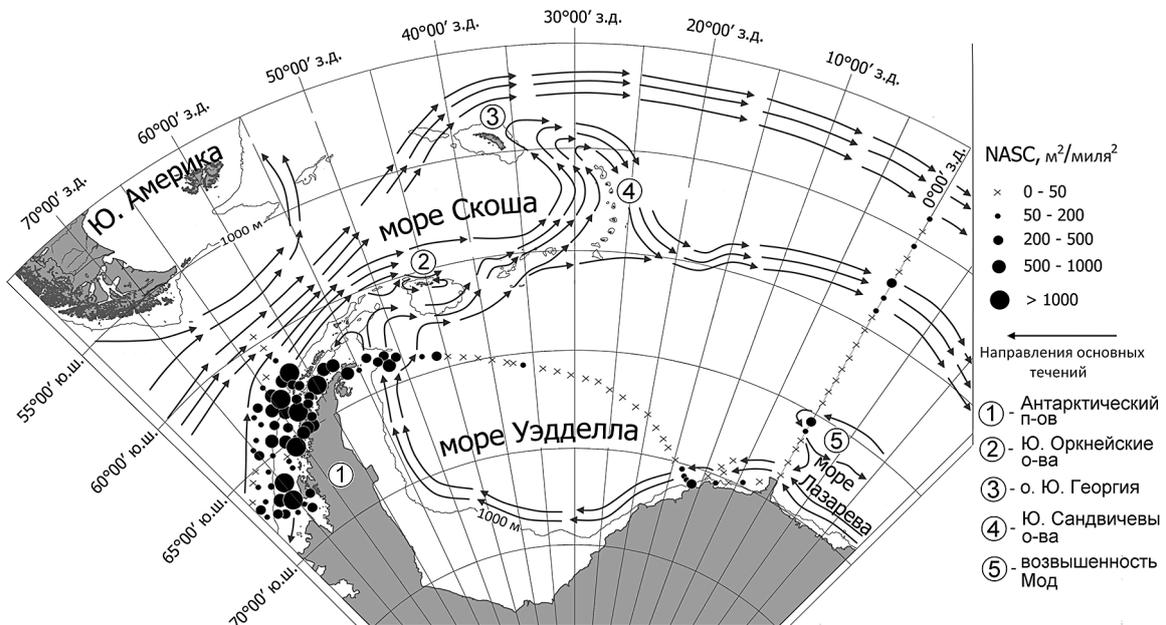


Рис. 6. Средние значения NASC по результатам гидроакустических исследований в декабре — феврале 2011 г. EDSU — 5 миль. Показаны средние значения NASC, рассчитанные для участков эхограммы протяжённостью 50 миль (10 EDSU). Стрелками показаны направления течений в системе АЦТ, АПТ и Круговорота Уэдделла (КУ) по Масленникову [2003], Штейну [Stein, 1988], Фарбаху и др. [Fahrbach et al., 1994] и Чижевски и др. [Cisewski et al., 2011]

ОБСУЖДЕНИЕ

Положение районов высоких концентраций криля, обнаруженных в ходе 27-й антарктической экспедиции на НИС «Поларштерн», хорошо согласуется с особенностями горизонтальной циркуляции Атлантического сектора Антарктики [Масленников, 2003; Stein, 1988; Fahrbach et al., 1994; Cisewski et al., 2011]. На разрезе по меридиану 0° увеличение значений NASC было отмечено на участках, соответствующих южной ветви АЦТ и антициклонической циркуляции возвышенности Мод (рис. 3, 6). В море Уэдделла и районе Антарктического полуострова крупные скопления криля приурочены к потокам АПТ и АЦТ (рис. 4, 5, 6).

В районе тралово-акустической съёмки к западу от Антарктического полуострова высокие значения NASC соответствовали плотным скоплениям взрослых особей антарктического криля, обнаруженным в водах над шельфом к северу от о. Адели и в проливе Брансфилд и в водах над шельфовым склоном к северу от Ю. Шетландских о-вов [Siegel et al., 2013]. В то же время наличие плотных скоплений личинок *E. superba* (до 67000 экз./м²) и *T. macrura* (до 6000 экз./м²), обнаруженных в районе шельфового склона и в океанических участках к западу от Антарктического полуострова [Сологуб, 2015; Siegel et al., 2013] не привело к заметному увеличению значений NASC в указанных районах.

