

Антарктический криль *Euphausia superba* (Dana, 1852) и гидрометеорологические условия его обитания на акватории подрайона Антарктического полуострова

DOI

Кандидат биологических наук
Н.Н. Жук – главный специалист
отдела «Керченский»;

А.Т. Кочергин –
главный специалист отдела
«Керченский» –

Азово-Черноморский филиал
ФГБНУ «ВНИРО» (АзНИИРХ)

@ niknikzhuk58@gmail.com

Ключевые слова:

антарктический криль,
Антарктический
полуостров, пролив
Брансфилд, размерный
состав, улов, ТПО

Keywords:

Antarctic krill, Antarctic
Peninsula, Bransfield Strait,
length composition, catch,
SST

*Статья посвящается 100-летию Керченской ихтиологической лаборатории – АзЧерНИРО (1933 г.), ЮгНИРО (1988 г.), ее ученым и наставникам Владимиру Андреевичу Бибику и Михаилу Сергеевичу Савичу, отдавшим 50 лет жизни рыбохозяйственной науке, изучению и освоению ресурсов антарктического криля (*Euphausia superba*), участникам 22 экспедиций в Антарктику, авторам более 100 научных работ.*

*The article is dedicated to the 100th anniversary of the Kerch Ichthyological Laboratory - Azcherniro (1933), YugNIRO (1988), its scientists and mentors Vladimir Andreevich Bibik and Mikhail Sergeevich Savich, who gave 50 years of their lives to fisheries science, the study and development of Antarctic krill (*Euphausia superba*) resources, participants of 22 expeditions to Antarctica, authors of more than 100 scientific works.*

ANTARCTIC KRILL *EUPHAUSIA SUPERBA* (DANA, 1852) AND HYDROMETEOROLOGICAL CONDITIONS OF ITS LIVING ENVIRONMENT IN THE ANTARCTIC PENINSULA SUBAREA

Candidate of Biological Sciences **N.N. Zhuk** – Chief Specialist of the department "Kerch";
A.T. Kochergin – Chief Specialist of the department "Kerch" – Azov-Black Sea Branch
of VNIRO Federal State Budgetary Institution (AzNIIRH)

The data collected by the authors over the course of the scientific observations conducted as a part of CCALMR program for the Antarctic Peninsula in the Bransfield Strait fishing areas in March-June, 2017, have shown a discrete nature of exploitable krill aggregations. In March, fishing operations were conducted in the eastern part of the Strait, and in June, in the western one. During those months, a SST decrease from -1.7°C to -2.1°C at 35.00‰ salinity has been recorded for the Weddell Sea waters. In May-June, the SST of the Bellingshausen Sea waters was minus 0.3–minus 0.5 $^{\circ}\text{C}$. In terms of its length composition, the krill was represented by juveniles the Weddell Sea waters and by medium-sized and large individuals in the Bellingshausen Sea waters. Qualitatively different genesis of the waters affected catches per unit effort, which values in the Bellingshausen Sea waters (9.95 t/hour) were higher than in the Weddell Sea waters (7.0-8.4 t/hour). Frequent change in zonal wind direction has an adverse effect on the krill fishing consistency and its catches.

ВВЕДЕНИЕ

Антарктический криль – *Euphausia superba* (Dana, 1852) – циркумполярный массовый вид антарктического макропланктона, относящийся к эуфаузиевым [8] с запасом около 398 млн т [17], является богатейшим источником животного белка в мире [27]. Максимальный вылов криля в постсоветский период получен 5 странами в 2020 г. – 450781 т [7]. Лидирует в этом списке Норвегия (54,1%), благодаря современным судам с системой непрерывного траления. Этот вылов криля стал возможным, в том числе, вследствие постоянного пополнения его биомассы из морей Беллинсгаузена и Уэдделла [14], что связано с воздействием адвекции [2], обеспечивающей разнородность пространственного распределения криля [2; 4; 12; 23], удерживанием океанскими течениями и водоворотами в серии каньонов севернее Антарктического полуострова.

При этом, следует признать влияние природных факторов на изменение климата и биоты, в частности, в юго-западной Антарктике, воздействовавших на пространственный сдвиг криля к югу (~440 км) в последние 90 лет [15; 16]. Параллельно этому воззрению аргументируется отсутствие сокращения распределения криля к полюсу в юго-западном Атлантическом секторе Антарктики, где также не обнаружено свидетельств долгосрочного снижения его плотности или биомассы [20].

Промысловая биомасса криля, рассчитанная в работе [3] методом прямого учета в марте-июне 2017 г., составила $2966,55 \pm 106,46$ тыс. т, что сопоставимо с данными гидроакустических съемок [5; 25; 29]. В расчетах биомассы криля в западной части Антарктического полуострова следует учитывать ее межгодовую изменчивость, которая имеет 5-8-летний цикл пополнения [32].

Современное ограничение вылова криля в подрайоне Антарктического полуострова – 155 тыс. или около 5% от промыслового запаса, указывает на возможное увеличение его вылова в границах безопасности для популяции криля и кормящихся им животных. Недоиспользование крилевого ресурса и выпускаемой из него продукции обеспечивает <1% мирового производства рыбной муки и Омега-3 [19; 22].

