

УДК 574.62+595.383.1(269.4)+574.34

Сезонная динамика распределения промысловых скоплений и уловов антарктического криля в Атлантическом секторе Антарктики*Д. О. Сологуб, В. А. Бизиков*

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

Выполнен анализ распределения и сезонной динамики уловов антарктического криля *Euphausia superba* в подрайонах 48.1, 48.2 и 48.3 Атлантического сектора Антарктики. Уловы на промысловое усилие рассматриваются в качестве индекса плотности промысловых скоплений. Распределение и сезонная динамика уловов криля в подрайоне 48.2 в течение сезонов 2008/2009, 2009/2010 и 2010/2011 гг. показала, что до середины антарктического лета происходит формирование плотных промысловых скоплений криля, с середины лета до конца осени промысловые скопления относительно стабильны, что обеспечивает высокие уловы. В конце осени и начале лета плотность промысловых скоплений существенно снижается вплоть до практически полного исчезновения промысловых скоплений. При этом изменения плотности происходят единовременно над шельфом, склоном и в океанической части подрайона 48.2. Сходная, ярко выраженная сезонная динамика промысловых показателей была выявлена в подрайонах 48.1, 48.2 и 48.3 в ходе анализа данных промысловой статистики за 30 промысловых сезонов с 1984/1985 до 20013/2014 гг. В результате выполненных исследований было установлено, что в каждом из рассматриваемых подрайонов на протяжении 6–7 месяцев численность антарктического криля находится на высоком уровне. В течение оставшихся 5–6 месяцев в подрайонах 48.1, 48.2 и 48.3 наблюдается низкая численность криля. Показано, что наблюдаемые изменения численности антарктического криля происходят последовательно в подрайонах 48.1, 48.2 и 48.3, что хорошо согласуется с особенностями горизонтальной циркуляции в Атлантическом секторе Антарктики. В связи с этим сезонные изменения численности криля в Атлантическом секторе Антарктики могут быть связаны с сезонными горизонтальными миграциями криля с потоками течений.

Ключевые слова: антарктический криль *Euphausia superba*, Атлантический сектор Антарктики, распределение уловов, сезонная динамика уловов, сезонная динамика численности, горизонтальные миграции.

ВВЕДЕНИЕ

Антарктический криль (*Euphausia superba* Dana, 1850) распространён циркумполярно в водах Южного океана, встречаясь от прибрежной зоны до северной границы Антарктической конвергенции [Marr, 1962; Маслен-

ников, 1980]. В пределах своего громадного ареала криль распределён весьма неравномерно, при этом более половины общего запаса сосредоточено в Атлантическом секторе Антарктики [Atkinson et al., 2008]. Плотные скопления антарктического криля формируются в районе

северо-западнее Антарктического полуострова и в море Скоша, в области Вторичной Фронтальной зоны (ВФЗ), где происходит смешение вод моря Уэдделла и Антарктического циркумполлярного течения (АЦТ) [Hewitt et al., 2002; Murphy et al., 2006]. Именно здесь, в районе Антарктического полуострова и ВФЗ, в статистических подрайонах 48.1 (Южные Шетландские о-ва), 48.2 (Южные Оркнейские о-ва) и 48.3 (о. Южная Георгия), расположены традиционные районы международного промысла криля [CCAMLR, 2015].

Распределение и численность антарктического криля в пределах его ареала подтверждены существенной сезонной динамике. Некоторые исследователи отмечают наличие периода высокой численности антарктического криля продолжительностью 7–8 месяцев в году, при этом сезонность массовых скоплений криля во всех районах Южного океана обусловлена нерестово-нагульным характером скоплений, которые рассеиваются с окончанием сезона размножения и вегетации [Любимова и др., 1983; Латогурский и др., 1990; Сушин и др., 1990].

Ф. Зигель [Siegel, 1988] показал, что в проливе Брансфилд и прилегающих акваториях сезонное увеличение численности криля наблюдается с начала декабря, достигает максимума в феврале-марте, а в июне-июле криль практически исчезает. К юго-западу от пролива Брансфилд, в районе архипелага Палмер, численность криля достигает минимальных значений уже в апреле-мае. В качестве основной причины снижения численности криля в пределах океанических участков подрайона 48.1 в зимний период Ф. Зигель называет сезонные миграции криля в шельфовые районы [Siegel, 1988, 2000]. Концепция сезонного перераспределения криля между океаническими и шельфовыми участками подрайона 48.1, разработанная Ф. Зигелем, подтверждается результатами исследований ряда авторов, свидетельствующих о значительной роли активных перемещений в распределении антарктического криля [Kils, 1982; Cresswell et al., 2007].

Несмотря на продолжительную историю исследований антарктического криля и значительные результаты, достигнутые в изучении различных аспектов его биологии и жизненного цикла, до настоящего времени остается

слабоизученной сезонная динамика численности и распределения промысловых скоплений криля. Неполнота данных связана с тем, что большинство экспедиционных исследований по оценке распределения и численности антарктического криля выполнены в период антарктического лета. И только данные научного наблюдения на промысле могут служить источником информации по распределению и численности криля на протяжении всего года.

Целью настоящей работы является анализ и обобщение материалов промысловой статистики и научного наблюдения, касающихся сезонной динамики распределения и численности антарктического криля в основных районах его промысла в Атлантическом секторе Антарктики: статистических подрайонах АНТКОМ 48.1, 48.2 и 48.3.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Сезонная динамика распределения скоплений антарктического криля в районе Южных Оркнейских о-вов (статистический подрайон АНТКОМ 48.2) была исследована по данным уловов двух промысловых траулеров: российского РТМК-С «Максим Старостин» (в январе-июне 2009 г. и в январе-марте 2010 г.) и корейского «In Sung Ho» в апреле-июле 2011 г. (рис. 1).

Оба судна вели промысел криля пелагическими тралами различных конструкций на горизонтах от 300 до 20 м. РТМК-С «Максим Старостин» в сезон 2008/2009 гг. применял 4 вида тралов: «DANA 400m/2000» и «Maritime — 400 Krill» для промысла по традиционной технологии; бим-трап «Севрыбпроект» и бим-трап «Maritiem» для непрерывного лова криля [Сологуб и др., 2017]. В сезон 2009/2010 гг. судно использовало для тралений по традиционной технологии разноглубинный трал «2737», а для технологии непрерывного лова — бим-трап «Севрыбпроект». Корейский траулер «In Sung Ho» в сезоне 2010/2011 гг. осуществлял траления по традиционной технологии разноглубинным тралом. Поиск скоплений судами осуществлялся с помощью рыбопромысловой гидроакустической аппаратуры. Сводная информация по количеству промысловых усилий траулеров «Максим Старостин» и «In Sung Ho» представлена в табл. 1.

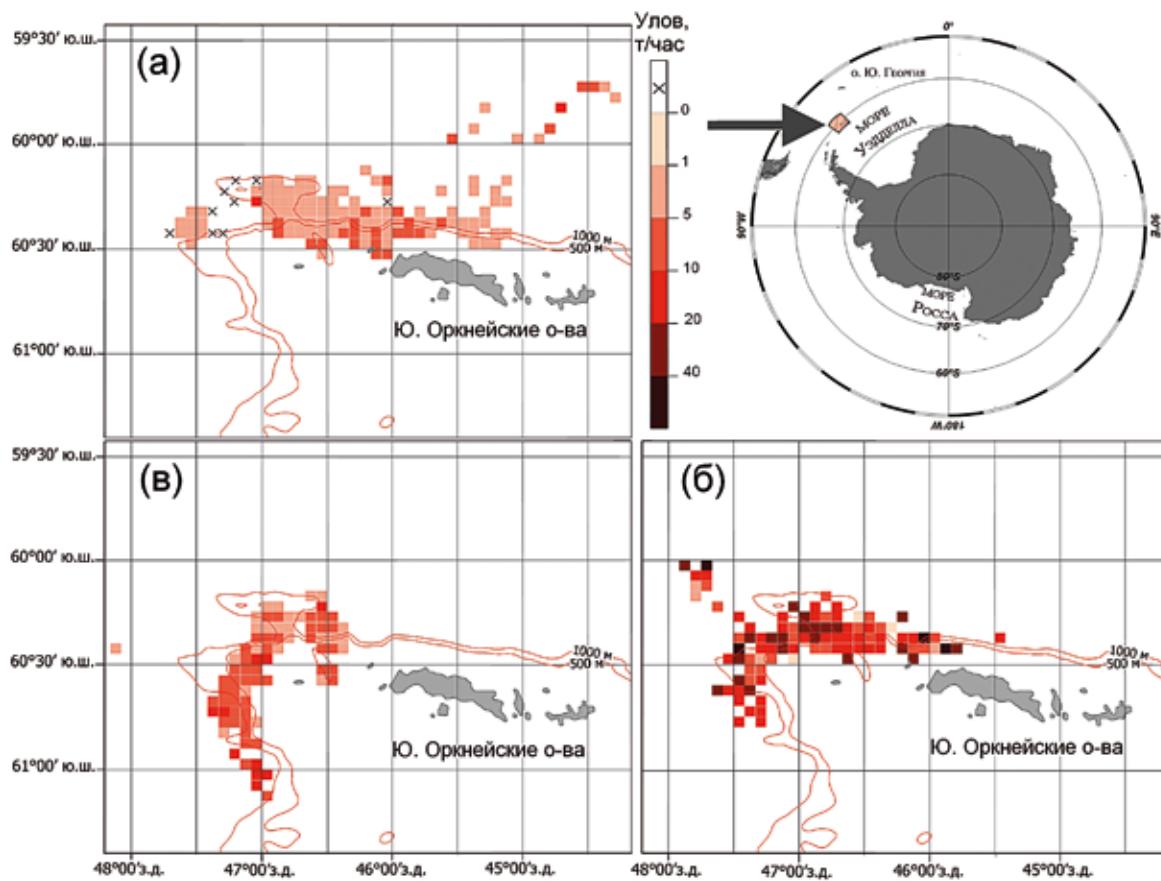


Рис. 1. Район промысла и распределение уловов на час траления судна РТМК-С «Максим Старостин» в 2009 г. (а) и в 2010 г. (б) и судна «In Sung Ho» в 2011 г. (в) в районе Южных Оркнейских о-вов

Таблица 1. Количество промысловых усилий траулеров «Максим Старостин» и «In Sung Ho», выполненных в районе Южных Оркнейских о-вов в промысловые сезоны 2008/2009, 2009/2010 и 2010/2011 гг. и площадь района промысла

Сезон промысла	Месяц	Площадь района работ, кв. миль	Количество выполненных тралений, шт.			
			Шельф (0–500 м)	Склон (500–1000 м)	Океанические участки (>1000 м)	Весь район работ
2008/2009	Январь	1400	17	9	62	88
	Февраль	1650	81	59	65	205
	Март	1600	130	28	57	215
	Апрель	1075	119	34	21	174
	Май	950	168	37	28	233
	Июнь	525	8	6	15	29
Весь сезон (январь-июнь)		3525	523	173	248	944

Сезон промысла	Месяц	Площадь района работ, кв. миль	Количество выполненных тралений, шт.			
			Шельф (0–500 м)	Склон (500–1000 м)	Океанические участки (>1000 м)	Весь район работ
2009/2010	Январь	1100	21	25	39	85
	Февраль	1125	51	20	12	83
	Март	1050	11	29	30	70
	Весь сезон (январь-март)	2325	83	74	81	238
2010/2011	Апрель	425	11	9	100	120
	Май	825	72	60	46	178
	Июнь	1500	156	95	133	384
	Июль	100	12	7	7	26
	Весь сезон (апрель-июль)	2000	251	171	286	708

Для целей исследования различия в уловистости тралов различных конструкций не принимались во внимание, и данные уловов всех видов тралов анализировались вместе. Как известно, уловистость промысловых крилевых тралов может изменяться в широких пределах в зависимости от их конструкции, а также от типа и состава скоплений криля, сезона и времени суток [Касаткина, 2004; Akishin, 2003]. В связи с этим рассчитать индекс плотности распределения криля по уловам не представлялось возможным, и в качестве характеристики плотности распределения криля использовались средние уловы на час траления (т/ч).

