

*На правах рукописи*



**Жук**

**Николай Николаевич**

**ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ  
НА РАЗМЕРНЫЙ СОСТАВ АНТАРКТИЧЕСКОГО КРИЛЯ  
(*EUPHAUSIA SUPERBA* DANA, 1852)  
В ПОДРАЙОНЕ АНТАРКТИЧЕСКОГО ПОЛУОСТРОВА  
(АТЛАНТИЧЕСКИЙ СЕКТОР АНТАРКТИКИ)**

1.5.16 — Гидробиология

**АВТОРЕФЕРАТ**

диссертации на соискание ученой степени

кандидата биологических наук

Москва, 2022 г.

Работа выполнена на кафедре «Водные биоресурсы и марикультура» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Керченский государственный морской технологический университет» (ФГБОУ ВО «КГМТУ»), г. Керчь

Руководитель:

**Губанов Евгений Павлович**

доктор биологических наук, главный научный сотрудник отдела «Керченский» Азово-Черноморского филиала ФГБНУ ВНИРО («АзНИИРХ»), г. Керчь

Официальные оппоненты:

**Саускан Владимир Ильич**

доктор биологических наук, профессор, консультант–наставник Института рыболовства и аквакультуры ФГБОУ ВО «КГТУ», г. Калининград

**Залота Анна Константиновна,**

кандидат биологических наук, научный сотрудник лаборатории экологии прибрежных донных, «Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН» (ФГБУН «ИО РАН»), г. Москва

Ведущая организация:

ФГБУН Федеральный исследовательский центр «Институт биологии южных морей им. А.О. Ковалевского РАН» (ФИЦ ИнБЮМ), г. Севастополь

Защита состоится «06» июня 2022 г. в 14:00 часов на заседании Диссертационного совета по защите кандидатских и докторских диссертаций 37.1.001.01 при Федеральном государственном бюджетном научном учреждении «Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии» (ФГБНУ «ВНИРО») по адресу: 105187, г. Москва, Окружной проезд, д. 19.

Телефон: +7 (985) 987-76-18, электронный адрес: [ovilk@mail.ru](mailto:ovilk@mail.ru)

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке и на сайте ФГБНУ «ВНИРО» по адресу:

[http://www.vniro.ru/files/disser/2022/zhuk\\_disser\\_nn.pdf](http://www.vniro.ru/files/disser/2022/zhuk_disser_nn.pdf)

Автореферат разослан «    » \_\_\_\_\_ 2022 г.

Ученый секретарь диссертационного совета, кандидат географических наук



Вилкова Ольга Юрьевна

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность исследования.** Ресурсы антарктического криля *Euphausia superba* (Dana, 1852) являются крупнейшим промысловым запасом в Антарктике (Аткинсон и др., 2009). В период 1961–1991 гг. Советский Союз проводил научные исследования с целью изучения биологии, пространственного распределения и интенсивности промысла криля, обследовав более 80 % акватории Антарктики. Такая комплексная стратегия позволила уже в 1982 г. достичь максимального годового вылова криля — 528,7 тыс. т. Доля советского флота составляла 80–93 % вылова.

После распада СССР в 1991 г. и прекращения работы советского крупнотоннажного флота международный вылов криля не превышал 100 тыс. т и сосредоточился исключительно в Атлантическом секторе Антарктики. Лишь в начале 2000-х гг. промысел стал расширяться в связи с ростом мировой потребности в кормах для аквакультуры и сельскохозяйственных животных, в следствие развития фармацевтической промышленности и спроса на биологически активные добавки, а также в рамках удовлетворения продовольственных нужд растущего населения (Сушин, Литвинов, 2002).

Начиная с 2008 г., наблюдается рост мирового вылова криля. В 2020 г. его добыча достигла 446 тыс. т.

По данным Atkinson et al. (2009) запасы криля в Антарктике составляют 398 млн т, а величина его допустимого вылова в Атлантическом секторе Антарктики — 5,61 млн т (SC-CAMLR, 2011). Таким образом, современный вылов криля (2020 г. — 446 тыс. т) свидетельствует о его существенном недолове и значительном недоиспользуемом ресурсном потенциале.