Положение наибольших значений NASC по меридиану 0° в районах 60 и 65° ю.ш., полученных по результатам гидроакустических исследований в ходе 27-й антарктической экспедиции на НИС «Поларштерн», совпадает с положением наибольших уловов планктонных сетей по результатам других исследований прошлых лет [Парфенович, 1980; Marr, 1962; Flores et al., 2012; Siegel, 2012].

Согласно литературным данным, скопления антарктического криля в районе меридиана 0° в отдельные сезоны могут быть сопоставимыми по плотности с промысловыми скоплениями в районе Антарктического полуострова и в море Скоша [Парфенович, 1980; Marr, 1962; Flores et al., 2012; Siegel, 2012]. Однако, в ходе 27-й антарктической экспедиции на НИС «Поларштерн» в весенне-летний пери-

од 2010–2011 гг. средние значения NASC, а следовательно, биомасса скоплений криля, в районе меридиана 0° и в районе шельфового склона Берега Принцессы Марты были существенно меньше, чем в районе тралово-акустической съёмки к северо-западу от Антарктического полуострова. Это может быть связано с наличием в районе к северо-западу от Антарктического полуострова благоприятных гидродинамических условий (сложная горизонтальная циркуляция вод, наличие вихрей и фронтов) для формирования плотных скоплений антарктического криля и слабым развитием таких условий в районе меридиана 0° и Берега Принцессы Марты [Масленников, 1980; Богданов и др., 1980; Макаров и др., 1980]. В то же время, по данным Флореса с соавторами [Flores et al., 2012], в море Лазарева в осенние и зимние месяцы плотность скоплений криля достигает высоких значений (115 экз./1000 м³), составляя в среднем 13,5 экз./1000 м³. В декабре-январе плотность скоплений криля существенно снижается в среднем до 4 экз./1000 м³. По-видимому, существенно более низкие значения NASC в районе меридиана 0° и в районе Берега Принцессы Марты по сравнению с районом к северо-западу от Антарктического полуострова обусловлены характером сезонных горизонтальных миграций антарктического криля. Наиболее вероятно, что в период выполнения гидроакустических исследований на НИС «Поларштерн» скопления криля в море Лазарева мигрировали с водами АПТ в западном направлении и находились за пределами района исследований.

Поскольку центральная часть моря Уэдделла в течение всего года покрыта ледовыми полями, литературные данные по распределению антарктического криля в этом районе отсутствуют. Крайне низкие значения NASC в центральной части моря Уэдделла, отмеченные в результате гидроакустических исследований 27-й антарктической экспедиции на НИС «Поларштерн» (рис. 3), свидетельствуют об отсутствии в этом районе скоплений антарктического криля, что, по-видимому, связано с особенностями горизонтальной циркуляции вод КУ. Циклонический характер КУ не создаёт условий для образования концентраций

планктонных организмов в центральной части моря Уэдделла, они концентрируются и переносятся по периферии КУ с водами АПТ и ВФЗ.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате гидроакустических исследований, выполненных в декабре 2010 г. — феврале 2011 г., было установлено, что в Атлантическом секторе Антарктики в пределах гидроакустического разреза скопления антарктического криля достигают наибольшей плотности и биомассы в районе Антарктического полуострова. Участки гидроакустического разреза в море Уэдделла и районе меридиана 0° характеризовались существенно меньшей плотностью и биомассой скоплений криля. На участках гидроакустического разреза в районах основных течений (АЦТ, АПТ и циркуляции в районе возвышенности Мод) были отмечены сравнительно более плотные скопления антарктического криля. В центральной части моря Уэдделла близкие к нулю значения NASC свидетельствуют о практически полном отсутствии скоплений антарктического криля в этом районе, что может быть связано с особенностями крупномасштабной циркуляции Атлантического сектора Антарктики.

БЛАГОДАРНОСТИ

Автор выражает искреннюю признательность экипажу судна «Поларштерн» за высокий профессионализм и содействие в сборе гидроакустических данных. Кроме того, автор благодарит канд. техн. наук С.М. Гончарова и С.Б. Попова за всестороннюю помощь при обработке данных, а также за ценные замечания и предложения при написании статьи.