Для удобства сопоставления данных о распределении промысловых скоплений антарктического криля весь район работ вокруг Южных Оркнейских о-вов был разделен на квадраты (страты) со стороной 5 миль (площадь 25 кв. миль). Средний улов на час траления (т/ч) рассчитывался для каждой страты за каждый месяц промысла. Такая обработка данных позволила избежать погрешностей интерполяции данных нерегулярной сетки станций. Кроме того, для каждого месяца и промыслового сезона были рассчитаны средние уловы на час траления раздельно по трём районам: шельф (глубины от 0 до 500 м), склон (глубины от 500 до 1000 м) и океанические участки (глубины более 1000 м).

Построение карт распределения средних уловов на час траления выполнялось с помощью программы ГИС «Картмастер» [Бизиков и др., 2006, 2013].

Многолетняя (межгодовая и сезонная) изменчивость распределения промысловых скоплений криля была проанализирована по данным промысловой статистики за 30 промысловых сезонов с 1984/1985 по 2013/2014 гг., собранным в рамках международного научного наблюдения в промысловых подрайонах 48.1, 48.2 и 48.3 Атлантического сектора Антарктики и представленным в Статистическом бюллетене АНТКОМ [CCAMLR, 2015].

РЕЗУЛЬТАТЫ

Анализ хода промысла в районе Южных Оркнейских островов в сезоны 2008/2009, 2009/2010 и 2010/2011 гг. Промысловый сезон 2008/2009 гг. В течение сезона судно вело промысел криля к северу и северо-западу от Южных Оркнейских о-вов на акватории площадью около 3525 кв. миль (табл. 1). Уловы криля находились в пределах от 0 до 16 т/ч; средний улов за сезон составил $4,7 \pm 0,06$ т/ч (табл. 2). Средние уловы криля на шельфе ($4,1 \pm 0,09$ т/ч) и склоне Южных Оркнейских о-вов ($4,1 \pm 0,14$ т/ч) оказались несколько выше по сравнению с уловами в океанической части района работ ($3,4 \pm 0,1$ т/ч).

В январе судно выполняло поиск промысловых скоплений криля, траления осуществлялись на обширной акватории (около 1400 кв. миль) к северу от Южных Оркнейских о-вов (рис. 2). В связи с этим промысловые усилия были сосредоточены в океанической части района работ (табл. 1). В ходе этого поиска 11 января на океаническом участке с глубинами 4000–5000 м к северу от 60°00' ю.ш. было обнаружено большое промысловое скопление криля. Однако это скопление оказалось нестабильным: быстро перемещаясь с потоками течений с 12 по 14 января, к 15 января оно распалось на отдельные небольшие скопления. Средний улов криля в январе составил $3,0 \pm 0,17$ т/ч.

В феврале промысел осуществлялся к северу и северо-западу от Южных Оркнейских о-вов на акватории площадью около 1650 кв. миль (табл. 1, рис. 2). В этот период на участ-

ке 46°30' з.д.—47°00' з.д. были обнаружены устойчивые промысловые скопления криля с уловами до 15 т/ч траления. В районе шельфа выполнено 81 траление, над склоном — 59 тралений. Средний улов криля в феврале составил $3,3 \pm 0,1$ т/ч.

В марте судно продолжало вести промысел над северо-западным шельфом Южных Оркнейских о-вов на акватории площадью около 1600 кв. миль (рис. 2). Попытки поиска скоплений к западу от 47°00' з.д. были безуспешными. Уловы в марте постепенно росли и в среднем за месяц составили $5,2 \pm 0,12$ т/ч (табл. 2). Основной промысел был сосредоточен на шельфе Южных Оркнейских о-вов: здесь было выполнено 130 тралений (табл. 1), уловы достигали 25 т/ч.

В апреле район промысла не изменил положения, по сравнению с марта, но сократился по площади до 1075 кв. миль (рис. 2). Уловы

Таблица 2. Средние уловы криля на час траления (т/ч \pm ст. ошибка) в районе Южных Оркнейских о-вов в промысловые сезоны 2008/2009, 2009/2010 и 2010/2011 гг.

Сезон промысла	Месяц	Средний улов криля на час траления по выделенным районам, т/ч			
		Шельф (0–500 м)	Склон (500–1000 м)	Океанические участки (>1000 м)	Весь район работ
2008/2009	Январь	$1,7 \pm 0,21$	$4,2 \pm 0,82$	$3,2 \pm 0,19$	$3,0 \pm 0,17$
	Февраль	$3,7 \pm 0,20$	$3,5 \pm 0,14$	$2,5 \pm 0,14$	$3,3 \pm 0,10$
	Март	$5,9 \pm 0,14$	$4,4 \pm 0,37$	$3,8 \pm 0,23$	$5,2 \pm 0,12$
	Апрель	$7,0 \pm 0,22$	$7,7 \pm 0,28$	$5,4 \pm 0,34$	$7,0 \pm 0,17$
	Май	$5,9 \pm 0,13$	$3,9 \pm 0,32$	$4,9 \pm 0,40$	$5,5 \pm 0,12$
	Июнь	$0,5 \pm 0,07$	$0,7 \pm 0,12$	$0,6 \pm 0,06$	$0,4 \pm 0,03$
	Весь сезон (январь-июнь)	$4,1 \pm 0,09$	$4,1 \pm 0,14$	$3,4 \pm 0,10$	$4,7 \pm 0,06$
2009/2010	Январь	$10,5 \pm 1,95$	$14,4 \pm 1,23$	$9,1 \pm 1,13$	$11,0 \pm 0,80$
	Февраль	$17,2 \pm 0,93$	$21,0 \pm 1,34$	$21,3 \pm 1,75$	$18,7 \pm 0,71$
	Март	$11,1 \pm 0,92$	$18,5 \pm 1,23$	$17,1 \pm 0,91$	$16,7 \pm 0,67$
	Весь сезон (январь-март)	$12,9 \pm 0,78$	$18,0 \pm 0,74$	$15,8 \pm 0,74$	$15,4 \pm 0,44$
2010/2011	Апрель	$11,3 \pm 1,15$	$7,6 \pm 0,59$	$10,6 \pm 0,26$	$10,4 \pm 0,18$
	Май	$8,3 \pm 0,28$	$7,7 \pm 0,18$	$7,6 \pm 0,28$	$7,9 \pm 0,12$
	Июнь	$7,5 \pm 0,19$	$5,6 \pm 0,13$	$5,6 \pm 0,09$	$6,4 \pm 0,09$
	Июль	$6,1 \pm 0,58$	$2,9 \pm 0,31$	$3,6 \pm 0,22$	$4,5 \pm 0,31$
	Весь сезон (апрель-июль)	$8,3 \pm 0,16$	$5,9 \pm 0,11$	$6,8 \pm 0,13$	$7,4 \pm 0,08$

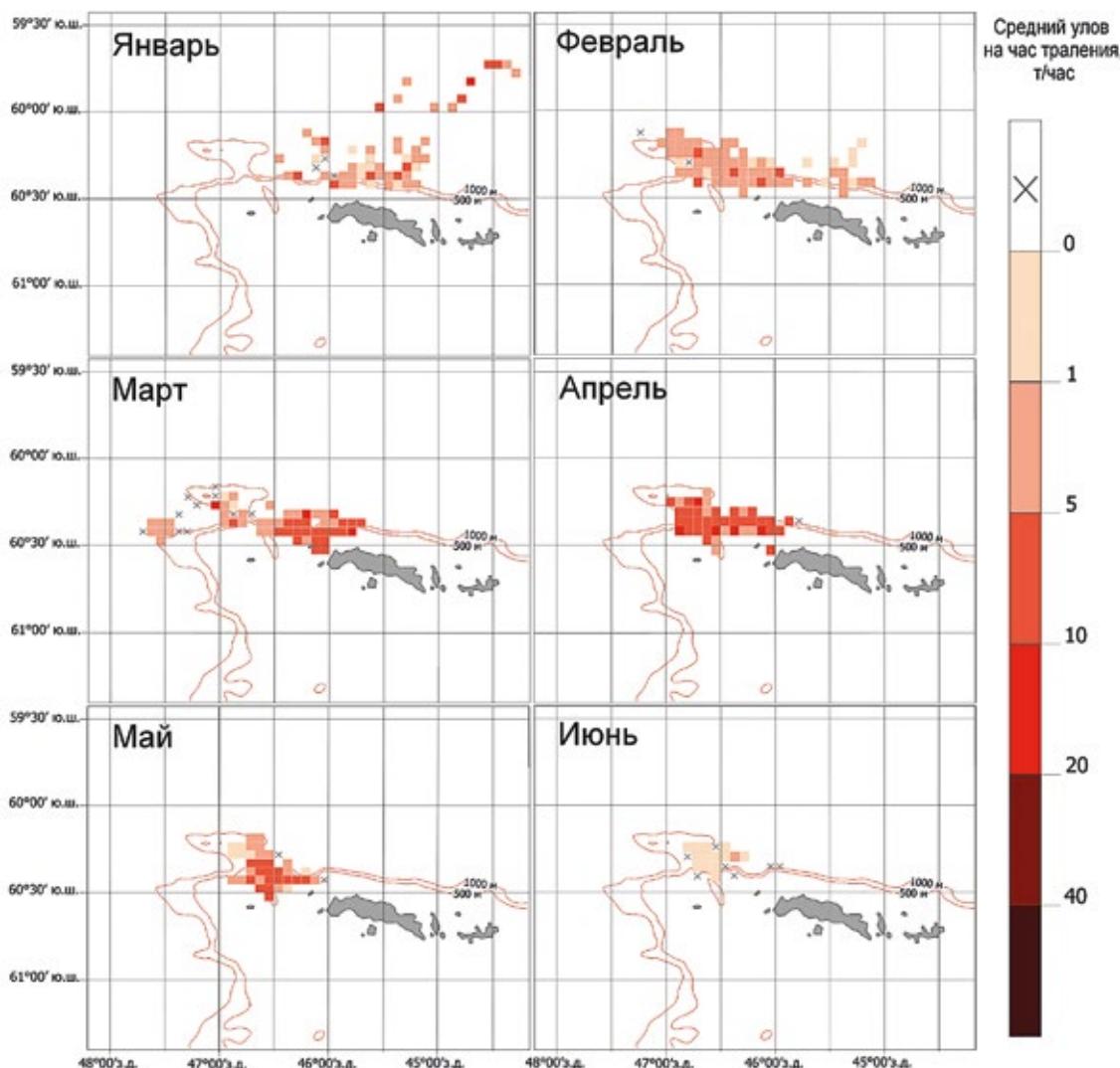


Рис. 2. Распределение уловов криля на час траления (т/ч) в районе Южных Оркнейских о-вов в январе-июне 2009 г. (по данным РТМК-С «Максим Старостин»)

продолжали расти и в среднем по району работ составили $7,0 \pm 0,17$ т/ч (табл. 2). Промысел осуществлялся преимущественно в районе склона, где было выполнено 119 тралений (табл. 1).

