

СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ РАЗМЕРНОГО СОСТАВА УЛОВОВ АНТАРКТИЧЕСКОГО КРИЛЯ *EUPHAUSIA SUPERBA* В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ОРУДИЙ И ТЕХНОЛОГИИ ЛОВА

Ю. В. Корзун, *ст. н. с.*

Керченский филиал («ЮгНИРО») ФГБНУ «АзНИИРХ»
e-mail: korzun_y_v@azniirkh.ru

Современный промысел антарктического криля осуществляется в Атлантическом секторе Антарктики традиционными методами с использованием разноглубинных оттер- и бим-тралов или по технологии непрерывного лова. Размер ячеи в мешке у этих орудий лова варьирует от 11 до 20 мм. При такой изменчивости размеров ячеи, вероятно, имеет место селективность сетей. На промысловых участках отмечается пространственная и временная изменчивость размеров криля, которая может скрывать различия в селективных свойствах орудий лова, в том числе и селективность размеров ячеи в мешках. При одинаковом размере ячеи (14 мм) в мешках при традиционной и непрерывной технологиях промысла разница средних размеров криля в уловах была незначительной, а при размере ячеи 14, 16 и 20 мм – статистически достоверной. При увеличении размера ячеи в траловом мешке численность мелкого криля в уловах уменьшалась, а доля особей модальных классов возрастала. Вероятно, имеют место различия в селективных свойствах траловых мешков с размером ячеи 14, 16 и 20 мм относительно размеров антарктического криля. Однако пробы рачков, отобранные для рыбохозяйственных целей из различных промысловых орудий лова, могут рассматриваться как идентичные друг другу и объединяться в единую выборку для дальнейших исследований.

Ключевые слова: статистический анализ, селективность орудий лова, технологии лова криля, длина тела, улов на усилие

ВВЕДЕНИЕ

Антарктический криль *Euphausia superba* обладает не только наибольшей численностью и биомассой среди антарктических эвфаузиид, но и является одним из самых крупных видов этих рачков [11], достигающих длины 61 мм и веса 1,9 г (персональное сообщение Жука Н.Н.). Наблюдается пространственная и временная изменчивость размерного состава криля в пределах его ареала и на участках промысла [2, 7]. Данные о размерном составе криля используются для определения его возраста по годовым размерным классам [3, 16, 19, 20], а также при оценке пригодности сырья для выпуска различной продукции, поскольку с увеличением размеров криля возрастает доля выхода мяса из рачков, процент жира и уменьшается относительное количество влаги в их теле [2].

Современный промысел криля осуществляется в Атлантическом секторе Антарктики традиционными методами с использованием разноглубинных оттер- и бим-тралов или по технологии непрерывного лова [5, 9]. Размер ячеи в мешке у этих орудий лова варьирует от 11 до 20 мм [12]. При такой изменчивости размера ячеи в мешке, очевидно, имеет место селективность сетей к размерному составу рачков в уловах.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

По данным Корзуна Ю.В. и Жука Н.Н. [6], в период с 20 апреля по 17 мая 2014 г. при промысле криля в проливе Брансфилд на участке с координатами 62°52'-63°45' ю. ш., 58°24'-60°33' з. д. (табл. 1) применяли бим-трал с вертикальным и горизонтальным раскрытием 25 и 18 м, соответственно [14].

Таблица 1

Характеристики участков лова в проливе Брансфилд [6]

Тип мешка	Дата	Координаты	Глубина лова, м	Глубина места, м	Кол-во тралений, шт.
Бимтрал	20.04-06.05	62°52'-63°35' ю. ш. 58°25'-60°24' з. д.	9-217/38,4*	110-1050/503,8	66
Канатный трал 74/600 м	06-17.05	63°04'-63°45' ю. ш. 58°24'-60°33' з. д.	15-310/54,4	40-830/290,6	66