В этой ситуации очевидным является возобновление промысла криля Российской Федерацией, нацеленного на выпуск бланшированного мяса криля и кормовой муки (рис. 1) в судовых и береговых условиях, с применением комплексных технологий по производству крилевых гидролизатов, хитина, хитозана и масла из криля [1]. В настоящее время внедряются новые методы модификации белков криля (ферментативный гидролиз) с целью получения высококачественных концентратов белковых ингредиентов для пищевого рациона человека [26; 30].

Наличие разнонаправленных научных точек зрения весьма актуально и требует расширения исследований мировым научным сообществом, включая участие Российской Федерации в этом процессе [13], направленных на всеобъемлю-

Данные, собранные авторами в ходе научных наблюдений, проведенных в рамках программы CCALMR для Антарктического полуострова в районах промысла в проливе Брансфилд в марте-июне 2017 года, показали дискретный характер скопления криля, пригодных для эксплуатации. В марте рыболовные операции проводились в восточной части пролива, а в июне – в западной. В течение этих месяцев в водах моря Уэдделла было зарегистрировано снижение SST с $-1,7^{\circ}\text{C}$ до $-2,1^{\circ}\text{C}$, при солёности 35,00‰. В мае-июне SST вод моря Беллинсгаузена составлял $-0,3^{\circ}\text{C}$ до $-0,5^{\circ}\text{C}$. Что касается состава криля по длине, то он был представлен молодью в водах моря Уэдделла и особями среднего и крупного размера в водах моря Беллинсгаузена. Качественно иной генезис вод повлиял на уловы на единицу усилия, значения которых в водах моря Беллинсгаузена (9,95 т/час) были выше, чем в водах моря Уэдделла (7,0-8,4 т/час). Частое изменение зонального направления ветра отрицательно сказывается на последовательности промысла криля и его уловах.



Рисунок 1. Выпуск бланшированного мяса криля и муки в судовых условиях

Figure 1. Production of blanched krill meat and krill meal on board of a vessel



Рисунок 2. Антарктический криль и окружающая среда Антарктики
Figure 2. Antarctic krill and the Antarctic environment

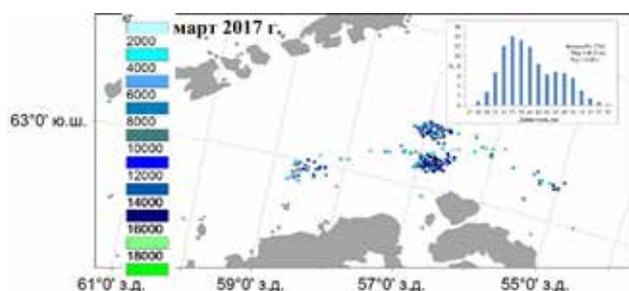


Рисунок 3. Уловы и размерный состав криля в проливе Брансфилд в марте 2017 года

Figure 3. Krill catches and length composition in the Bransfield Strait in March, 2017

щее изучение запасов криля, его рационального управления по регулированию вылова, регламентируясь Мерами по сохранению, требующими консенсуса среди стран-членов АНТКОМ [29].

Цель настоящего исследования – выявить наличие пространственной и временной динамики размерного состава и величины уловов криля в проливе Брансфилд (подрайон Антарктического полуострова; 48.1), во взаимосвязи с гидрометеорологическими условиями и адвекцией различного типа вод в осенне-зимние месяцы Южного полушария.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Объект исследования – антарктический криль *Euphausia superba* (Dana, 1852) во взаимосвязи с абиотическими факторами обитания (рис. 2).

Материалы для исследования получены в период 28 февраля-20 июня 2017 г. непосредственно на борту промыслового судна РКТ-С «Море Содружества» первым автором статьи. Гидрометеорологические наблюдения проводились согласно «Руководству по гидрологическим работам ...» [11] с определением направления ветра по гирокомпасу и скорости по анемометру 822 определения. Измерение температуры воздуха и поверхности океана (ТПО) регистрировалось электронным термометром Veto HI 98509-1, солёности

(S‰) – солемером ГМ 2007. Определение типа вод на промысловых участках производилось косвенно основе термохалинных характеристик поверхностного слоя [9].

Биологический блок исследований на акватории пролива Брансфилд и сопредельных участков подрайона Антарктический полуостров выполнялся в соответствии с программой научного наблюдения АНТКОМ по методикам ВНИРО [10] и CCAMLR [28]. Протяженность акватории исследований с востока на запад составляла около 180 морских миль. Уловы 822 тралений картированы по программе «Картмастер, 2003-2008». Для пространственно-временной динамики размерного состава криля использованы данные 84 биологических и 14 размерно-массовых анализов *E. superba*, общее число промеренных экземпляров – 9800.