ЛИТЕРАТУРА

- Бизиков В.А., Гончаров С.М., Поляков А.В. 2006. Новая географическая информационная система «КартМастер» для обработки данных биоресурсных съёмок // VII Всеросс. Конфер. пром. беспозв. М.: Изд-во ВНИРО. С. 18–24.
- Масленников В.В. 1980. Современные представления о крупномасштабной циркуляции вод Антарктики и пути массового дрейфа криля // Биологические ресурсы антарктического криля. М.: Изд-во ВНИРО. С. 8–27.
- Масленников В.В. 2003. Климатические колебания и морская экосистема Антарктики. М.: Изд-во ВНИРО. 295 с.
- Парфенович С.С. 1980. О закономерностях размещения и региональной дифференциации местоскопления криля в Южном океане. М.: Изд-во ВНИРО. 30 с.
- Сологуб Д.О. 2015. Распределение и возрастной состав личинок эвфаузиид (*Euphausiacea*) в районе Антарктического полуострова // Труды ВНИРО. Т. 154. С. 3–15.
- BIOMASS Report 40. Post-FIBEX Acoustic Workshop. 1986. 106 p.
- BIOMASS Report 65. SIBEX Acoustic Data Validation and Analysis Workshop. 1988. 62 p.
- Cisewski B., Strass V.H., Leach H. 2011. Circulation and Transport of Water Masses in the Lazarev Sea, Antarctica, During Summer and Winter 2006 // Deep-Sea Research I. 58. P. 186–199.
- Cox M.J., Warren J.D., Demer D.A., Cutter G.R., Brierley A.S. 2010. Three-Dimensional Observations of Swarms of Antarctic Krill (*Euphausia superba*) Made Using a Multi-Beam Echosounder // Deep Sea Research Part II. Topical Studies in Oceanography. V. 57. Iss. 7–8. P. 508–518.
- Everson I. 2000 a. Role of Krill in Marine Food Webs, the Southern Ocean // Krill: Biology, Ecology and Fisheries / Ed. I. Everson. Fisheries and Aquatic Resources. Series 6. Oxford: Blackwell Science. P. 194–201.
- Everson I. 2000 b. Distribution and Standing Stock // Krill: Biology, Ecology and Fisheries / Ed. I. Everson. Fish and Aquatic Resources. Series 6. Oxford: Blackwell Science. P. 63–79.
- Fahrbach E., Rohardt G., Schroder M., Strass V. 1994. Transport and Structure of the Weddell Gyre // Annalae Geophysicae. 12. P. 840–855.
- Flores H., Van Franeker J.A., Siegel V., Haraldsson M., Strass V., Meesters E.H., Bathmann U., Wolff W.J. 2012. The Association of Antarctic Krill *Euphausia superba* with the Under-Ice Habitat // PLoS ONE. V. 7. Iss. 2: e31775.
- Gibbons M.J., Spiridonov V.A., Tarling G.A. 1999. Euphausiacea // South Atlantic Zooplankton. Leiden: Backhuys Publishers. P. 1241–1279.
- Hewitt R.P., Watkins J.L., Naganobu M., Tshernyshkov P., Brierley A.S., Demer D.A., Kasatkina S., Takao Y., Goss C., Malyshko A., Brandon M.A., Kawaguchi S., Siegel V., Trathan P.N., Emery J.H., Everson I., Miller D.G.M. 2002. Setting a Precautionary Catch Limit for Antarctic Krill // Oceanography. V. 15. № 3. P. 26–33.
- Hewitt R.P., Demer D.A. 2000 The Use of Acoustic Sampling to Estimate the Dispersion and Abundance of Euphausiids, with an Emphasis on Antarctic