* Мин.-макс./средняя

В базовом варианте предусматривалось использование системы откачки улова из тралового мешка без подъема последнего на борт судна. Из-за отсутствия данной системы откачки операция подъема улова на борт судна осуществлялась обычным способом – путем подъема тралового мешка по слипу. При облове скоплений криля бим-тралом было отмечено, что накопление улова в мешке не пропорционально времени траления. Поэтому предположили, что по мере заполнения его крилем условия фильтрации воды через сетную оболочку мешка ухудшаются и область повышенного давления воды смещается к устью трала, т. е. возникает «эффект ведра», при котором криль выжимается через сетную оболочку концевой части мотни трала. Однако подобная картина не отмечается при тралениях канатным крилевым тралом проекта 74/600 м. Анализируя конструктивные параметры бим-трала и имеющегося на борту судна канатного трала 74/600 м, пришли к выводу, что габаритные размеры этих тралов и мешков практически одинаковы. Тем не менее, были заметные различия по размеру ячее в сетной части траловых мешков. Размеры ячее конусной и цилиндрической частей в прочных сетных каркасах и в мелкочечной оболочке мешка трала 74/600 м были больше, чем таковые у мешка бим-трала (табл. 2).

Таблица 2

Сравнительная характеристика траловых мешков [14]

Тип мешка	Коническая часть			Цилиндрическая часть			Общая длина, м	Построен фирмой
	Длина, м	Размер ячее, мм	Диаметр нитки, мм	Длина, м	Размер ячее, мм	Диаметр нитки, мм		
Бим-трал	24	80/16	4,5	24	80/16	5,5	48	Ltd «Egersuwd» Норвегия
Канатный трал 74/600 м	22	120/24	2 x 3,1	25	120/20	2 x 3,1	47	Ltd «Garware» Индия

В ходе промысла 6 мая 2014 г. мешок бим-трала был заменен на мешок от трала 74/600 м. Работы выполнялись мешком бим-трала с 20 апреля по 6 мая (17 дней) и мешком канатного трала с 6 мая по 17 мая (11 дней) в сопоставимые периоды времени [18] и практически на одном и том же участке с координатами 62°52'-63°35' ю. ш., 58°25'-60°24' з. д. и 63°04'-63°45' ю. ш., 58°24'-60°33' з. д., соответственно, в интервале глубин 9-217 м и 15-310 м, над глубинами 115-1050 м и 40-830 м, соответ-

ственно. Для исследования влияния замены мешков на биологические характеристики криля были изучены уловы из 66 тралений до и после замены мешков. Сравнение средних значений производилось по критерию Стьюдента, а сравнение структуры размерных рядов, стадий зрелости и соотношения полов по критерию Пирсона Хи-квадрат (χ^2), нулевые гипотезы отвергались при $t_{\phi} > t_{0,95}$ [1, 10, 15].

РЕЗУЛЬТАТЫ

После замены тралового мешка бим-трала на мешок от трала 74/600 м признаки «эффекта ведра» уже не отмечались, при этом CPUE увеличилось на 24 % [6], средняя длина тела самцов в уловах увеличилась с $42,6 \pm 0,11$ мм до $43,5 \pm 0,07$ мм, самок – с $40,4 \pm 0,10$ мм до $41,4 \pm 0,06$ мм (табл. 3, рис. 1). Уменьшилась доля молоди длиной 25-39 мм, изменилась структура размерных рядов и стадий зрелости, однако модальные размеры рачков (39-47 мм), преобладающие стадии зрелости и соотношение полов в уловах разных мешков остались практически без изменений.

Таблица 3

Характеристика криля из уловов различных траловых мешков [4, 6 с дополнениями]