Для поиска промысловых скоплений криля использовались эхолоты SIMRAD ES 70 (рабочая частота 200 кГц), KODEN CVS 8822 (28 кГц) и гидролокатор WESSMAR 850 (110 кГц). Траловый лов выполнялся с применением разноглубинного канатного крилевого трала (модель 74/600) с вертикальным раскрытием 22-25 м с ячеей мешка 10-12 мм, на верхней подборе которого крепился прибор контроля глубины траления, оснащенный датчиком температуры, позволившим фиксировать ее значения. Средняя скорость и продолжительность траления составили 2,8 узла и 1,25 часа, соответственно.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В марте 2017 г. лов криля велся на восточном и центральном участках пролива Брансфилд протяженностью с востока на запад 114 морских миль (рис. 3).

В этот период доминировали ветры западных румбов (60,7%). Температура поверхности океана (ТПО) колебалась от $-1,7^{\circ}\text{C}$ на востоке пролива (у о-вов Жуэнвиль и Д'Юрвиль) до $-0,2^{\circ}\text{C}$ в центральной части пролива (у о. Гринвич), составив в среднем по району $-0,9^{\circ}\text{C}$ (таблица).

На востоке акватории присутствовали айсберги и поля плавучих льдов, привнесенные водами моря Уэдделла, отрицательно влиявшими на безопасность мореплавания. Эти факторы обусловили передислокацию судна к западу.

Уловы криля за траление варьировали от 0 до 19 т (см. рис. 3), подекадно колеблясь на единицу промыслового усилия т/час (CPUE) от 5,6 до 11,8 т, а в среднем – 8,4 тонн.

Размерный состав криля в марте на акватории между меридианами $055^{\circ}-058^{\circ}\text{W}$ и параллелями $62^{\circ}32'-63^{\circ}03'\text{S}$ был представлен особями длиной 29-57 мм и модальным классом 35-37 мм (14,0%) со средними значениями длины 40,6 мм и массы 0,48 г (см. рис. 3). Доминировали неполовозрелые рачки группы пополнения – до 41 мм (61,3% численности). Группа среднего (41,1-47,0 мм) и крупного (47,1-59,0 мм) криля равнялась 21,4% и 17,3%, соответственно. Отдельно надо отметить наличие пространственной разнородности размерного состава криля, который в зато-

ках относительно холодных вод ТПО $-1,3^{\circ}\text{C}$ между $055-057^{\circ}\text{W}$ имел моду $35,1-37,0$ мм (до 85%), а в затоках относительно теплых – с ТПО от $0,2^{\circ}$ до минус $0,1^{\circ}\text{C}$ на участке $058-059^{\circ}\text{W}$ – модальные классы $45,1-51,0$ мм (46%).

В апреле, в первой декаде, господствовали ветры западных румбов (71,4%), ослабевая в третьей декаде до 49,4%, но при одновременном росте повторяемости ветров восточных румбов (48,4%), способствовавших выхолаживанию вод пролива в отдельные дни до $-1,8^{\circ}\text{C}$ со среднемесячным значением $-1,2^{\circ}\text{C}$ (см. табл.).

Промысел криля велся на акватории между меридианами $057-059^{\circ}\text{W}$ и параллелями $62-63^{\circ}\text{S}$ с уловами от 0 до 17 т на двух дискретных участках (обозначенных на рис. 4 синим цветом): восточном – протяженностью 13 и западном – 30 морских миль. Минимальное расстояние до береговой линии Антарктического полуострова равнялось около 7-8 миль. Подекадно среднее значение CPUE было стабильным и составило за месяц 7,0 т/час (см. табл.).

Размерный ряд криля, в котором по-прежнему преобладала молодь (75%) с модальным классом 37-39 мм (13,7%) (рис. 4), представляли особи длиной 27-55 мм. Соотношение полов – равновеликое, с минимальным перевесом самок (52,3%) над самцами (47,7%). Средние значения длины и массы рачков были 39,7 мм и 0,44 граммов.

В мае преобладали ветры восточных румбов (53,1%), понижавшие температуру воздуха до -11°C , а на поверхности вод пролива на меридиане 059°W – до температуры замерзания $-2,1^{\circ}\text{C}$, т.е. температуры замерзания. При этой ТПО в штилевую погоду происходило образование шуги и молодого блинчатого льда. В то же время на северо-западе пролива Брансфилд (у о. Сноу и в проливе Бойд – 061°W) ТПО составляла $-0,4^{\circ}\text{C}$.

Уловы криля на трех дискретных участках (А, В, С) равнялись 2-21 т (рис. 5).

В третьей декаде мая, по сравнению с предыдущими декадами, наметился незначительный, в 1,2 раза, рост уловов. Среднемесячное значение CPUE составило 8,1 т/час.

Размерный состав криля на каждом из промысловых участков (рис. 5) указывает на разнокачественную природу его генезиса и привязан к тем или иным водным массам [21].

На промысловом участке (А) в границах $62^{\circ}54'-63^{\circ}21'\text{S}$, $058^{\circ}36'-059^{\circ}44'\text{W}$ доминировала

молодь криля (62,1%), средняя длина и масса которой близки значениям марта-апреля – 39,7 мм и 0,42 г, но с увеличением модального класса – 39,1-41,0 мм (13,5%) (рис. 5, А), что подтверждает наличие генетической связи с уэдделломорскими водами (ТПО $-1,85^{\circ}\text{C}$) [9].