В мае район промысла ещё более сократился по площади — до 950 кв. миль (рис. 2). Уловы снизились по сравнению с апрелем и в среднем за месяц составили $5,5 \pm 0,12$ т/ч (табл. 2). Наиболее высокие уловы (до 20 т/ч; в среднем $5,9 \pm 0,13$ т/ч) были получены на шельфе Южных Оркнейских о-вов, где было выполнено 168 тралений (табл. 1).

В июне промысел продолжался в прежнем районе, но в отсутствие скоплений криля со-

кратился до небольшого участка площадью около 525 кв. миль (рис. 2). Средние уловы существенно снизились по сравнению с предыдущими месяцами и составили $0,4 \pm 0,03$ т/ч (табл. 2). Снижение уловов произошло повсеместно: в океанической части района работ ($0,6 \pm 0,06$ т/ч), на склоне ($0,7 \pm 0,12$ т/ч) и в районе шельфа ($0,5 \pm 0,07$ т/ч).

Таким образом, в сезон 2008/2009 гг. наблюдалось увеличение уловов антарктического криля в период с января ($3,0 \pm 0,17$ т/ч) по апрель ($7,0 \pm 0,17$ т/ч). После этого произошло резкое снижение уловов до $0,4 \pm 0,03$ т/ч в июне. Средние уловы криля в океанической части района работ, на склоне и в районе шель-

фа показывают сходную сезонную динамику (табл. 2).

Динамика количества промысловых усилий в районе шельфа Южных Оркнейских о-вов показывает увеличение количества тралений с января (17 тралений) по май (168 тралений) (табл. 1). Однако в июне было выполнено только 8 тралений в районе шельфа. В океанической части района работ, напротив, наблюдалось снижение количества тралений с января (62 траления) по июнь (15 тралений). В районе склона количество промысловых операций увеличивалось с января по февраль (с 9 до 59 тралений), после этого наблюдалось постепенное снижение количества тралений до 6 в июне.

Промысловый сезон 2009/2010 гг. В течение сезона судно вело промысел криля к западу и северо-западу от Южных Оркнейских о-вов на акватории площадью около 2325 кв. миль (рис. 3). Средние уловы по сравнению с сезоном 2008/2009 гг. выросли трёхкратно, до $15,4 \pm 0,44$ т/ч, а отдельные уловы достигали 82 т/ч (табл. 2). Наиболее высокие уловы в течение сезона отмечались на скло-

не — в среднем $18 \pm 0,74$ т/ч траления. На шельфе и в океанических участках средние уловы за сезон были ниже: $12,9 \pm 0,78$ т/ч и $15,8 \pm 0,74$ т/ч, соответственно.

В январе судно вело промысел криля в районе склона к северо-западу от Южных Оркнейских о-вов на акватории площадью около 1100 кв. миль; средние уловы за месяц составили $11,0 \pm 0,8$ т/ч (рис. 3, табл. 2). Кроме того, плотные промысловые скопления криля с уловами до 82 т/ч были обнаружены в пелагиали к северо-западу от архипелага, над глубинами от 1000 до 5000 м. Поисковые работы, выполненные восточнее $45^{\circ}45'$ з.д. с помощью гидроакустической аппаратуры, показали практически полное отсутствие в этом районе скоплений криля. В океанической части района в январе было выполнено 39 тралений, над склоном и шельфом — 25 и 21 траление, соответственно (табл. 1).

В феврале промысел распространялся в юго-западном направлении вдоль склона до $60^{\circ}35'$ ю.ш. на площади около 1125 кв. миль (рис. 3). Среднемесячные уловы составили

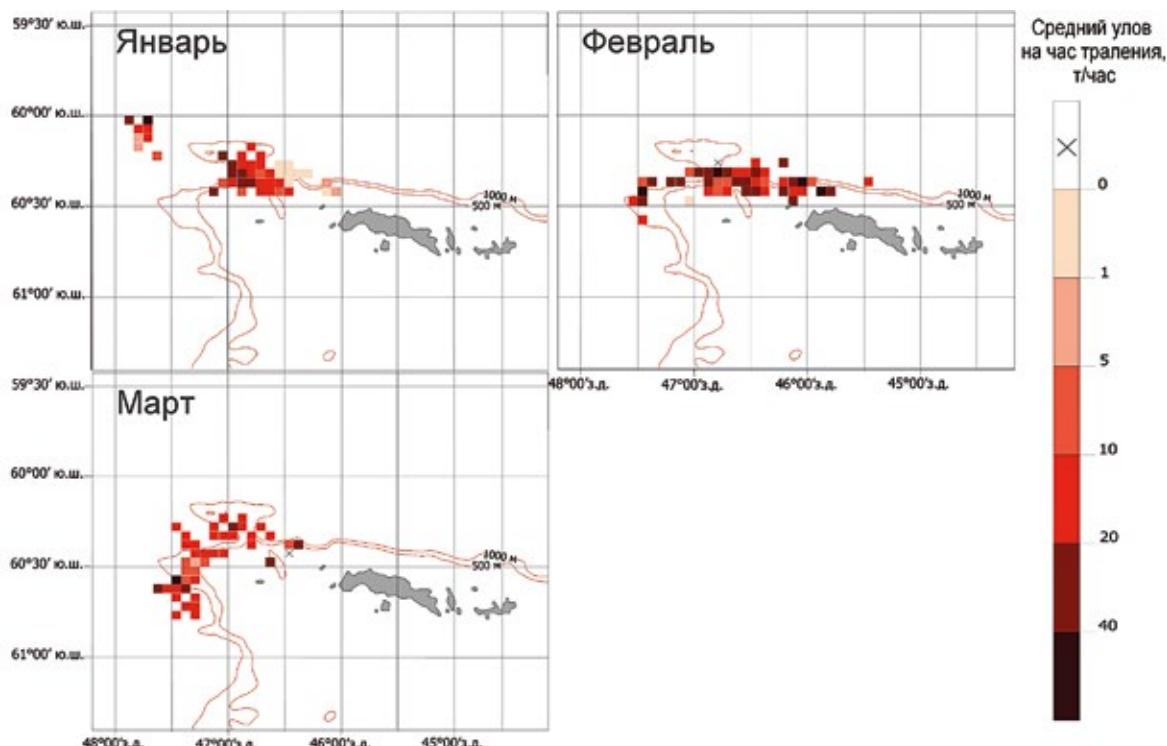


Рис. 3. Распределение средних уловов криля на час траления (т/ч) в районе Южных Оркнейских о-вов в январе-марте 2010 г. (по данным РТМК-С «Максим Старостин»)

$18,7 \pm 0,71$ т/ч; максимальные уловы достигали $60,3$ т/ч. Траления в основном выполнялись на шельфе (51 траление). Над склоном было выполнено 20 тралений, в океанической части района — 12 тралений (табл. 1).

В марте промысел продолжал смещаться вдоль шельфового склона в юго-западном направлении (рис. 3). Площадь акватории промысла составила около 1050 кв. миль; средние уловы несколько снизились по сравнению с февралем — $16,7 \pm 0,67$ т/ч (табл. 2). В отличие от февраля, большинство тралений в марте было выполнено в океанической части района (30 тралений) и над склоном (29 тралений).

В целом, в сезон 2009/2010 гг. наблюдалось увеличение уловов антарктического криля с января ($11,0 \pm 0,8$ т/ч) по февраль ($18,7 \pm 0,71$ т/ч) и снижение уловов с февраля по март ($16,7 \pm 0,67$ т/ч). Уловы криля в океанической части района работ, на склоне и в районе шельфа изменялись сходным образом в течение рассматриваемого сезона (табл. 2).

Динамика количества промысловых усилий в районе шельфа Южных Оркнейских о-вов показывает увеличение количества тралений с января (21 траление) по февраль (51 траление) и снижение с февраля по март (11 тралений) (табл. 1). В океанической части района работ наблюдалась обратная ситуация: происходило снижение количества тралений с января (39 тралений) по февраль (12 тралений) и увеличение с февраля по март (30 тралений). В районе склона количество промысловых усилий практически не изменялось с января по март.

Промысловый сезон 2010/2011 гг. В течение сезона судно вело промысел криля преимущественно к западу от Южных Оркнейских о-вов на участке площадью около 2000 кв. миль (рис. 4). По сравнению с двумя предыдущими годами в 2011 г. скопления криля располагались значительно южнее, достигая $61^{\circ}10'$ ю.ш., в то время как на шельфовом склоне восточнее $46^{\circ}15'$ з.д., где в 2009 и 2010 гг. суда имели стабильно высокие уловы, в 2011 г. скоплений криля обнаружить не удалось.