Параметры	Пол	Тип мешка		Статистический критерий			
		Бим-трал, ячей 16 мм	Трал 74/600, ячей 20 мм	t-Стьюдента		χ^2	
				факт	t_{st}	факт	χ^2_{st}
Средняя длина тела (мм)	самцы	$42,6 \pm 0,11$	$43,5 \pm 0,07$	2,56	1,96		
	самки	$40,4 \pm 0,10$	$41,4 \pm 0,06$	5,75	1,96		
	общее	$41,05 \pm 0,08$	$42,2 \pm 0,07$	5,96	1,96		
Модальные классы (мм/%)	самцы	39-47/63,7	39-47/70,0				
	самки	35-45/78,4	35-45/82,0				
	общее	37-45/62,9	37-45/69,8				
Структура размерных рядов, мин.-макс. (мм)	самцы	24-56	30-55			25,0	19,7
	самки	26-52	26-55			27,3	19,7
	общее	24-56	26-55			51,0	23,7
Модальная стадия зрелости (стадия/%)	самцы	II/70,9	II/86,5			34,5	12,6
	самки	II/73,1	II/84,3			32,9	12,6
Соотношение полов (%)	самцы	48,2	50,8			1,46	3,84
	самки	51,8	49,2				

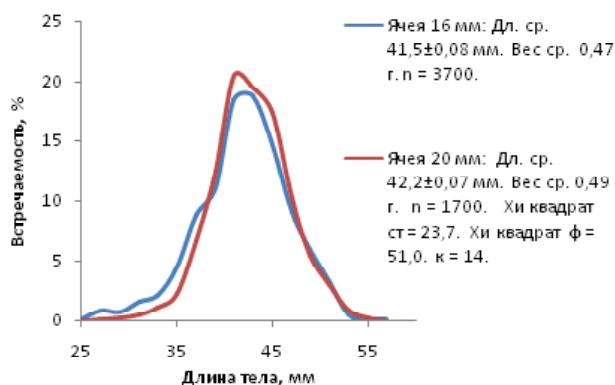


Рис. 1 Размерный состав антарктического криля из уловов различных траловых мешков (ячей 16 мм – бим-трал, ячей 20 мм – трал проекта 74/600 м) [6]

При этом в апреле-мае скопления рачков опускались на большие глубины с 9-217 м (в среднем $38,4 \pm 2,39$ м) на 15-310 м (в среднем $54,4 \pm 3,69$ м) и смещались на меньшие глубины антарктического склона и шельфа с 110-1050 м ($503,8 \pm 26,02$ м) на 40-830 м ($290,6 \pm 18,46$ м).

ОБСУЖДЕНИЕ

Как отмечалось выше, у антарктического криля наблюдается пространственная и временная изменчивость размерного состава в пределах ареала и даже на промысловых участках. В весенне-летний период Южного полушария, когда рачки активно питаются за счет бурно размножающегося фитопланктона, они интенсивно растут: такая характеристика размерного состава криля, как средняя длина должна возрастать, увеличиваться доля крупных рачков и уменьшаться доля наиболее мелких особей [13]. В осенний период и к концу биологической осени (апрель-май), в связи с завершением продукционного цикла фитопланктона, у криля завершается период обильного питания: степень наполнения желудков пищей уменьшается, фитопланктон заменяется зоопланктоном, а в мае в желудках появляется детрит [7, 8], и рост рачков, вероятно, замедляется, если не останавливается совсем. Кроме этого, осенью средняя длина тела криля в уловах может уменьшаться в результате гибели рачков старших возрастных групп после нереста. Уменьшение размеров криля в уловах в проливе Брансфилд к концу осени и началу зимы, как правило, происходит из года в год (табл. 4) [6-8]. Таким образом, на фоне сезонного уменьшения размеров криля увеличение средней длины рачков в уловах при увеличении размера ячеи может свидетельствовать о различной селективности сетей в траловых мешках относительно размеров криля, как это наблюдалось при сравнении его размерного состава в исследовательском трале Айзекса-Кидда и промысловом трале [17].

Таблица 4

Средняя длина криля в проливе Брансфилд в осенний период

Сезоны	Апрель		Май		Примечание $t_{st} = 1,96$ Смена мешков
	Средняя, мм	N, экз.	Средняя, мм	N, экз.	
2013/2014	41,05 ± 0,08	3700	42,2 ± 0,07	1700	$t_{\phi} = 5,96$
2014/2015	43,6 ± 0,11	2700	40,6 ± 0,11	2700	$t_{\phi} = 19,3$
2025/2016	46,8 ± 0,13	2011	45,6 ± 0,14	1602	$t_{\phi} = 6,0$