Промысловый участок В (акватория к востоку о. Тринити) с центральными координатами $63^{\circ}45'\text{S}$, $060^{\circ}25'\text{W}$ находился под влиянием трансформированных беллинсгаузенморских вод более теплых (ТПО $-1,28^{\circ}\text{C}$), чем на участке А. Различия типа вод на участках А и В оказало влияние на размерный и весовой состав рачков, проявившееся в увеличении средних значений длины до 43,9 мм, массы – до 0,58 г и модального класса –

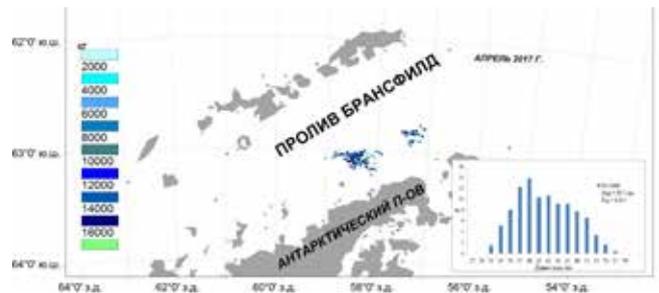


Рисунок 4. Уловы и размерный состав криля в проливе Брансфилд в апреле 2017 года

Figure 4. Krill catches and length composition in the Bransfield Strait in April, 2017

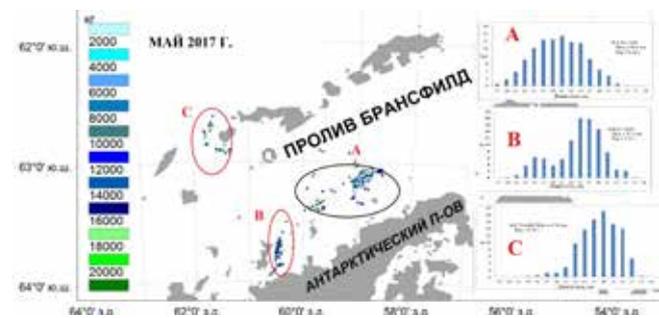


Рисунок 5. Уловы и размерный состав криля в проливе Брансфилд в мае 2017 года

Figure 5. Krill catches and length composition in the Bransfield Strait in May, 2017

Таблица. Данные абиотических характеристик в подрайоне Антарктического полуострова в марте-июне 2017 года / **Table.** Abiotic characteristics data for the Antarctic Peninsula Subarea in March-June, 2017

2017 г.	Показатели												
	Т-ра воздуха, $^{\circ}\text{C}$			Т-ра воды, $^{\circ}\text{C}$			V ветра, м/с			S‰	Ветер. румбы в %		Уловы, т/час
Месяцы	мин	макс	сред	мин	макс	сред	мин	макс	сред	сред	Западный	Восточный	
март	-3,9	3,1	0,2	-1,7	0,4	-0,9	0,1	23,0	8,0	35,0	60,7	18,3	8,4
апрель	-11,0	2,1	-2,4	-1,8	-0,1	-1,2	0,2	23,0	9,3	-	57,0	40,1	7,0
май	-11,0	0,3	-3,0	-2,1	-0,3	-1,5	0,4	24,0	9,2	-	38,0	53,1	8,1
июнь	-9,9	-0,3	-3,8	-2,1	-0,5	-1,5	0,3	37,0	9,0	34,2	25,0	65,0	10,0



43,1-45,0 мм (17,9%) на участке В (рис. 5, В). Здесь же отмечено значительное уменьшение числа молоди (26,0%) и увеличение среднеразмерного (46,9%) и крупноразмерного (27,1%) криля.

Промысловый участок С (акватория у о. Сноу, пролив Бойд) находился под влиянием продуктивных вод Южной ветви АЦТ, которым была присуща повышенная ТПО (0,2°/-0,2 °С). Облавливался крупно- (53,8%) и среднеразмерный криль (40,3%) с минимумом молоди – 5,9% (рис. 5, С). Средняя длина криля – 47,6 мм, масса – 0,72 г и модальный класс – 47,1-49,0 мм.

Экипаж судна на протяжении промысла выпускал продукцию из криля-сырца: бланшированное мясо, крилевую муку, жир. Качество и количество выпускаемой продукции в значительной мере зависело от содержания жира в тканях рачков. В частности, для молоди в мае оно составило 6,1%, что больше мартовского значения и жирности половозрелого криля (4,8%). Однако для выпуска бланшированного мяса наиболее подходящим является крупноразмерный криль.

В июне, в первой декаде месяца, над акваторией промучастка В преобладали северо-восточные ветра (52,5%), в меньшей мере – восточные (23,7%) при минимуме западных (6,8%) ветров, наблюдались штилевые погоды (24,4%). Происходило понижение воздуха до –6,9 °С и ТПО до –1,9 °С. Средние на участке ТПО и соленость равнялись, соответственно, минус 1,76 °С и 34,2‰.

Во второй декаде сохранилось доминирование ветров восточных румбов повторяемостью 55,1%, при увеличении ветров западных румбов до 31,9% и отсутствии штилевых погод.