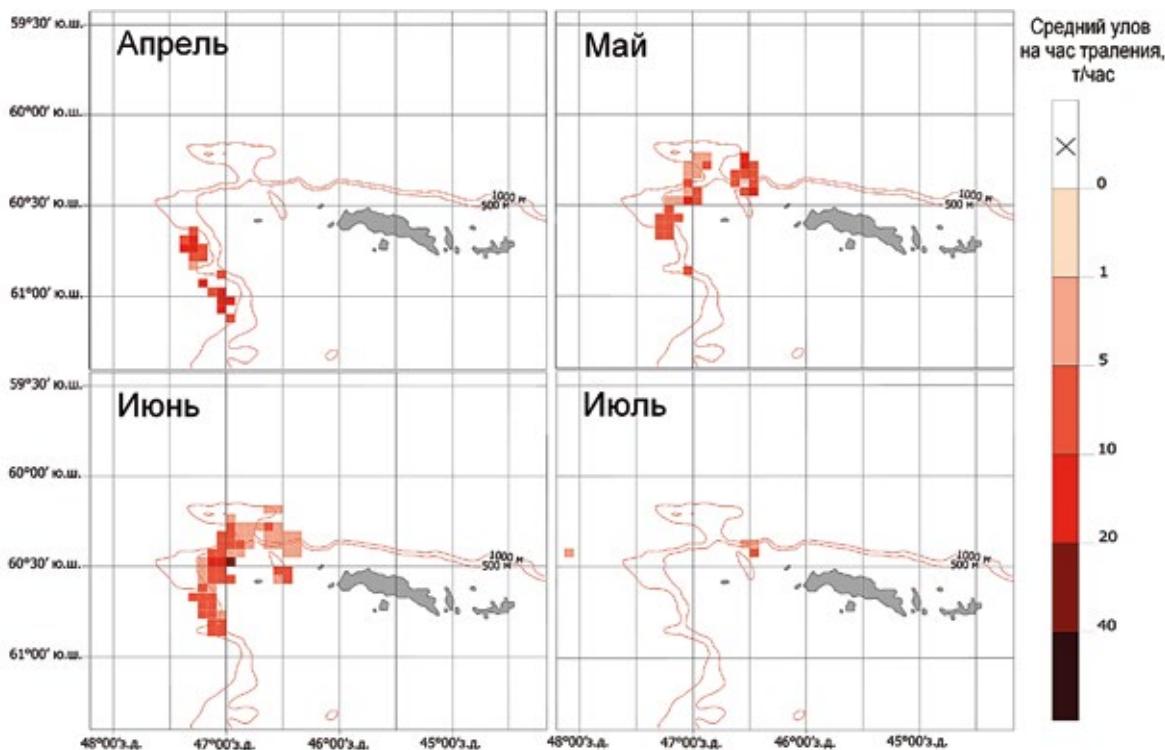


Рис. 4. Распределение средних уловов на час траления (т/ч) в районе Южных Оркнейских о-вов в апреле-июле 2011 г. (по данным судна «In Sung Ho»)

Средние уловы за весь промысловый сезон составили $7,4 \pm 0,08$ т/ч; максимальные — до 37 т/ч (табл. 2). Наибольшие уловы в течение сезона были отмечены в районе шельфа Южных Оркнейских о-вов — в среднем $8,3 \pm 0,16$ т/ч. Над склоном и в океанических участках средние уловы были ниже: $5,9 \pm 0,11$ т/ч и $6,8 \pm 0,13$ т/ч, соответственно.

В апреле судно вело промысел на небольшой акватории площадью около 425 кв. миль (рис. 4). Уловы по району работ изменялись от 1,6 т/ч до 31,7 т/ч траления и в среднем составили $10,4 \pm 0,18$ т/ч (табл. 2). Основные промысловые усилия (100 тралений) были сосредоточены в океанической части района. На шельфе Южных Оркнейских о-вов было выполнено 11 тралений, в районе склона — 9 тралений (табл. 1).

В мае район промысла сместился к северо-востоку, в район шельфа и склона западнее и северо-западнее Южных Оркнейских о-вов, а его площадь увеличилась до 825 кв. миль (рис. 4). По сравнению с апрелем произошло некоторое снижение уловов. В мае уловы варьировали от 2,4 т/ч до 23 т/ч траления; в среднем по району — $7,9 \pm 0,12$ т/ч (табл. 2). Основные промысловые усилия в мае приходились на район шельфа (72 траления) и склона (60 тралений). В океанической части района было выполнено 46 тралений (табл. 1).

В июне судно вело поиск скоплений к западу и северо-западу от Южных Оркнейских о-вов, в связи с чем площадь района промысла увеличилась до 1500 кв. миль (рис. 4). Уловы в апреле варьировали от 1,7 до 37 т/ч, в среднем составляя $6,4 \pm 0,09$ т/ч траления (ниже, чем в апреле и мае) (табл. 2). В июне основное количество тралений (156 тралений) было выполнено над шельфом Южных Оркнейских о-вов. В океанической части района было выполнено 133 траления, над склоном — 95 тралений.

В июле площадь района промысла сократилась до 100 кв. миль. Траления были выполнены в пределах двух небольших участков к северо-западу от Южных Оркнейских о-вов (рис. 4), преимущественно в районе шельфа (табл. 1). Поисковые работы, выполненные с помощью гидроакустической аппаратуры, не показали наличия устойчивых промысловых скоплений криля. По сравнению с июнем уловы

в июле снизились: максимальный улов не превышал 15,8 т/ч траления; средний улов составил $4,5 \pm 0,31$ т/ч траления (табл. 2).

Таким образом, результаты промысла судна «In Sung Ho» в сезон 2010/2011 гг. показывают снижение уловов криля на час траления в период с апреля ($10,4 \pm 0,18$ т/ч) по июль ($4,5 \pm 0,31$ т/ч) (табл. 2). Наблюдаемая сезонная динамика уловов отчетливо прослеживалась в океанической части района работ, на склоне и в районе шельфа.

Количество промысловых усилий показало сходную сезонную динамику в океанической части района работ, на склоне и в районе шельфа наблюдалось увеличение количества тралений с апреля по июнь и существенное снижение в июле (табл. 1). В тоже время в течение сезона 2010/2011 гг. происходило постепенное смещение промысловых усилий из океанической части района работ в район шельфа.

Сезонная динамика уловов и распределения промысловых скоплений криля в районе Южных Оркнейских о-вов. Анализ хода промысла в районе Южных Оркнейских о-вов в сезоны 2008/2009, 2009/2010 и 2010/2011 гг. показал, что в течение каждого сезона уловы криля подвержены значительным изменениям от месяца к месяцу, и эти изменения укладываются в общую схему, повторяющуюся из года в год с небольшими вариациями. В общем виде схема такова: с января по апрель в районе Южных Оркнейских о-вов происходит постепенный рост уловов, что свидетельствует о формировании промысловых скоплений и увеличении их плотности в этот период. Иногда они формируются над шельфом и склоном (сезон 2008/2009 г.), иногда — над склоном и в океанических участках (сезон 2009/2010 г.). Наиболее высокие уловы криля во все три исследованные сезона отмечены в апреле. В мае уловы начинают снижаться вплоть до окончания промысла в июне-июле. По сравнению с апрелем уловы в июле снизились в 2011 г. — в 2 раза, а в июне 2009 г. — в 7 раз (табл. 2).

Распределение уловов криля между шельфом, шельфовым склоном и океаническими участками существенно варьировало год от года. В сезон 2008/2009 гг. наибольшие уловы

криля (в апреле) были получены в районе шельфа и склона, в 2009/2010 гг. — в районе склона и в океанических участках, а в 2010/2011 гг. — над шельфом Южных Оркнейских о-вов (табл. 2). В тоже время было отмечено, что уловы криля, полученные в океанической части района работ, над склоном и в районе шельфа изменялись сходным образом в течение каждого из рассматриваемых сезонов.

Динамика распределения количества тралей за рассматриваемые сезоны свидетельствует о сезонном перераспределении промысловых усилий между океанической частью района работ, склоном и шельфом (табл. 1). В течение сезонов 2008/2009 и 2010/2011 гг. происходило постепенное снижение количества тралей, выполненных в океанической части района работ, и одновременное увеличение количества тралей, выполненных над шельфом Южных Оркнейских о-вов. По-видимому, промысловые скопления криля над шельфом и склоном в период антарктической осени и начала зимы более устойчивы, чем в океанической части района работ. При этом плотность скоплений в этот период снижается единовременно над шельфом, склоном и в океанической части района работ.

Сезонная динамика уловов и распределения криля в промысловых районах Атлантического сектора Антарктики. Возникает закономерный вопрос: если в районе Южных Оркнейских о-вов сезонная динамика распределения промысловых скоплений и уловов криля следует определённой повторяющейся из года в год схеме, насколько подобная динамика выражена в других районах Атлантического сектора Антарктики? Для ответа на этот вопрос были проанализированы данные из Статистического бюллетеня АНТКОМ [CCAMLR, 2015], касающиеся уловов криля в подрайонах 48.1, 48.2 и 48.3 за период с 1984/1985 по 2013/2014 гг. (30 промысловых сезонов).

На основании данных статистического бюллетеня АНТКОМ за период с 1984/1985 по 2013/2014 гг. для каждого подрайона и каждого месяца были рассчитаны: средний улов на час тралиния за месяц (т/ч), средний вылов за месяц (тыс. т) и суммарный вылов за месяц за весь 30-летний период (тыс. т).

Подрайон 48.1. Среднемесячные уловы криля на час тралиния в рассматриваемый период находились в пределах от $4,2 \pm 0,5$ т/ч (в ноябре) до $14,4 \pm 0,9$ т/ч (в апреле)

Таблица 3. Сезонная динамика средних уловов криля на час тралиния ($\text{т}/\text{ч} \pm \text{ст. ошибка}$) и среднего вылова за месяц ($\text{тыс. т} \pm \text{ст. ошибка}$) в промысловых подрайонах Атлантического сектора Антарктики за период с 1984/1985 по 2013/2014 гг.

Месяц	Подрайон 48.1		Подрайон 48.2		Подрайон 48.3	
	Средний улов на час тралиния, т/ч	Средний вылов за месяц, тыс. т	Средний улов на час тралиния, т/ч	Средний вылов за месяц, тыс. т	Средний улов на час тралиния, т/ч	Средний вылов за месяц, тыс. т
Декабрь	$7,2 \pm 0,4$	$2,5 \pm 0,3$	$4,8 \pm 0,3$	$7,0 \pm 1,2$	$4,5 \pm 0,3$	$4,5 \pm 0,3$
Январь	$8,4 \pm 0,5$	$7,5 \pm 0,8$	$7,2 \pm 0,4$	$8,7 \pm 1,0$	$3,6 \pm 0,7$	$3,6 \pm 0,7$
Февраль	$11,3 \pm 0,5$	$10,6 \pm 0,9$	$10,0 \pm 0,6$	$11,0 \pm 0,9$	$4,6 \pm 0,8$	$4,6 \pm 0,8$
Март	$12,6 \pm 0,6$	$11,3 \pm 0,8$	$11,7 \pm 0,6$	$14,3 \pm 1,6$	$4,9 \pm 0,7$	$4,9 \pm 0,7$
Апрель	$14,4 \pm 0,9$	$11,7 \pm 1,0$	$14,3 \pm 2,0$	$18,2 \pm 1,6$	$14,7 \pm 4,7$	$14,7 \pm 4,7$
Май	$12,6 \pm 1,0$	$10,3 \pm 1,0$	$16,2 \pm 1,0$	$15,3 \pm 1,3$	$12,5 \pm 1,3$	$12,5 \pm 1,3$
Июнь	$11,2 \pm 0,4$	$8,4 \pm 1,3$	$15,3 \pm 1,6$	$9,2 \pm 1,0$	$14,1 \pm 1,1$	$14,1 \pm 1,1$
Июль	$10,8 \pm 0,7$	$6,4 \pm 1,5$	$12,9 \pm 2,3$	$5,4 \pm 1,4$	$14,1 \pm 1,0$	$14,1 \pm 1,0$
Август	$13,7 \pm 1,7$	$4,5 \pm 1,3$	$4,6 \pm 0,0$	$0,3 \pm 0,0$	$9,5 \pm 0,7$	$9,5 \pm 0,7$
Сентябрь	$7,6 \pm 1,1$	$5,4 \pm 2,2$	$2,9 \pm 0,0$	$0,5 \pm 0,0$	$7,1 \pm 0,6$	$7,1 \pm 0,6$
Октябрь	$4,6 \pm 0,7$	$1,1 \pm 0,2$	$5,0 \pm 0,4$	$1,0 \pm 0,1$	$6,5 \pm 0,7$	$6,5 \pm 0,7$
Ноябрь	$4,2 \pm 0,5$	$1,6 \pm 0,3$	$4,9 \pm 0,2$	$4,9 \pm 0,9$	$2,1 \pm 0,2$	$2,1 \pm 0,2$