По данным Сологуба [13], если размер ячеи в мешках составляет 14 мм, различия в средних размерах криля в уловах, полученных по традиционной (47,7 ± 0,1 мм) и непрерывной (47,9 ± 0,1 мм) технологиям, были незначительными ($t_{\phi} = 1,41$, $k = 8427$), а после увеличения ячеи в мешке канатного трала до 20 мм они стали статистически достоверными (45,7 ± 0,2 мм и 47,1 ± 0,2 мм, $t_{\phi} = 4,95$, $k = 3001$) (табл. 5), доля мелкого криля уменьшилась, а количество особей в модальных классах возросло (рис. 2). Аналогичная картина наблюдалась при увеличении размеров ячеи в мешке бим-трала (см. рис. 1) [6], что, вероятно, свидетельствует о различиях в селективных свойствах траловых мешков с размером ячеи 14, 16 и 20 мм относительно размеров антарктического криля.

Таблица 5

Средняя длина антарктического криля в уловах тралов традиционной и непрерывной технологии промысла [13]

Сезон	Период работ	Технология промысла	Средняя длина, мм	Размер ячеи мешка, мм
2008/2009	4-17 января	традиционная	47,7 ± 0,1	14
	26 января-10 февраля	непрерывная	47,9 ± 0,1	14
2009/2010	7-17 января	непрерывная	45,7 ± 0,2	14
	24-27 января	традиционная	47,1 ± 0,2	20