На промучастке С (у о. Сноу и в проливе Бойд) средняя ТПО составила –0,75 °С. Одновременно к юго-востоку от о. Десепшен наблюдалось понижение ТПО до –2,1 °С. На протяжении месяца происходило выхолаживание вод океана, которое, с одновременным усилением ветров восточных румбов (до повторяемости 65,0%), способствовало образованию шуги и полей блинчатого льда, затруднявших ведение промысла.

Месячные уловы криля варьировали от 0 до 21 т, в среднем – 10,0 т (рис. 6) (см. табл.). В первой декаде июня в среднем они составили 8,1 т/

час, во второй – 12,8 т/час. Рост уловов обусловлен наличием крупного криля у о. Сноу и в проливе Бойд с 11 по 15 июня в зоне влияния беллинсгаузеноморских вод [21; 31] с ТПО –0,7 °С.

Исследования показали наличие трех дифференцированных размерных групп криля для каждого из трех промучастков. *Первая группа* отчалась 01-08 июня на участке В (у о. Тринити) с отчетливым модальным классом 43,1-45,0 мм (19,8%), при средней длине – 42,1 мм и массе – 0,51 г (рис. 6, В). Увеличение количества молоди до 36,8%, по сравнению с маем (26,0%), объясняется её дрейфом с востока вместе с водными массами моря Уэдделла. Этому свидетельствует значительное понижение ТПО до –1,73 °С, при солёности 34,2‰).

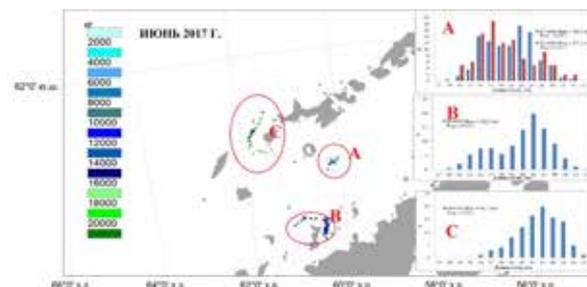


Рисунок 6. Уловы и размерный состав криля в проливе Брансфилд в июне 2017 года

Figure 6. Krill catches and length composition in the Bransfield Strait in June, 2017

Вторая группа наблюдалась 10-14 июня на участке С (у о. Сноу и в проливе Бойд), с доминированием среднеразмерного (48,0%) и крупноразмерного (35,6%) криля с модальным классом 45,1-47,0 мм (рис. 6, С). По сравнению с маем, в поверхностном слое вод этой акватории произошло понижение ТПО до –0,8 °С, что способствовало росту количества молоди криля (до 16,4%) и уменьшению средних значений длины до 45,6 мм и массы до 0,63 граммов.

Третья группа облавливалась 18-20 июня возле участка А с центральными координатами 63°07' S, 060°07' W в 10 милях к юго-востоку от о. Десепшен. Рачки были двух разновеликих модальных классов: 33,1-35,0 мм (15,7%) и 41,1-45,0 мм (26,6%) (рис. 6 А). Наличие таких групп криля, на наш взгляд, сопряжено с их интенсивным дрейфом, благодаря усилившимся ветрам восточных румбов, повлиявших на интенсивность проникновения на запад уэдделломорских вод с ТПО –2,1 °С, не исключив возможную их трансформацию, но с сохранением доминирования.

Сопоставление модальных классов и средних значений длины и массы криля в июне на участке А с предыдущими месяцами свидетельствует об их идентичности в процентах молоди (61,7%), среднеразмерного (32,6%) и крупноразмерного (5,7%) криля.

В июне на исследуемых участках средние ТПО и уловы составили соответственно $-1,5^{\circ}\text{C}$ и 10,0 т/ч (см. табл.). Среднемесячная ТПО – минимальная, как и в мае, а уловы – максимальные.

Таким образом, метеорологические условия тесно связаны со структурой и циркуляцией водных масс, в значительной степени влияющих на перенос криля течениями, на его пространственное распределение, определяют характер скоплений и их плотность, что важно при разработке схемы управления промыслом [6].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В марте-апреле 2017 года на восточном и центральном участках пролива Брансфилд преобладали ветры западных румбов, превалировала адвекция уэдделломорских вод с относительно низкой ТПО, привнесившая неполовозрелую молодь. В затоках относительно теплых вод в центральной части облавливался среднеразмерный криль. Среднемесячные уловы составили 8,4 в марте и 7,0 т/ч – в апреле.

В мае рост повторяемости ветров восточных румбов и выхолаживание вод привели к резкому понижению ТПО до периодического образования шуги и блинчатого льда. Уловы криля колебались в широком диапазоне – 2,0-21,0 т, среднемесячный – 8,1 т/ч.

На востоке пролива Брансфилд, где превалировала адвекция вод моря Уэдделла, доминировала молодь; в его юго-западной части, в зоне влияния относительно теплых беллинсгаузенморских вод – среднеразмерный и крупноразмерный криль; на северо-западе пролива, где отмечались трансформированные воды южной ветви АЦТ, также в уловах наибольший процент имел среднеразмерный и крупноразмерный криль.