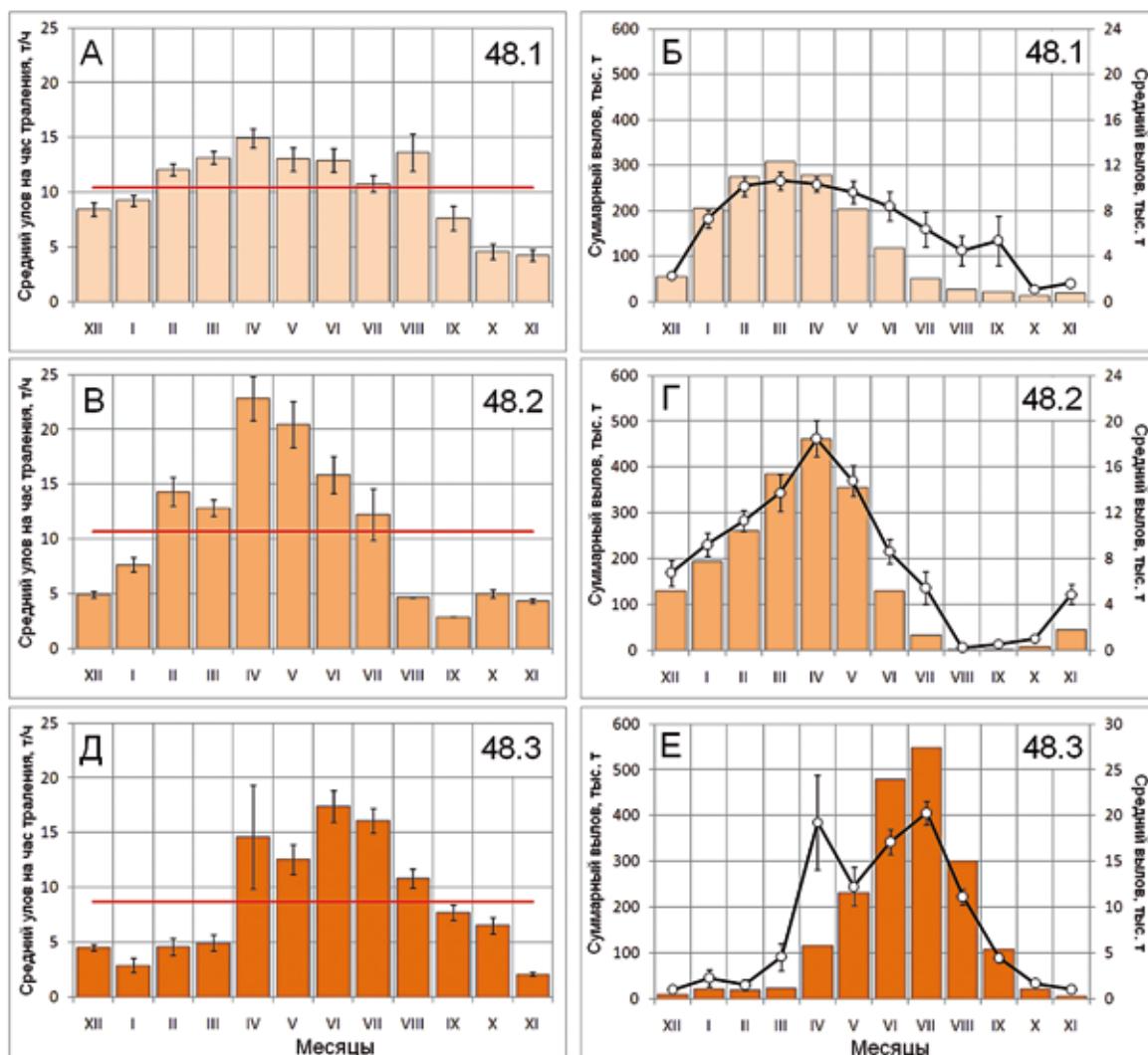


Рис. 5. Сезонная динамика уловов антарктического криля в подрайонах 48.1 (А, Б), 48.2 (В, Г) и 48.3 (Д, Е) Атлантического сектора Антарктики за период с 1984/1985 по 2013/2014 гг. А, В и Д — гистограммы среднемесячных уловов криля на промысловое усилие (т/ч) с декабря по ноябрь. Горизонтальная линия соответствует среднегодовому улову на час траления. Б, Г и Е — суммарный вылов криля по месяцам за весь период наблюдений (гистограмма) и среднемесячный вылов криля (график) с декабря по ноябрь. Планки погрешностей показывают стандартную ошибку

(табл. 3). Средний улов за весь 30-летний период составил $10,3 \pm 0,8$ т/ч. После минимума в ноябре среднемесячный улов на усилие устойчиво растёт с декабря ($7,2 \pm 0,4$ т/ч) по март ($12,6 \pm 1,0$ т/ч), в апреле достигает годового максимума ($14,4 \pm 0,9$ т/ч), а затем с мая по июль постепенно снижается с $12,6 \pm 1,0$ т/ч до $10,8 \pm 0,7$ т/ч. В августе он вновь повышается до $13,7 \pm 1,7$ т/ч, после чего в сентябре резко снижается до $7,6 \pm 1,1$ т/ч и далее — до $4,6 \pm 0,7$ т/ч в октябре (рис. 5 А). В целом по подрайону 48.1 среднемесячные уло-

вы на усилие выше среднегодового уровня ($10,3$ т/ч) отмечены с февраля по август (7 месяцев) и ниже этого уровня — с сентября по январь (5 месяцев).

Средний вылов криля за месяц в подрайоне 48.1 в течение рассматриваемого периода варьировал от $1,1 \pm 0,2$ тыс. т (в октябре) до $11,7 \pm 1,0$ тыс. т (в апреле) (рис. 5 Б). С ноября по март среднемесячный вылов постепенно растёт с $1,6 \pm 0,3$ тыс. т до $11,3 \pm 0,8$ тыс. т. В апреле он достигает максимума ($11,7 \pm 1,0$ тыс. т), но уже в мае он снижается до $10,3 \pm 1,0$ тыс. т

и далее продолжает постепенно снижаться до минимальных значений в октябре.

Сезонная динамика суммарного вылова криля по месяцам за рассматриваемый 30-летний период в подрайоне 48.1 в целом повторяет динамику среднемесячного вылова (рис. 5 Б). Наименьшие суммарные месячные выловы отмечены в октябре и ноябре (14,3 тыс. т и 19,3 тыс. т, соответственно). В декабре суммарный вылов увеличивается до 60,1 тыс. т и далее продолжает расти, достигая в феврале 285,8 тыс. т. В марте-апреле вылов держится на максимальном уровне: 329,0 тыс. т и 328,7 тыс. т, соответственно. В мае суммарный вылов снижается до 226,4 тыс. т и продолжает снижаться в последующие месяцы вплоть до минимальных значений в октябре-ноябре.

Подрайон 48.2. Среднемесячные уловы криля на час траления в рассматриваемый период варьировали от $2,9 \pm 0,0$ т/ч (в сентябре) до $16,2 \pm 1,0$ т/ч в мае (рис. 5 В, табл. 3). Средний улов за весь 30-летний период составил $10,5 \pm 1,0$ т/ч, т.е. не отличался достоверно от среднего улова в подрайоне 48.1. После периода минимальных уловов в сентябре, с октября по декабрь средний улов на усилие повышается и держится на уровне $4,8 - 5,0$ т/ч траления. В январе он возрастает до $7,2 \pm 0,4$ т/ч и в последующие месяцы постоянно растёт вплоть до мая, когда достигает максимальных за годовой цикл значений: $16,2 \pm 1,0$ т/ч. В июне-июле улов на усилие постепенно снижается до $15,3 \pm 1,6$ т/ч и $12,9 \pm 2,3$ т/ч, соответственно. В августе уловы на усилие резко падают до $4,6 \pm 0,0$ т/ч и в сентябре достигают годового минимума. В целом по подрайону 48.2 средние уловы криля на усилие превышают среднемноголетний уровень (10,5 т/ч) в течение 6 месяцев (февраль — июль) и находятся ниже этого уровня 6 месяцев (с августа по январь).

Средний вылов криля за месяц в подрайоне 48.2 в течение рассматриваемого периода варьировал от $0,3 \pm 0,0$ тыс. т до $18,2 \pm 1,6$ тыс. т (рис. 5 Г). Наименьшие средние выловы за месяц приходятся на август, сентябрь и октябрь: 0,3 тыс. т, 0,5 тыс. т и 1,0 тыс. т, соответственно. Промысел в это время фактически отсутствует. В ноябре средний вылов за месяц возрастает до $4,9 \pm 0,9$ тыс. т и далее продолж-

яет расти вплоть до апреля, когда он достигает максимальных значений в годовом цикле: $18,2 \pm 1,6$ тыс. т. В мае средний вылов за месяц снижается до $15,3 \pm 1,3$ тыс. т. В июне-июле среднемесячный вылов продолжает быстро снижаться вплоть до минимальных значений в августе.

Распределение суммарного вылова криля по месяцам в подрайоне 48.2 в целом совпадает с динамикой среднемесячного вылова (рис. 5 Г). В августе, сентябре и октябре суммарный вылов за 30 лет промысла исчезающе мал: 0,3 тыс. т, 0,5 тыс. т и 8,0 тыс. т, соответственно. В декабре суммарный вылов возрастает до 125,5 тыс. т и далее он стабильно увеличивается, достигая годового максимума в апреле: 456,1 тыс. т.