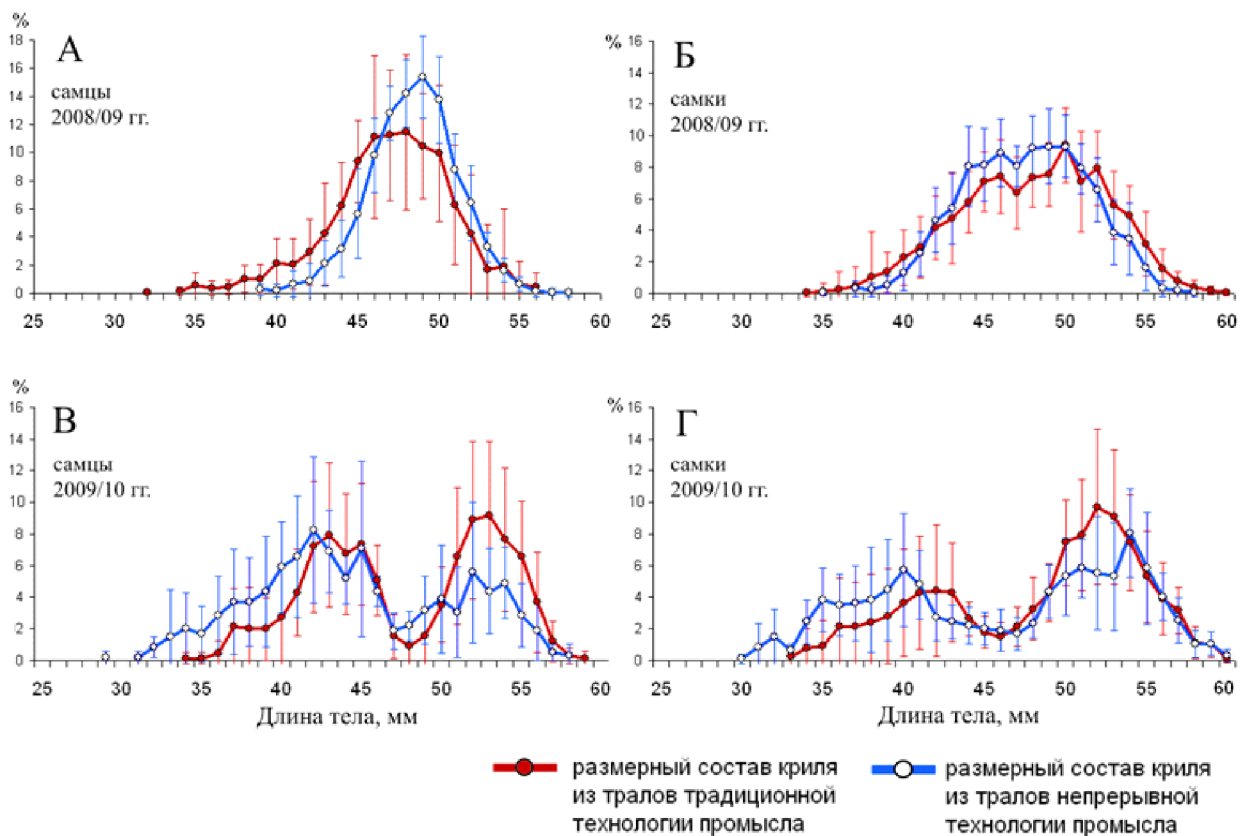


Рис. 2 Размерный состав антарктического криля в уловах тралов по традиционной и непрерывной технологиям промысла: А, Б – размер ячеи в мешке 14 мм, В, Г – размер ячеи в уловах по непрерывной (14 мм) и традиционной (20 мм) технологиям [13]

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

При промысле антарктического криля в Атлантическом секторе Антарктики традиционными методами с использованием разноглубинных оттер- и бим-тралов или по технологии непрерывного лова размерный состав рачков в уловах не зависит от технологии промысла, а может изменяться в зависимости от размеров ячеи в траловых мешках. Изменения длины рачков могут быть наиболее выражены в средних размерах, количестве мелких особей, а также особей в модальных классах. Временная изменчивость размеров рачков на промысловых участках может перекрывать изменения размерного состава криля, вызванные изменением размеров ячеи в орудиях лова. Для рыбохозяйственных целей пробы криля, отобранные из различных промысловых орудий лова, могут рассматриваться как идентичные друг другу и объединяться в единую выборку для дальнейших исследований.

ЛИТЕРАТУРА

1. Аксютин З.М. Элементы математической оценки результатов наблюдений в биологических и рыбохозяйственных исследованиях. – М.: Пищевая промышленность, 1968. – 228 с.
2. Антарктический криль // Справочник / под ред. В.М. Быковой. – М.: ВНИРО, 2001. – 207 с.
3. Асеев Ю.П. К изучению размерно-возрастной структуры и величины популяции антарктического криля (*E. superba* Dana) в Индоокеанском секторе Антарктики : дис. канд. биол. наук. – Керчь, 1978. – 109 с.
4. Жук Н.Н., Корзун Ю.В. Результаты работы РКТС «Море Содружества» на промысле антарктического криля (*Euphausia superba*) в Атлантическом секторе Антарктики и его биологическое состояние в зимний сезон 2014 г. // Украинський Антарктичний журнал. – 2014. – № 13. – С. 140-158.
5. Касаткина С.М., Петров А.Ф., Шуст К.В., Урюнова Е.Ф., Сытов А.М. Характеристика современного промысла антарктического криля *Euphausia superba* (период с 2003 по 2013 гг.) в Антарктической части Атлантики (АЧА) // Рыбное хозяйство. – № 5. – 2014. – С. 69-74.