Поэтому в настоящее время существуют все условия для возобновления Российской Федерацией промысла антарктического криля — крупнейшего источника животного белка (Андреев, 2002; Yang et al., 2021), что весьма актуально в современных условиях. О важности возвращения России в число стран-участниц промысла криля свидетельствует документ «Стратегия развития рыбохозяйственного комплекса Российской Федерации на период до 2030 года» от 26 ноября 2019 г. № 2798-р, который предусматривает возобновление промысла и освоение ресурсов криля в Атлантическом секторе Антарктики в объеме до 450 тыс. т в год. Для этого запланировано строительство до 5 крупнотоннажных траулеров-процессоров и 3 транспортных судов и государственные субсидии в размере 15 млрд руб.

Для организации научного обеспечения рационального освоения ресурсов антарктического криля и его эффективного промысла необходимы мониторинговые исследования его биологии с учетом влияния факторов внешней среды на состояние запасов и формирование скоплений.

**Цель и задачи исследования.** Цель работы состояла в оценке влияния факторов внешней среды на изменчивость размерного состава антарктического криля, а также на величину его уловов на усилие и биомассу на промысловых участках в подрайоне Антарктического полуострова (подрайон 48.1).

**Задачи** для выполнения цели:

1. Проанализировать сезонную и межгодовую изменчивость факторов внешней среды: направления и скорости ветра, температуры поверхности океана (ТПО) и воздуха, атмосферного давления в подрайоне Антарктического полуострова (48.1).

2. Выполнить анализ сезонной и межгодовой изменчивости размерного состава антарктического криля по участкам промысла в подрайоне 48.1.

3. Выполнить анализ сезонной и межгодовой изменчивости уловов антарктического криля на промысловые усилия в подрайоне 48.1.

4. Выполнить расчет биомассы антарктического криля, изучив особенности ее межгодовой изменчивости на участках промысла в подрайоне 48.1.

5. Проанализировать сезонную и межгодовую изменчивость вертикальных миграций антарктического криля в подрайонах Антарктического полуострова (48.1), Ю. Оркнейских о-вов (48.2), о. Ю. Георгия (48.3).

6. Выполнить анализ величины уловов и оправдываемости прогноза вылова антарктического криля с годичной заблаговременностью для подрайонов 48.1, 48.2, 48.3 для повышения эффективности промысла.

**Научная новизна.** Автором впервые для подрайона Антарктического полуострова и пролива Брансфилд показано влияние зонального типа атмосферной циркуляции на размерный состав и величину уловов криля. Впервые в подрайоне Антарктического полуострова в период наблюдений 2001–2017 гг. был выполнен расчет величины биомассы криля методом прямого учета по данным траловых уловов промыслового судна в 2006 и 2017 гг. Обнаружено трансформирование сезонных и межгодовых вертикальных миграций, обусловленное влиянием абиотических факторов, что проиллюстрировано эхограммами высокого качества. Показана пространственно-временная изменчивость размерного состава антарктического криля в Районе 48 в осенне-зимние месяцы Южного полушария за период 2001–2017 гг., используемая при составлении прогнозов его вылова с годичной заблаговременностью для рыбопромысловых организаций.

**Практическая значимость.** Результаты исследования позволили расширить знания по биологии антарктического криля, его промыслу, влиянию гидрометеорологических факторов на процесс его агрегированности и размерный состав. На основе биологических и гидрометеорологических результатов исследований была рекомендована схема очередности промысла по участкам в подрайонах 48.1 и 48.2, способствовавшая оптимизации сроков добычи криля и снижению затрат времени на поиск скоплений. Подготовленные для рыбодобывающих организаций прогнозы вылова криля с годовой заблаговременностью на протяжении 2002–2010 гг. продемонстрировали высокую оправдываемость, что позволило повысить эффективность промысла и обеспечить стабильные уловы.

**Положения, выносимые на защиту:**

1. Представлены данные об определяющем влиянии типов атмосферной циркуляции на формирование скоплений, а также на размерный состав криля и величину его уловов в скоплениях. Преобладание зонального типа атмосферной циркуляции с высокой повторяемостью ветров западных румбов обеспечивает увеличение притока криля с водами

из моря Беллинсгаузена на промысловые участки пролива Брансфилд, а повышение повторяемости восточных ветров — на поступление криля из моря Уэдделла.

2. Выполненный расчет промысловой биомассы антарктического криля методом прямого учета в подрайоне Антарктического полуострова свидетельствует о наличии его значительного ресурса для наращивания добычи и выпуска пищевой продукции с содержанием экологически чистого белка.