Подрайон 48.3. Среднемесячные уловы криля на час траления находились в пределах от $2,1 \pm 0,2$ т/ч (в ноябре) до $14,7 \pm 4,7$ т/ч (в апреле) (рис. 5 Д, табл. 3). Среднемесячный улов на усилие за весь период наблюдений составил $10,1 \pm 1,1$ т/ч, что несколько ниже, чем в подрайонах 48.1 и 48.2. С декабря по март средние уловы на усилие держатся на стабильном, относительно низком уровне: от $3,6 \pm 0,7$ т/ч (в январе) до $4,9 \pm 0,7$ т/ч (в марте). В апреле средний улов на усилие резко увеличивается, достигая годового максимума: $14,7 \pm 4,7$ т/ч. При этом высокое значение стандартной ошибки свидетельствует о значительной межгодовой изменчивости среднего улова на усилие в апреле в подрайоне 48.3. С мая по июнь средние уловы криля на усилие держатся на высоком уровне: от $12,5 \pm 1,3$ т/ч (в мае) до $14,1 \pm 1,0$ т/ч (в июне). В августе средние уловы криля на усилие снижаются до $9,5 \pm 0,7$ т/ч, и в последующие два месяца это снижение продолжается вплоть до достижения годового минимума в ноябре. В целом по подрайону 48.3 уловы на усилие превышают среднемноголетний уровень (10,1 т/ч) в течение 5 месяцев (с апреля по август) и находятся ниже этого уровня — 7 месяцев (с сентября по март).

Среднемесячный вылов криля в подрайоне 48.3 за рассматриваемый период изменился от $1,0 \pm 0,2$ тыс. т до $20,5 \pm 1,3$ тыс. т (рис. 5 Е). Низкий среднемесячный вылов (от $1,0 \pm 0,2$ до $4,6 \pm 1,5$ тыс. т) отмечен в течение 6 ме-

сяцев, с октября по март. В апреле средний вылов за месяц возрастает до $19,2 \pm 5,1$ тыс. т. С мая по август, в основной сезон промысла криля в данном районе, его среднемесячный вылов находится на высоком уровне: от $12,9 \pm 2,1$ тыс. т до $20,5 \pm 1,3$ тыс. т в мае-июле и $11,8 \pm 0,9$ тыс. т в августе. В сентябре, в последний месяц промысла, средний вылов снижается до $4,7 \pm 0,5$ тыс. т.

Распределение суммарного вылова криля по месяцам в подрайоне 48.3 имеет выраженный сезонный характер (рис. 5 Е, табл. 3). В течение 6 месяцев в году, с октября по март, промысел практически отсутствует: в эти месяцы суммарный вылов по месяцам за 30 лет промысла варьирует от 5,2 тыс. т до 23 тыс. т. В промысловый сезон, с мая по сентябрь, помесячное распределение суммарного вылова близко к нормальному: суммарный вылов за апрель составляет 115,5 тыс. т, в мае-июне он растёт и достигает максимума в июле — 574,8 тыс. т, а в августе — сентябре снижается до 330,9 тыс. т и 112,9 тыс. т, соответственно.

Обсуждение

Анализ данных промысловой статистики в подрайонах 48.1, 48.2 и 48.3 за 30 лет промысла (сезоны 1984/1985–2013/2014 гг.) показал наличие выраженной сезонности в динамике средних уловов на усилие, среднемесячного вылова и суммарного вылова криля во всех трёх промысловых подрайонах.

Следует отметить, что среди рассмотренных промысловых показателей среднемесячный вылов и суммарный вылов криля по месяцам в значительной мере зависят не только от наличия криля, но и от используемой тактики промысла: расстановки флота, распределения и величины промысловых усилий. Напротив, уловы на усилие прямо пропорциональны плотности распределения криля в районах промысла и лучше отражают сезонную динамику биомассы криля. Среднемесячный вылов и суммарный вылов подвержены сезонной динамике значительно сильнее, чем уловы на усилие. Так, для уловов на усилие (осреднённых по месяцам) различия между минимальными и максимальными значениями в течение годового цикла в рассматриваемых подрайонах варьируют от 3,4 до 7 раз. Для среднемесячного

вылова эти различия составляют уже от 10 до 60 раз, а для суммарного вылова по месяцам различия могут достигать 1500 раз (подрайон 48.2). Выраженная сезонность среднемесячного вылова и суммарного вылова обусловлена сезонным характером самого промысла, который может отсутствовать от 2 до 5 месяцев в году, в зависимости от района, в то время как криль в тех или иных концентрациях присутствует в рассматриваемых подрайонах (48.1, 48.2 и 48.3) в течение всего года.

Сезонная динамика уловов на усилие в районе Южных Оркнейских о-вов, рассмотренная по данным научного наблюдения на промысле в сезоны 2008/2009, 2009/2010 и 2010/2011 гг., оказалась фрагментом общей картины сезонных изменений уловов на усилие для подрайона 48.2, прослеженной по данным промысловой статистики за 30-летний период: минимальные уловы на усилие приходятся на сентябрь-декабрь, с января уловы на усилие начинают устойчиво расти, достигают максимума в мае, а затем постепенно снижаются вплоть до сентября (табл. 3, рис. 5 В). Аналогичные сезонные изменения уловов прослеживаются и в других подрайонах. В подрайоне 48.1 минимальные уловы на усилие приходятся на октябрь-ноябрь, в период с декабря по март уловы на усилие устойчиво растут, достигают годового максимума в апреле, а с мая постепенно снижаются вплоть до минимальных значений в октябре (табл. 3, рис. 5 А). В подрайоне 48.3 минимальные уловы на усилие приходятся на период с ноября по март, максимальные — на июнь и июль. В августе начинается снижение уловов на усилие, продолжающееся до ноября (табл. 3, рис. 5 Д).

Сезонная динамика уловов криля на час траления и среднемесячных уловов в подрайоне 48.1 оказалась менее выражена по сравнению с подрайонами 48.2 и 48.3 (рис. 5). Период с начала увеличения уловов до начала их снижения в подрайоне 48.1 более растянут, чем в других подрайонах. Это может быть связано с особенностями распределения промысловых усилий в подрайоне 48.1. Как правило, промысел криля в подрайоне Антарктического п-ва осуществляется в районе о. Мордвинова (Элефант) и в проливе Брансфилд [Жук, 2012, 2013; Кухарев и др., 2014; Kawaguchi et al.,

1997]. В этих районах облавливаются промысловыми скоплениями криля, вынесенные из про-лива Дрейка и моря Беллинсгаузена с водами АЦТ, и промыловые скопления, перемещаю-щиеся с водами моря Уэдделла [Масленников, 2003; Sahrhage, 1988; Hofmann et al., 1998]. По-видимому, после снижения уловов криля, отмеченного в июне-июле (рис. 5 А, Б), в водах АЦТ к северу от о. Мордвинова (Эле-фант) происходят перераспределение флота и концентрация промысловых усилий в проливе Брансфилд, где промысел ведётся на скоплениях криля, приуроченных к водам моря Уэдделла.

Нетрудно заметить существенные различия между рассматриваемыми промысловыми подрайонами в сроках начала увеличения уловов, достижения максимальных значений и начала снижения уловов. В подрайоне 48.1 начало увеличения средних уловов на час тра-лования наблюдалось в декабре после периода низких уловов в октябре-ноябре (рис. 5 А). В подрайоне 48.2 увеличение уловов началось в январе (рис. 5 В). В подрайоне 48.3 сред-ние уловы криля на час тра-ления начинали уве-личиваться в апреле (рис. 5 Д), на 4 месяца позже по сравнению с подрайоном 48.1 и на три месяца позже по сравнению с подрайоном 48.2. Максимальных значений средние уловы на час тра-ления в подрайоне 48.1 достигали в марте-апреле, в подрайоне 48.2 — в апре-ле-мае, в подрайоне 48.3 — в июне-июле (рис. 5 А, В, Д). Начало снижения средних уловов на час тра-ления в подрайоне 48.1 было отмечено в июле, в подрайоне 48.2 — в июле-августе, а в подрайоне 48.3 — в августе-сентябре. Таким образом, начало увеличения уловов криля, достижение максимальных зна-чений и начало снижения уловов на час тра-ления происходило последовательно в подрайо-нах 48.1, 48.2 и 48.3. Шаг смещения сезонной динамики промысловых показателей составляет примерно 1–2 месяца. Более отчетливо по-следовательное увеличение и снижение уловов криля в промысловых подрайонах Атлантического сектора Антарктики прослеживается при рассмотрении суммарного вылова и среднеме-сячного вылова (рис. 5 Б, Г, Е).

Чем может быть обусловлена наблюдаемая сезонная динамика промысловых показателей

и её последовательное смещение в рассматри-ваемых подрайонах Атлантического сектора Антарктики?

По мнению Касаткиной и др. [2014], раз-личия в сезонной динамике уловов антарктиче-ского криля между подрайонами Атлантиче-ского сектора Антарктики могут являться как следствием сезонного перераспределения про-мыслового флота, что связано с ухудшением ледовой обстановки в подрайонах 48.1 и 48.2, так и следствием динамики численности кри-ля и перераспределения промысловых скопле-ний. Авторы этой статьи считают, что промы-сел криля в подрайонах 48.1 и 48.2 ведётся в период «производительного лова», с марта по июль, до тех пор, пока позволяет ледовая обстановка или будет достигнут региональный пороговый уровень. После этого суда переходит в подрайон 48.3, где ведут промысел до середины сентября. Влиянием перераспределе-ния флота может быть объяснено снижение суммарного вылова с апреля по июль в подрай-оне 48.1 и с мая по июль в подрайоне 48.2, где в этот период происходит формирование ледового покрова и одновременное увеличение суммарного вылова в подрайоне 48.3, где ледовая обстановка остаётся стабильной (рис. 5 Б, Г, Е). Однако с августа по октябрь во всех рассматриваемых подрайонах отмечено сниже-ние суммарного вылова криля до минимальных значений, в том числе и в пределах свободного от льда подрайона 48.3. Такое снижение сум-марного вылова в период антарктической вес-ны связано преимущественно с резким сниже-нием уловов на час тра-ления (рис. 5 А, В, Д) и обусловлено, в первую очередь, снижением плотности промысловых скоплений криля.

Описания сезонной динамики плотности скоплений криля в отдельных районах Атлан-тического сектора Антарктики известны из литературных источников. По мнению ряда авторов [Любимова и др., 1983; Латогурский и др., 1990; Сушин и др., 1990], увеличение плотности скоплений криля связано с началом периода вегетации фитопланктона и сезона размножения. После окончания сезона раз-множения и вегетации фитопланктона исчезает потребность в скоплениях и происходит их рас-сеивание. Однако описанная в настоящей ста-тье сезонная динамика уловов на усилие, на-

против, свидетельствует о том, что плотность скоплений криля в осенний период не только не уменьшается, но и достигает максимальных значений (рис. 5). В тоже время антарктической весной, в период начала массовой вегетации фитопланктона, были отмечены минимальные значения уловов во всех рассматриваемых подрайонах.