6. Корзун Ю.В., Жук Н.Н. Сравнительный анализ уловов криля из тралов различных модификаций // Труды ЮгНИРО. – Керчь: ЮгНИРО, 2015. – Т. 53. – С. 105-130.
7. Корзун Ю.В., Жук Н.Н. Биология антарктического криля *Euphausia superba* в районе Южных Шетландских островов в летне-осенний период 2015 г. // Промысловые беспозвоночные : тезисы докл. VIII Всерос. науч. конф. по промысловым беспозвоночным (г. Калининград, 2-5 сент. 2015 г.). – Калининград, 2015. – С. 136-138.
8. Корзун Ю.В., Жук Н.Н. Биология и промысел антарктического криля *Euphausia superba* в проливе Брансфилд в осенний период 2016 года // Морские технологии: проблемы и решения – 2017 : матер. науч.-практ. конф. преподавателей, аспирантов и сотрудников ФГБОУ ВО «КГМТУ» (г. Керчь, 26 апр. 2017). – В печати.
9. Кухарев Н.Н., Корзун Ю.В., Ребик С.Т., Жук Н.Н. Современный промысел криля // Труды ЮгНИРО. – Керчь: ЮгНИРО, 2014. – Т. 52. – С. 105-130.
10. Лакин Г.Ф. Биометрия : учеб. пособие для унив. и пед. вузов. – М.: Высшая школа, 1973. – 343 с.
11. Ломакина Н.Б. Эуфаузииды Мирового океана (*Euphausiacea*). – Л.: Наука, 1978. – 222 с.
12. Отчет рабочей группы по экосистемному мониторингу и управлению (г. Болонья, Италия, 4-15 июля 2016 г.) // SC-SAMLR-XXXV/03. – 2016. – 163 с.
13. Сологуб Д.О. Современные особенности распределения, биологии и горизонтальных миграций антарктического криля (*Euphausia superba*) в Атлантическом секторе Антарктики : дис. канд. биол. наук. – М.: ВНИРО, 2016. – 237 с.
14. Уведомление о намерении участвовать в промысле *Euphausia superba* // CCAMLR. WG-EMM-14/46. – 2014. – 7 с.
15. Урбах В.Ю. Биометрические методы (Статистическая обработка опытных данных в биологии, сельском хозяйстве и медицине). – М.: Наука, 1964. – 417 с.
16. Candy, S.G., S. Kawaguchi. Modelling growth of Antarctic krill. II. Novel approach to describing the growth trajectory // Mar. Ecol. Progr. Ser. – 2006. – 306. – Pp. 17-30.
17. Kasatkina, S.M., Sushin, V.A. On possible influence of continuous krill fishing technology with the use of 'air bubbling suspension system' on ecosystem elements // Document WG-EMM-06/27. – CCAMLR, Hobart, Australia. – 2006. – 20 p.
18. Orr, P., Hooper, J., Agnew, D., Roe, J., Doherty, G., Prior, A. Analysis of Scientific Observer Data from the Saga Sea 2006-2007 // Document WG-EMM-07/16. – CCAMLR, Hobart, Australia. – 2007. – 18 p.
19. Pakhomov, E.A. Natural age-dependent mortality rates of Antarctic krill *Euphausia superba* Dana in the Indian sector of the Southern Ocean // Polar Biology. – 1995. – 15(1). – Pp. 69-71.
20. Sologub, D.O., Remeslo, A.V. Distribution and size-age composition of Antarctic krill (*Euphausia superba*) in the South Orkney Islands region (CCAMLR subarea 48.2) // CCAMLR Science. – 2011. – Vol. 18. – Pp. 123-134.

Поступила 18.04.2017 г.

Statistical analysis of the Antarctic krill *Euphausia superba* size composition with relation to fishing gear and catch technology. Yu. V. Korzun. Current Antarctic krill fisheries are carried out in the Atlantic Antarctic using conventional catch methods by means of midwater otter- and beam-trawls or continuous fishing technology. The mesh size in codend of these fishing gears ranges from 11 to 20 mm. As a result of such mesh size variety, there may be net selectivity. Spatial and temporal variability of krill length is observed in the fishing areas; it could overlap differences in the selectivity of fishing gear, including selectivity of mesh size in codends. Difference in the mean krill length in catches was insignificant, when mesh size in codend was 14 mm and conventional and continuous fishing methods were used. However, this difference was statistically significant under conditions of mesh size equaling 14, 16 and 20 mm. The number of small krill individuals was decreasing with the increase of mesh size in codend, and the percentage share of individuals in modal classes was increasing. It is possible that dissimilarities exist between the selectivity of codends with mesh size 14, 16 and 20 mm in relation to Antarctic krill length. However, krill samples, taken for fishery purposes from various fishing gears, can be considered identical and be combined into one unified sample for further investigation.

Keywords: statistical analysis, fishing area, fishing seasons, fishing methods, pelagic trawls, fishing gear, mesh size, *Euphausia superba*, Antarctic krill, krill fisheries, Atlantic Antarctic, Bransfield Strait, catch per effort, catch statistics, size composition