**Личный вклад.** Автор принял участие в сборе и обработке первичного материала по биологии, промыслу и факторам среды обитания антарктического криля в 16 промысловых рейсах в Атлантическом секторе Антарктики (Район 48) на борту украинских (2001–2003, 2005, 2006, 2008, 2013–2017 гг.), американского (2004 г.) и польского (2009, 2010 гг.) судов. В основу работы положены обобщенные результаты анализа первичных материалов по размерному составу, распределению, величине уловов, биомассе и этологии антарктического криля, сопоставленные с имеющимися литературными сведениями. Автор участвовал в подготовке прогнозов вылова криля для рыбопромысловых организаций в период с 2002 по 2010 г.

**Степень достоверности и апробация работы.** Достоверность результатов исследования основана на большом объеме научного материала, собранного в 16 промысловых рейсах в период с 2001 по 2017 г. Обработанный материал был представлен на расширенных коллоквиумах лаборатории Мирового океана «ЮгНИРО» (2003–2014 гг.) и Кафедры водных биоресурсов и марикультуры ФГБОУ ВО «КГМТУ» (2014–2018 гг.). Результаты были доложены на семинарах и научно-практических конференциях в России, Украине, Белоруссии (всего в десяти), из них — в шести международных. Материалы исследований также подавались на Рабочую группу АНТКОМ по экосистемному мониторингу и управлению (WG-EMM) в 2007 и 2008 гг. Апробация прогнозов вылова криля была реализована судами рыбопромысловых организаций ОАО «Интеррыбфлот», ООО «Интерфлот», «Ситрефик» г. Севастополь на протяжении 2002–2010 гг. и продемонстрировала высокую степень их оправдываемости.

**Публикации.** Результаты диссертационных исследований отражены в 35 публикациях, в том числе в 4 статьях научных журналов из списка ВАК при Министерстве образования и науки Российской Федерации. Был получен Патент на изобретение (№ 85105, 2008).

**Структура и объем работы.** Диссертация состоит из введения, 5 глав, заключения, выводов, списка литературы (307 работ, из них 154 на английском языке), 3 приложений. Текст диссертации изложен на 214 страницах, иллюстрирован 57 рисунками, снабжен 24 таблицами.

**Благодарности.** Автор приносит благодарность научному руководителю Евгению Павловичу Губанову, д.б.н. за поддержку, советы и помощь в период работы над диссертацией. Выражает искреннюю признательность и благодарность старшим коллегам В.А. Бибику и М.С. Савичу, к.б.н., с которыми принимал участие в промысловых антарктических экспедициях. Выказывает глубокое уважение П.Д. Ломакину, д.г.н., профессору, А.П. Золотницкому, д.б.н., профессору, Н.П. Новикову, д.б.н., профессору за консультации по вопросам среды обитания и биологии криля. Автор благодарит бывшего заведующего кафедрой Водных биоресурсов и марикультуры ФГБОУ ВО «КГМТУ»

А.П. Золотницкого за всестороннюю помощь и поддержку во время учебы в аспирантуре. Автор признателен руководству рыбопромысловых организаций ООО «Ситрефик» и «Интеррыбфлот» г. Севастополь, экипажам судов за их работу и оказанную помощь в сборе полевого научного материала.

## **СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ**

Во **Введении** раскрыта актуальность выбранного исследования, обосновывается постановка проблемы, формулируются цель и задачи работы, отражена практическая важность результатов.

## **ГЛАВА 1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ**

В литературном обзоре представлены важные результаты изучения антарктического криля отечественными и зарубежными авторами разных поколений по таким темам, как история исследования природных процессов и биоресурсов Южного океана, международный правовой режим Антарктики, актуальность исследований биологии криля, колебания общей биомассы, оценка запаса, промысел, прогнозы уловов, современные способы лова криля.

Основополагающие концепции по биологии, распределению, промыслу и условиям обитания криля, изложенные в публикациях J.W.S. Marr (1962), N.A. Mackintosh (1972), P.P. Макарова (1972; 1974; 1980; 1981), В.В. Масленникова (1980; 2003), В.А. Спиридонова (1988), A. Atkinson (2004), V. Siegel (1986; 2000; 2016), T.S. Dotto (2016; 2021), нашли продолжение и отражены автором диссертации в результатах исследований.