Ф. Зигель [Siegel, 1988, 2000] в качестве основной причины снижения численности криля в пределах океанических участков подрайона 48.1 в зимний период называет сезонные миграции криля в шельфовые районы. Сходный механизм миграций криля в шельфовые районы может обуславливать сезонную динамику численности криля и в других подрайонах Атлантического сектора Антарктики (подрайоны 48.2 и 48.3), где были обнаружены сходные сезонные изменения промысловых показателей (рис. 5). Однако, как показывают наши данные, сезонная динамика распределения криля в подрайоне 48.2 в течение промысловых сезонов 2008/2009, 2009/2010 и 2010/2011 гг. свидетельствует об отсутствии сезонного перераспределения промысловых скоплений криля между шельфовыми и океаническими участками (рис. 2, 3, 4, табл. 2). Концепция сезонных миграций криля между шельфовыми и океаническими участками, разработанная Ф. Зигелем [Siegel, 1988, 2000] для подрайона 48.1, оказывается не применимой для подрайона 48.2.

В качестве альтернативной концепции, объясняющей наблюдаемую сезонную динамику численности криля, можно предположить влияние вертикальных миграций криля и его сезонных перемещений на большие глубины и обратно, в фотический слой. Такие вертикальные миграции криля на глубины до 3000 м и более отмечены некоторыми исследователями и, по-видимому, имеют существенное значение, обеспечивая доступ криля к различным источникам пищи и защиту от большинства хищников [Clarke, Tyler, 2008; Schmidt et al., 2011]. В настоящее время сезонные аспекты вертикальных миграций криля исследованы крайне слабо, что не позволяет оценить, какая часть популяции может перемещаться на большие глубины. Согласно нашим данным в подрайоне 48.2 плотность скоплений кри-

ля в океанической части района, над склоном и в районе шельфа изменялась сходным образом (табл. 2) в течение каждого из рассматриваемых сезонов (2008/2009, 2009/2010 и 2010/2011 гг.). Это обстоятельство ставит под сомнение влияние вертикальных миграций криля на большие глубины на сезонную динамику численности криля.

По нашему мнению, наблюдаемая сезонная динамика уловов обусловлена главным образом особенностями горизонтальных миграций скоплений криля с потоками течений. В пользу этого свидетельствует то обстоятельство, что сезонное снижение уловов криля в подрайонах 48.1–48.3 происходит в том же порядке, что и увеличение: с запада на восток, что хорошо согласуется с особенностями горизонтальной циркуляции в Атлантическом секторе Антарктики и соответствует направлению южной ветви АЦТ [Саруханян, Смирнов, 1986; Бурков, 1993; Масленников, 2003].

Согласно современным представлениям, в образовании скоплений антарктического криля большую роль играют мезомасштабные круговороты циклонического и антициклонического характера [Масленников, 2003; Чурин, 2017]. Образование промысловых скоплений антарктического криля происходит в центрах антициклонических циркуляций и на периферии циклонических, а также вблизи островов и подводных возвышенностей, где гидродинамические особенности обеспечивают относительно стабильный приток особей при затрудненном их оттоке [Елизаров, 1971; Богданов и др., 1980; Макаров и др., 1980; Масленников, 1980]. Сезонные увеличение и снижение плотности промысловых скоплений и уловов антарктического криля в рассматриваемых промысловых подрайонах Атлантического сектора Антарктики обусловлены изменением интенсивности поступления криля с водами АЦТ на промысловые участки подрайонов 48.1, 48.2 и 48.3.

Таким образом, сезонная динамика уловов на промысловое усилие в рассматриваемых подрайонах соответствует динамике плотности скоплений криля и свидетельствует о наличии периода высокой численности криля продолжительностью 6–7 месяцев и периода низкой численности продолжительностью 5–6 меся-

цев в течение каждого промыслового сезона. Период высокой численности в подрайоне 48.1 продолжается около 7 месяцев с декабря по июнь, а период низкой численности — с июля по ноябрь (5 месяцев). В подрайоне 48.2 высокая численность криля наблюдается на протяжении 7 месяцев с января по июль, низкая численность наблюдается с августа по декабрь (5 месяцев). В подрайоне 48.3 численность криля находится на высоком уровне около 6 месяцев с марта по август, низкая численность криля наблюдается в период с сентября по февраль (6 месяцев).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результаты анализа распределения промысловых скоплений и уловов антарктического криля в промысловых подрайонах 48.1, 48.2 и 48.3 Атлантического сектора Антарктики показали, что в каждом из рассматриваемых подрайонов на протяжении 6–7 месяцев численность антарктического криля находится на высоком уровне. В течение оставшихся 5–6 месяцев в подрайонах 48.1, 48.2 и 48.3 наблюдается низкая численность криля. На основании результатов выполненного анализа было показано, что наблюдаемые изменения численности антарктического криля происходят последовательно в подрайонах 48.1, 48.2 и 48.3, что хорошо согласуется с особенностями горизонтальной циркуляции в Атлантическом секторе Антарктики (направление АЦТ). В связи с этим, сезонные изменения численности криля могут быть связаны с сезонными горизонтальными миграциями криля с потоками течений.

БЛАГОДАРНОСТИ

Авторы выражают благодарность сотрудникам ВНИРО В. Е. Полонскому и А. Л. Лабутину, а также сотрудникам АтлантНИРО А. В. Ремесло и С. Ю. Гулюгину, собравшим обширный материал в ходе научного наблюдения на промысле антарктического криля в 2009 и 2011 гг.

ЛИТЕРАТУРА

Бизиков В. А., Буяновский А. И., Гончаров С. М., Поляков А. В., Попов С. Б., Сидоров Л. К. 2013. Базы данных и геоинформационные системы

в управлении водными биологическими ресурсами // Актуальные вопросы рационального использования водных биологических ресурсов: материалы Первой научной школы молодых учёных и специалистов по рыбному хозяйству и экологии, посвященной 100-летию со дня рождения проф. П. А. Моисеева. (15–19 апреля 2013 г.; Звенигород). М.: Изд-во ВНИРО. С. 108–133.

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.

Богданов М. А., Солянкин Е. В., Родионов С. Н. 1980. Распространение смешанных вод вторичной фронтальной зоны в море Скотия и распределение скоплений криля // Биологические ресурсы антарктического криля. М.: ВНИРО. С. 28–40.

Бурков В. А. 1993. Новые черты гидрологии Южного океана // Педагогические экосистемы Южного океана. М.: Наука. С. 5–19.

Елизаров А. А. 1971. Особенности динамики вод в местах массовых скоплений криля (*Euphausia superba* Dana) // Труды ВНИРО. Т. LXXIX. С. 31–40.

Жук Н. Н. 2012. Промысловые и биологические показатели антарктического криля (*Euphausia superba*) на участках его промысла у Южных Шетландских островов и в проливе Брансфилд в марте–мае 2006 г. // Украинский Антарктический журнал, 2011–2012. № 10–11. С. 201–211.

Жук Н. Н. 2013. Эксплуатация антарктического криля (*Euphausia superba*) на участках его промысла в водах Антарктики (район 48) в осенне-зимний период 2004 г. // УАЖ. № 12. С. 238–257.

Касаткина С. М., Петров А. Ф., Шуст К. В., Юропова Е. Ф., Сытов А. М. 2014. Характеристика современного промысла антарктического криля *Euphausia superba* (период с 2003 по 2013 г.) в Атлантической части Антарктики (АчА) // Рыбное хозяйство. № 5. С. 69–72.

Кухарев Н. Н., Корзун Ю. В., Ребик С. Т., Жук Н. Н. 2014. Современный промысел антарктического криля // Труды ЮгНИРО. Т. 5. С. 105–130.

Латогурский В. И., Макаров Р. Р., Спиридовон В. А., Федотов А. С. 1990. Распределение и биология *Euphausia superba* в районе Антарктического полуострова и прилегающих вод // Антарктический криль в экосистемах промысловых районов (биологические, технологические и экономические аспекты): Сборник научных трудов. Калининград: Изд-во АтлантНИРО. С. 20–40.

Любимова Т. Г., Макаров Р. Р., Шуст К. В., Лисовенко Л. А., Земский В. А., Студенецкая И. С. 1983.

- Биологические ресурсы Южного океана: Обзорная информация / ЦНИИТЭИРХ. М. С. 1–39.
- Макаров Р.Р., Масленников В.В., Солянкин Е.В., Шевцов В.В. 1980. Особенности количественного распределения и условия формирования скоплений *Euphausia superba* Dana на примере некоторых районов Атлантического и Тихоокеанского секторов Южного океана // Биологические ресурсы Антарктического криля. М.: Изд-во ВНИРО. С. 114–145.
- 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.
- Сологуб Д.О., Ремесло А.В., Полонский В.Е., Гулюгин С.Ю., Лабутин А.В. 2017. Особенности промысла антарктического криля (*Euphausia superba*) в подрайоне Ю. Оркнейских о-вов с применением традиционной и непрерывной технологии промысла // Вопросы рыболовства. Т. 18. № 2. С. 183–191.
- Сушин В.А., Маклыгин Л.Г., Касаткина С.М. 1990. Основные результаты исследований антарктического криля в Атлантическом секторе Южного океана // Антарктический криль в экосистемах промысловых районов (биологические, технологические и экономические аспекты). Калининград: Изд-во АтлантНИРО. С. 5–19.
- Чурин Д.А. 2017. Мезомасштабная динамика вод в Антарктической части Атлантики и её влияние на распределение криля. Дисс. ... канд. геогр. наук. Калининград: БФУ им. И. Канта. 146 с.
- Akishin V. 2003. Differentiated catchability of trawls as a method for a more precise estimate of density of krill swarms and its biomass // WG-EMM-03/21. CCAMLR, Hobart, Australia. 10 p.
- Atkinson A., Siegel V., Pakhomov E. A., Rothery P., Loeb V., Ross R. M., Quetin L. B., Schmidt K., Fretwell P., Murphy E. J., Tarling G. A., Fleming A. H. 2008. Oceanic circumpolar habitats of Antarctic krill // Marine Ecology Progress Series. V. 362. P. 1–23.
- CCAMLR. 2015. Statistical Bulletin, V. 27 (Database Version). www.ccamlr.org/en/document/data/ccamlr-statistical-bulletin-vol-27
- Clarke A., Tyler P. A. 2008. Adult Antarctic krill feeding at abyssal depths // Current Biology. V. 18. P. 282–285. doi:10.1016/j.cub.2008.01.059.
- Cresswell K. A., Tarling G. A., Burrows M. T. 2007. Behaviour affects local-scale distributions of Antarctic krill around South Georgia // Marine Ecology Progress Series. V. 343. P. 193–206.
- 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.
- Hofmann E. E., Klinck J. M., Locarnini R. A., Fauch B., Murphy E. 1998. Krill transport in the Scotia Sea and environs // Antarctic Science. V. 10. № 4. P. 406–415.
- Kawaguchi S., Ichii T., Naganobu M. 1997. Catch per unit effort and proportional recruitment indices from Japanese krill fishery data in Subarea 48.1 // CCAMLR Science. V. 4. P. 47–63.
- Kasatkina S. M. 1997. Selectivity of commercial and research trawls in relation to krill. CCAMLR Science. P. 161–170.
- Kils U. 1982. Swimming behavior, swimming performance and energy balance of Antarctic krill, *Euphausia superba* // BIOMASS Scientific Series. V. 3. P. 1–121.
- 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 centred food web // Phil. Trans. R. Soc. B. V. 362. P. 113–148.
- Sahrhage D. 1988. Some indications for environmental and krill resources variability in the Southern Ocean // Antarctic Ocean and Resources Variability. Springer-Verlag, Berlin: Heidelberg. P. 33–40.
- Siegel V. 1988. A concept of seasonal variation of krill (*Euphausia superba*) distribution and abundance west of the Antarctic Peninsula // Antarctic ocean and resources variability. D. Sahrhage (ed.). Berlin: Springer-Verlag. P. 219–230.
- Siegel V. 2000. Krill (*Euphausiacea*) life history and aspects of population dynamics // Can. J. Fish. Aquat. Sci. V. 57. № 3. P. 130–150.
- Schmidt K., Atkinson A., Steigenberger S., Fielding S., Lindsay M. C. M., Pond D. W., Tarling G. A., Klevjer T. A., Allen C. S., Nicol S., Achterberg E. P. 2011. Seabed foraging by Antarctic krill: Implications for stock assessment, benthopelagic coupling, and the