- Krill, *Euphausia superba* // Fisheries Research. 47. P. 215–229.
- Kasatkina S.M. 1997. Assessment of Krill Flux Factors in Waters of South Orkney Islands During Summer 1996 // CCAMLR Science. V. 4. P. 195–204.
- Macaulay M.C., English T.S., Mathisen O.E. 1984. Acoustic Characterisation of Swarms of Antarctic Krill (*Euphausia superba*) from Elephant Island and Bransfield Strait // Journal of Crustacean Biology. 4. P. 16–44.
- Mackintosh N.A. 1972. Life Cycle of Antarctic Krill in Relation to Ice and Water Condition // Discovery Rep. V. 26. P. 1–94.
- MacLennan D.N., Fernandes P.G., Dalen J. 2002. A Consistent Approach to Definitions and Symbols in Fisheries Acoustics // ICES Journal of Marine Science. V. 59. P. 365–369.
- Marr J.W.S. 1962. The Natural History and Geography of the Antarctic Krill (*Euphausia superba* Dana) // Discovery Rep. V. 32. P. 33–464.
- Murphy E.J., Watkins J.L., Trathan P.N., Reid K., Meredith M.P., Thorpe S.E., Johnston N.M., Clarke A., Tarling G.A., Collins, M.A., Forcada J., Shreeve R.S., Atkinson A., Korb R., Whitehouse M.J., Ward P., Rodhouse P.G., Enderlein P., Hirst A.G., Martin A.R., Hill S.L., Staniland I.J., Pond D.W., Briggs D.R., Cunningham N.J., Fleming A.H. 2006. Spatial and Temporal Operation of the Scotia Sea Ecosystem: A Review of Large-Scale Links in a Krill Centered Food Web // Phil. Trans. R. Soc. B. 362. P. 113–148.
- Sahrhage D. 1989. Hydroacoustic Detection of Krill During «Polarstern» Cruises ANT V/1 (1986) and ANT VI/1 (1987) // Arch. Fish. Wiss. V. 39 (Beih. 1). P. 73–80.
- Siegel V. 2012. Krill Stocks in High Latitudes of the Antarctic Lazarev Sea: Seasonal and Interannual Variation in Distribution, Abundance and Demography // Polar Biol. V. 35 (8). P. 1151–1177.
- Siegel V., Reiss C., Dietrich K., Haraldsson M., Rohardt G. 2013. Distribution and Abundance of Antarctic Krill (*Euphausia superba*) along the Antarctic Peninsula // Deep-Sea Res. Part I: Oceanographic Research Papers. V. 77. P. 63–74.
- Simmonds J., MacLennan D. 2005. Fisheries Acoustics: Theory and Practice. 324 p.
- Stein M. 1988. Variation of Geostrophic off the Antarctic Peninsula and in the Southwest Scotia Sea, 1975–1985 // Antarctic Ocean and Resources Variability / Ed. D. Sahrhage. Berlin: Springer-Verlag. P. 81–91.
- Trathan P.N., Watkins J.L., Murray A.W.A., Briereley A.S., Everson I., Goss C., Priddle J., Reid K., Ward P., Hewitt R., Demer D., Naganobu M., Kawaguchi S., Sushin V., Kasatkina S.M., Hedley S., Kim S., Pauly T. 2001. The CCAMLR-2000 Krill Synoptic Survey: A Description of the Rationale and Design // CCAMLR Science. V. 8. P. 1–24.

Поступила в редакцию 13.05.15 г.
Принята после рецензии 18.06.15 г.

Hydroacoustic Observation of Antarctic Krill (*Euphausia superba*) in Atlantic Sector of Antarctica During 2010/11 season

D. Sologub

Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography (FSBSI «VNIRO», Moscow)

Hydroacoustic observations of Antarctic krill were made during the 27th Antarctic expedition of the RV «Polarstern» in CCAMLR Subareas 48.1, 48.2, 48.5 and 48.6 including in the central part of the Weddell Sea. Hydroacoustic data were collected using two-frequency echo sounder (70 and 120 kHz) «SIMRAD EK 60». Nautical Area Scattering Coefficient (NASC) was used for characteristic of krill density. NASC was calculated from 10 to 300 m depths with EDSU 5 nm. Maximal NASC values (average $44,4 \pm 3,1 \text{ m}^2/\text{n.m}^2$) were recorded in the Antarctic Peninsula region (Subarea 48.1). Increasing of NASC was recorded in regions corresponding to the Antarctic Circumpolar Current, the Coastal Current and the circulation around the Maud Rise. NASC values in the central part of the Weddell Sea (between 15° and 45° W) were extremely low, mainly less than $1 \text{ m}^2/\text{n.m}^2$. Extremely low NASC indicates the absence of krill swarms in the central part of the Weddell Sea and probably connected with large-scale circulation of the Atlantic sector of Antarctica.

Key words: Antarctic krill *Euphausia superba*, Atlantic sector of Antarctica, hydroacoustic observation, NASC.