В июне наблюдалось значительное преобладание ветров восточных румбов, периодическое снижение ТПО до точки замерзания с образованием шуги и молодого блинчатого льда. Уловы криля, как и в мае, варьировали в широких пределах – 0-21,0 тонн. В первой декаде средний вылов составил 8,1 т/ч; во второй – 12,8 т/ч в среднем – 10,0 т/ч. Преобладание восточных атмосферных потоков и адвекции уэдделломорских вод обусловили в уловах значительный процент молодежи криля.

Пространственное распределение криля свидетельствует о дискретном характере промысловых участков на акватории пролива Брансфилд, где размерный состав и модальные классы увеличиваются с востока на запад от 35-37 мм до 47,1-49,0 мм.

Агрегированность состояния рачков ограничена по площади и привязана к точкам орографии с устойчивой динамикой различных антарктических водных масс.

Будущее крилевого промысла нацелено на рост вылова, в результате подъема значительного спроса со стороны производителей кормов для рыбы и Омега-3 нутриентов, микроэлементов. Ожидается расширение промысла за пределы его нынешней географической области, распространившейся

в границах исторических рыболовных Районов, используемых в 1970-х и 1980-х гг. [24], включая промысловый потенциал криля в Индоокеанском секторе Антарктики.

Изложенные выше сведения нацелены на подтверждение устойчивости сырьевой базы криля в подрайоне Антарктического полуострова, которая, несомненно, недоиспользуется в силу установленных АНТКОМ ограничительных Мер по сохранению 51-07 (2022) и подтверждают важность возобновления промысла криля Российской Федерацией с возможным потенциалом его рентабельности. По свидетельству Род Каппелла с соавторами (2022) [18], эффективность промысла криля зависит от многих факторов, но, учитывая все внешние трудности, он, по сравнению с другими экспедиционными промыслами, имеет хорошую валовую операционную прибыль в 152 млн долл. (по данным за 2019 г.).

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов. Вклад в работу авторов: Н.Н. Жук – идея работы, сбор и анализ данных, подготовка статьи, введения, заключения, окончательная проверка статьи; А.Т. Кочергин – анализ данных, подготовка статьи, заключения.

The authors declare that there is no conflict of interest. Contribution to the work of the authors: N.N. Zhuk – the idea of the work, data collection and analysis, preparation of the article, introduction, conclusion, final verification of the article; A.T. Kochergin – data analysis, preparation of the article, conclusions.

ЛИТЕРАТУРА И ИСТОЧНИКИ / REFERENCES AND SOURCES

1. Антарктический криль: справочник / Под ред. В.М. Быкова. М.: Изд-во ВНИРО. – 2001. – 207 с.
1. Antarctic krill: a handbook / ed. V.M. Bykov. Moscow: VNIRO Publ. – 2001. – 207 p.
2. Жук Н.Н. Оценка влияния гидрометеорологических факторов на размерный состав антарктического криля (*Euphausia superba* Dana, 1852) в подрайоне Антарктического полуострова: Дисс. ... канд. биол. наук. М.: ВНИРО. – 2022. – 220 с.
2. Zhuk N. N. Evaluation of the influence of hydrometeorological factors on the length composition of the Antarctic krill (*Euphausia superba* Dana, 1852) in the Antarctic Peninsula Subarea: Diss. ... cand. biol. sciences. Moscow: VNIRO Publ. – 2022. – 220 p.
3. Жук Н.Н., Корзун Ю.В. Промысловая биомасса антарктического криля в подрайоне 48.1 (Антарктический полуостров) в феврале – июне 2017 года // Рыбное хозяйство. – 2019. – № 4. – С. 68–71.
3. Zhuk N. N., Korzun Yu. V. Harvestable stock biomass of the Antarctic Krill in Subarea 48.1 (the Antarctic Peninsula) in February – June, 2017 // Fisheries. – 2019. – No. 4. – Pp. 68-71.
4. Жук Н.Н. Размерный состав антарктического криля *Euphausia superba* (Dana, 1852) и гидрометеорологические факторы в проливе Брансфилд (подрайон 48.1, Антарктический полуостров) в 2014–2016 гг. / Н.Н. Жук, Н.Н. Кухарев // Природная среда Антарктики: экологические проблемы и охрана: матер. III Междунар. науч.-практ. конф., г. Минск 17–19 сентября 2018 г. / Под ред. Д. А. Лукашанца. Минск: Изд-во Научно-практ. центра Нац. академии наук Беларуси по биоресурсам, 2018. – С. 163–171.
4. Zhuk N. N. Length composition of the Antarctic krill *Euphausia superba* (Dana, 1852) and hydrometeorological factors in the Bransfield Strait (Subarea 48.1, Antarctic Peninsula) in 2014–2016. / N. N. Zhuk, N. N. Kukharev // Natural environment of the Antarctic: Environmental problems and protection: Proceedings of the 3rd International Scientific-Practical Conference, Minsk, September 17–19, 2018 / Ed. D. A. Lukashants. Minsk: Scientific

and Practical Center of the National Academy of Sciences of Belarus for Bioresources Publ., 2018. – Pp. 163-171.