vertical transfer of iron // Limnol. Oceanogr. V. 56. Iss. 4. P. 1411–1428. doi:10.4319/lo.2011.56.4.0000

REFERENCES

- Bizikov V.A., Buyanovskij A.I., Goncharov S.M., Polyakov A.V., Popov S.B., Sidorov L.K. 2013. Bazy dannykh i geoinformatsionnye sistemy v upravlenii vodnymi biologicheskimi resursami [Application of databases and geographic information systems for the fishery management] // Aktual'nye voprosy ratsional'nogo ispol'zovaniya vodnykh biologicheskikh resursov: materialy Pervoj nauchnoj shkoly molodykh uchyonikh i spetsialistov po rybnomu khozyajstvu i ehkologii, posvyashchennoj 100-letiyu so dnya rozhdeniya prof. P. A. Moiseeva. (15–19 aprelya 2013 g.; Zvenigorod). M.: Izd-vo VNIRO. S. 108–133.*
- Bizikov V.A., Goncharov S.M., Polyakov A.V. 2006. Novaya geograficheskaya informatsionnaya sistema «Kartmaster» dlya obrabotki dannykh bioresursnykh s'zemok [GIS «Chartmaster» — new geographic information system for processing the data of hydrological surveys] // VII Vseross. Konfer. prom. bespozv. M.: Izd-vo VNIRO. S. 18–24.*
- Bogdanov M.A., Solyankin E.V., Rodionov S.N. 1980. Rasprostranenie smeshannykh vod vtorichnoj frontal'noj zony v more Skotiya i raspredelenie skoplenij krilya [The distribution of the mingled water of the secondary frontal zone in the Sea of Scotia and the distribution of krill swarms] // Biologicheskie resursy antarkticheskogo krilya. M.: VNIRO. S. 28–40.*
- Burkov V.A. 1993. Novye cherty gidrologii Yuzhnogo okeana [New features of the hydrology of the Southern Ocean] // Pelagicheskie ekosistemy Yuzhnogo okeana. M.: Nauka. S. 5–19.*
- Elizarov A.A. 1971. Osobennosti dinamiki vod v mestakh massovyykh skoplenij krilya (*Euphausia superba* Dana) [Distinctive features of the dynamics of waters in areas of mass krill concentrations] // Trudy VNIRO. T. LXXIX. S. 31–40.*
- Zhuk N.N. 2012. Promyslovye i biologicheskie pokazateli antarkticheskogo krilya (*Euphausia superba*) na uchastkakh ego promysla u Yuzhnykh Shetlandskikh ostrovov i v prolike Bransfield v marte-mae 2006 g. [Fishery and biological aspects of *Euphausia superba* on its fishery grounds at the South Shetland Islands and in the Bransfield Strait in March-May, 2006] // Ukrainskij Antarkticheskij zhurnal, 2011–2012. № 10–11. S. 201–211.*
- Zhuk N.N. 2013. Ehkspluatatsiya antarkticheskogo krilya (*Euphausia superba*) na uchastkakh ego promysla v vodakh Antarktiki (rajon 48) v osenne-zimnjij period 2004 g. [Exploitation of Antarctic krill (*Euphausia superba*) on its fishery grounds in the waters Antarctic (AREA 48) during the autumn-winter period of 2004] // UAZH. № 12. S. 238–257.*
- Kasatkina S. M., Petrov A. F., Shust K. V., Uryupova E. F., Sytov A. M. 2014. Kharakteristika sovremennoj promysla antarkticheskogo krilya *Euphausia superba* (period c 2003 po 2013 g.) v Atlanticheskoy chasti Antarktiki (AchA) [The description of the Antarctic krill *Euphausia superba* fishery in the Atlantic Antarctic area during the recent decade] // Rybnoe khozyajstvo. № 5. S. 69–72.*
- Kukharev N.N., Korzun Yu.V., Rebik S.T., Zhuk N.N. 2014. Sovremennyj promysel antarkticheskogo krilya [Current Antarctic krill fishery] // Trudy YugNIRO. T. 5. S. 105–130.*
- Latogurskij V.I., Makarov R. R., Spiridonov V.A., Fedotov A. S. 1990. Raspredelenie i biologiya *Euphausia superba* v rajone Antarkticheskogo poluostrova i prilegayushchikh vod [Distribution and biology of *Euphausia superba* in the Antarctic Peninsula region and adjacent waters] // Antarkticheskij kril' v ekosistemakh promyslovyykh rajonov (biologicheskie, tekhnologicheskie i ekonomicheskie aspekty): Sbornik nauchnykh trudov. Kaliningrad: Izd-vo AtlantNIRO. S. 20–40.*
- Lyubimova T. G., Makarov R. R., Shust K. V., Lisovenko L. A., Zemskij V. A., Studenetskaya I. S. 1983. Biologicheskie resursy Yuzhnogo okeana: Obzornaya informatsiya [Biological resources of the Southern Ocean: Review information] / TSNII TEHIRKH. M. S. 1–39.*
- Makarov R. R., Maslennikov V. V., Solyankin E. V., Shevtsov V. V. 1980. Osobennosti kolichestvennogo raspredeleniya i usloviya formirovaniya skoplenij *Euphausia superba* Dana na primere nekotorykh rajonov Atlanticheskogo i Tikhookeanskogo sektorov Yuzhnogo okeana [Quantitative distribution and conditions for formation of swarms of *Euphausia superba* Dana with reference to some areas in the Atlantic and Pacific Southern Ocean] // Biologicheskie resursy Antarkticheskogo krilya. M.: Izd-vo VNIRO. S. 114–145.*
- Maslennikov V. V. 1980. Sovremennye predstavleniya o krupnomasshtabnoj tsirkulyatsii vod Antarktiki i puti massovogo drejfa krilya [Modern concepts on the large-scale circulation of the Antarctic water and routes of mass drift of *E. superba*] // Biologicheskie resursy antarkticheskogo krilya. M.: Izd-vo VNIRO. S. 8–27.*
- Maslennikov V. V. 2003. Klimaticheskie kolebaniya i morskaya ekosistema Antarktiki [Climatic variability and Antarctic marine ecosystem]. M.: Izd-vo VNIRO. 295 s.*

- Sologub D.O., Remeslo A.V., Polonskij V.E., Gulyugin S. Yu., Labutin A.V.* 2017. Osobennosti promysla antarkticheskogo krilya (*Euphausia superba*) v podrajone Yu. Orknejskikh o-vov s primeneniem traditsionnoj i nepreryvnnoj tekhnologii promysla [Antarctic krill *Euphausia superba* fishery tactics using the conventional technique and the continuous pumping system] // Voprosy rybolovstva. T. 18. № 2. S. 183–191.
- Sushin V.A., Maklygin L.G., Kasatkina S.M.* 1990. Osnovnye rezul'taty issledovanij antarkticheskogo krilya v Atlanticheskem sektore Yuzhnogo okeana [The main results of the researches of Antarctic krill in the
- Atlantic Antarctic sector] // Antarkticheskij kril' v ekosistemakh promyslovych rajonov (biologicheskie, tekhnologicheskie i ekonomicheskie aspekty). Kaliningrad: Izd-vo AtlantNIRO. S. 5–19.
- Churin D.A.* 2017. Mezomasshtabnaya dinamika vod v Antarkticheskoy chasti Atlantiki i eyo vliyanie na raspredelenie krilya [Mesoscale dynamics of Antarctic waters of the Atlantic and its impact on the distribution of krill]. Diss. ... kand. geogr. nauk. Kaliningrad: BFU im. I. Kanta. 146 s.

Поступила в редакцию 20.03.2017 г.
Принята после рецензии 16.08.2017 г.

Seasonal dynamics of Antarctic krill (*Euphausia superba*) abundance in the Atlantic Antarctic sector

D.O. Sologub, V.A. Bzikov

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

Catches per unit effort (CPUE) were used as an index of krill *Euphausia superba* abundance in CCAMLR Subareas 48.1, 48.2 and 48.3. Seasonal dynamics of CPUE indexes and distribution of krill swarms in Subarea 48.2 during the fishing seasons 2008/2009, 2009/2010 and 2010/2011 showed increasing of krill density up to a middle of austral summer. Since mid-summer to late autumn krill swarms were being relatively stable and dense providing high CPUE. In late autumn and early summer CPUE and density of krill swarms were declining significantly up to almost disappearance of commercial concentrations of krill. It was noted that CPUE indexes were changing uniformly in shelf, slope and oceanic areas. Similar seasonal dynamics were observed in Subareas 48.1, 48.2 and 48.3 in a result of CCAMLR Statistical bulletin data analysis through 30 fishery seasons from 1984/1985 to 20013/2014. Gradually and wave-like fluctuations in CPUE and total krill catches were detected in each Subarea. CPUE indexes and total catch of krill were increasing gradually to maximal values from the western Subarea 48.1 to the eastern Subarea 48.3 and then were decreasing at the same order. Seasonal dynamics of krill distribution and commercial catches in CCAMLR Subareas 48.1, 48.2 and 48.3 indicates periodicity of high and low abundance of krill connected with seasonal changes in intensity of krill influx with ACC (Antarctic Circumpolar Current) waters.

Key words: Antarctic krill *Euphausia superba*, Atlantic Antarctic sector, distribution of catches, seasonal dynamics of catches, seasonal dynamics of krill abundance, krill transport.