5. Касаткина С.М., Абрамов А.М., Соколов М.Ю. Биомасса и распределение антарктического криля в Антарктической части Атлантики в январе–феврале 2020 года // Труды АтлантНИРО. – 2021. – Т. 5, № 2 (12). – С. 49–61.
5. Kasatkina S. M., Abramov A. M., Sokolov M. Yu. Biomass and distribution of Antarctic krill in the Antarctic part of the Atlantic in January–February, 2020 // Proceedings of AtlantNIRO. – 2021. – Vol. 5, no. 2 (12). – Pp. 49-61.
6. Касаткина С.М., Шнар В.Н. Пространственно-временная изменчивость циркуляции вод и распределения антарктического криля *Euphausia superba* в море Скотия // Труды АтлантНИРО. – 2017. – Т. 1, № 1. – С. 65–75.
6. Kasatkina S. M., Shnar V. N. Spatial-temporal variability of water circulation and distribution of the Antarctic krill *Euphausia superba* in the Scotia Se. // Proceedings of AtlantNIRO. – 2017. – Vol. 1, no. 1. – Pp. 65-75.
7. Криль – биология, экология и промысел. <https://www.ccamlr.org/ru/fisheries/криль> Дата обращения 24.11.2022.
7. Krill – biology, ecology and fisheries. <https://www.ccamlr.org/en/fisheries/krill-%E2%80%93-biology-ecology-and-fishing> Accessed 24.11.2022.
8. Ломакина Н.Б. Эвфаузииды Мирового океана (*Euphausiacea*) / Н. Б. Ломакина // Определители по фауне СССР. Вып. 118. Л.: Наука, 1978. – 222 с.
8. Lomakina N. B. Euphausiids of the World Ocean (*Euphausiacea*) / N. B. Lomakina // Identification guides for the fauna of the USSR. Issue 118. Leningrad: Nauka, 1978. – 222 p.
9. Ломакин П.Д. Циркуляция и структура вод юго-западной части Атлантического океана и прилегающих акваторий Антарктики / П.Д. Ломакин, Е.А. Скрипалева. – Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2008. – 117 с.
9. Lomakin P. D. Circulation and structure of the waters of the southwestern part of the Atlantic Ocean and adjacent areas of the Antarctic / P. D. Lomakin, E. A. Skripaleva. – Sevastopol: ECOSY-Hydrophysics, 2008. – 117 p.
10. Методические указания по сбору и первичной обработке в полевых условиях материалов по биологии и распределению криля. М.: ВНИРО. – 1982. – 48 с.
10. Guidelines for the collection and primary processing of the data on the biology and distribution of krill in the field. Moscow: VNIRO Publ., 1982. – 48 p.
11. Руководство по гидрологическим работам в океанах и морях. 2-е изд. Л.: Гидрометиздат, 1977. – 725 с.
11. Guidelines for hydrological work in the oceans and seas. 2nd ed. Leningrad: Hydrometeorological Publishing House, 1977. – 725 p.
12. Спиридонов В.А. Состав популяции и транспорт молоди антарктического криля в районе бассейна Пауэрла (северо-западная часть моря Уэдделла) в январе 2020 г. / В.А.Спиридонов, А.К. Залота, В.А. Яковенко // Труды ВНИРО. – 2020. – Т. 181. – С. 33-47.
12. Spiridonov V. A. Composition of population and transport of juveniles of Antarctic krill in Powell Basin region (northwestern Weddell Sea) in January 2020 / V. A. Spiridonov, A. K. Zalota, V. A. Yakovenko // Proceedings of VNIRO. – 2020. – Vol. 181. – Pp. 33-47.
13. Стратегия развития рыбохозяйственного комплекса Российской Федерации на период до 2030 года. Приказ Правительства Российской Федерации от 26 ноября 2019 г. № 2798-р.
13. Strategy for the development of the fishery complex of the Russian Federation for the period up to 2030. Order of the Government of the Russian Federation, dated November 26, 2019 No. 2798-r.
14. Шнар В.Н. Мезомасштабная изменчивость переноса криля течениями в проливе Брансфилд в феврале и марте 2020 года / В.Н. Шнар, С.М. Касаткина, Д.А. Чурин // Труды АтлантНИРО. – 2021. – Т. 5, № 2 (12). Калининград: Изд-во АтлантНИРО. – С. 69-80.
14. Shnar V. N. Mesoscale variability of krill transport by currents in the Bransfield Strait in February and March 2020 / V. N. Shnar, S. M. Kasatkina, D. A. Churin // Proceedings of AtlantNIRO. – 2021. – Vol. 5, no. 2 (12). Kaliningrad: AtlantNIRO Publ. – Pp. 69-80.
15. Atkinson A., Hill S. L., Pakhomov E. A., Siegel V. et al. 2017. KRILLBASE: a circumpolar database of Antarctic krill and salp numerical densities, 1926–2016 // Earth. Syst. Sci. Data. – No. 9. – Pp. 193-210.
16. Atkinson A., Hill S. L., Pakhomov E. A., Siegel V. et al. 2019. Krill (*Euphausia superba*) distribution contracts southward during rapid regional warming // Nat. Clim. Change. – No. 9. – Pp. 142-147.
17. Atkinson A., Siegel V., Pakhomov E. A., Jessopp M. J., Loeb V. 2009. A re-appraisal of the total biomass and annual production of Antarctic krill // Deep Sea Research. – Part I, no. 56. – Pp. 727-740.
18. Cappell R., MacFadyen G., Constable A. 2022. Research funding and economic aspects of the Antarctic krill // Marine Policy. – Vol. 143, 105200. – 9 p. doi: 10.1016/j.marpol.2022.105200.
19. Cavanagh R. D., Melbourne-Thomas J., Grant S. M., Barnes D. K. A., Hughes K. A., Halfter S., Meredith M. P., Murphy E. J., Trebilco R., Hill S. L. 2021. Future risk for Southern Ocean ecosystem services under climate change // Front. Mar. Sci. – No. 7. – Article 615214. doi: 10.3389/fmars.2020.615214.
20. Cox M. J., Candy S., de la Mare W. K., Nicol S., Kawaguchi S., Gales N. 2019. Clarifying trends in the density of Antarctic krill *Euphausia superba* Dana, 1850 in the South Atlantic. A response to Hill et al. // J. Crustac. Biol. – No. 39. – Pp. 323-327.
21. Dotto T. S., Mata M. M., Kerr R., Garcia C. A. E. A novel hydrographic gridded data set for the northern Antarctic Peninsula // Earth Syst. Sci. Data. – 2021. – Vol. 13. – Pp. 671–69. doi: 10.5194/essd-13-671-2021.
22. Hill L., Hinke J., Bertrand S., Fritz L., Furness R. W., Ianelli J. N., et al. 2020. Reference points for predators will progress ecosystem-based management of fisheries // Fish Fish. – No. 21. – Pp. 368-378. doi: 10.1111/faf.12434.
23. Kasyan V. V., Bitiutskii D. G., Mishin A. V., Zuev O. A., Murzina S. A., Sapozhnikov P. V., et al. 2022. Composition and distribution of plankton communities in the Atlantic Sector of the Southern Ocean // Diversity. – No. 14. – Pp. 923. doi: 10.3390/d14110923.
24. Krafft B. A., Lowther A., Krag L. A. 2022. Bycatch in the Antarctic krill (*Euphausia superba*) trawl fishery // Fish. Manag. Ecol. – No. 00. – Pp. 1–7. doi: 10.1111/fme.12607.
25. Krafft B. A., Macaulay G. J., Skaret G., Knutsen T. et al. 2021. Standing stock of Antarctic krill (*Euphausia superba* Dana, 1850) (*Euphausiacea*) in the Southwest Atlantic sector of the Southern Ocean, 2018–19 // Journal of Crustacean Biology. – Vol. 41, no. 3. – Pp. 1–17. doi: 10.1093/jcobiol/ruab046.
26. Li Y., Wang J., Zhu X., Tan L., Xie D., Xu W., Gui Y., Zhao Y., Wang J. 2022. Basic electrolyzed water coupled with ultrasonic treatment improves the functional properties and digestibility of Antarctic krill proteins // Food Research International. – Vol. 162, 112201. – 10 p. doi: 10.1016/j.foodres.2022.112201.
27. Li Y., Zeng Q.-H., Liu G., Chen X., Zhu Y., Liu H., et al. 2020. Food-grade emulsions stabilized by marine Antarctic krill (*Euphausia superba*) proteins with long-term physico-chemical stability // LWT – Food Science and Technology. – Vol. 128. – Article 109492. doi: 10.1016/j.lwt.2020.109492.
28. Manual of a scientific observer. 2011. – CCAMLR Publ. – 66 p. <http://www.ccamlr.org/ru/node/74413>, Version 2012.
29. McBride M. M., Stokke O. S., Renner A. H. H., Krafft B. A., Bergstad O. A., Biuw M., Lowther A. D., Stiansen J. E. 2021. Antarctic krill *Euphausia superba*: Spatial distribution, abundance, and management of fisheries in a changing climate // Mar. Ecol. Prog. Ser. – Vol. 668 – Pp. 185–214. doi: 10.3354/meps13705.
30. Mildenerberger J., Bruheim I., Solibakke P., Atanassova M. 2022. Development of a protein concentrate for human consumption by direct enzymatic hydrolysis of Antarctic krill (*Euphausia superba*) // LWT – Food Science and Technology. – Article 114254. – 30 p. doi: 10.1016/j.lwt.2022.114254 Accessed 08.12.2022.
31. Reiss C. S., Cossio A., Santora J. A., Dietrich K. S., Murray A. et al. 2017. Overwinter habitat selection by Antarctic krill under varying sea-ice conditions: implications for top predators and fishery management // Marine Ecology Progress Series. – Vol. 568. – Pp. 1–16. <http://www.int-res.com/abstracts/meps/v568/p1-16/>
32. Warwick-Evans V., Fielding S., Reiss C. S., Watters G. M., Trathan P. N. 2022. Estimating the average distribution of Antarctic krill *Euphausia superba* at the northern Antarctic Peninsula during austral summer and winter // Polar Biology. – No. 45 – 15 p. doi: 10.1007/s00300-022-03039-y.