## **ГЛАВА 2. ФИЗИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ЮГО-ЗАПАДНОЙ АТЛАНТИКИ И ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ АТЛАНТИЧЕСКОГО СЕКТОРА АНТАРКТИКИ**

В диссертационной работе рассматривается антарктический криль как промысловый объект, распределение и агрегированность которого, как и размеры в скоплениях, в значительной степени зависимы от гидрометеорологических факторов. В литературном обзоре представлены абиотические факторы, оказывающие влияние на агрегированность криля: особенности рельефа дна и климата, погодные и океанографические условия, ледовый режим региона Юго-Западной Атлантики и прилегающего к нему района западной части АсА.

Атмосферная циркуляция, сложнейшая система океанических течений, вертикальная циркуляция и свойства водных масс, условия развития ледового режима и другие физические характеристики формируют высокую биологическую продуктивность вод исследуемого региона (Солянкин, Спиридонов, 1987; Niiler et al., 1990; Масленников, 2003; Ломакин, Скрипалева, 2008; Tarling, Thorpe, 2014; Sandra et al., 2011; 2017). Все это при меридиональном типе атмосферы и гидросферы оказывает непосредственное влияние на существование и развитие основы пищевой пирамиды — запаса антарктического криля и

его потребителей (Agnew, Phegan, 1995; Lynch et al., 2009; Staniland, Hill, 2018; Barbosa et al., 2018).

Ряд авторов (Артамонов, 2002; 2003; Sangra et al., 2017; Dotto et al., 2021) показали, что продуктивность существующих приоритетных акваторий промысла криля — северо-западного шельфа Южных Шетландских о-вов и склонов Антарктического полуострова с проливом Брансфилд — обусловлена системой течений в районе Антарктического полуострова и Южной ветвью Антарктического Циркумполярного течения (ЮВ АЦТ).

### ГЛАВА 3. МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Исследования выполнены на основе материалов полевых исследований и промысла *E. superba* и гидрометеорологических характеристик на участках лова по итогам 16 промысловых рейсов в период с 2001 по 2017 г. в АчА (район 48) в трех подрайонах — Антарктического полуострова (48.1), Ю. Оркнейских островов (48.2) и о. Ю. Георгия (48.3). Объем собранного материала представлен в табл. 1.

Таблица 1

Общий объем собранного материала по биологии криля в подрайонах 48.1–48.3 за период 2001–2017 гг.

Название судов	Сезоны работ	Количество биоанализов тралений	Общее количество криля, экз.		Всего за период исследований, тыс. экз.
			Проанализировано, тыс. экз.	Промерено, тыс. экз.	
БМРТ: «Форос», «Фиолент», «Dalmor II» РКТС: «Конструктор Кошкин» «Море Содружества» РТМС «Тор Океан»	2001-2006 2008-2010 2013-2017	<u>1709</u> 9812	166,8	208,8	375,6

На протяжении 14 промысловых сезонов судами применялась традиционная технология промысла с использованием разноглубинных тралов трех модификаций. Получены данные уловов 9812 тралений. Поиск и ведение промысла криля осуществлялись в соответствии с методическими рекомендациями ВНИРО (Методические рекомендации..., 1986). Массив данных по биологическому состоянию криля собран по методикам ВНИРО (Методические указания..., 1982) и с соблюдением требований Системы АНТКОМ по международному научному наблюдению (CCAMLR, 2000; 2006; 2011). Сбор гидрометеорологических данных проводился в соответствии с «Руководством по гидрологическим работам в океанах и морях» (1977); общее число наблюдений составило 5354.

Расчет плотности криля был выполнен методом облавливаемых объемов (Бибик, 1996) по данным уловов трала модели 74/600 м в промысловые сезоны 2005/06 и 2016/17 гг.

на основе приложенного промыслового усилия 304 и 498 тралений, соответственно, по формуле:

$$B = \frac{P \times 10^8}{V \times 30,87 \times S \times T} \times \frac{1}{K}, \text{ где:}$$

$B$  — плотность биомассы, г/м<sup>3</sup>;

$P$  — улов, т;

$V$  — скорость траления, узлы;

30,87 — коэффициент для перевода скорости траления из узлов в м/с;

$S$  — площадь отверстия трала на уровне мелкочейной вставки, м;

$T$  — время траления, мин.;

$K$  — коэффициент уловистости трала для криля, равный 1.

Биомасса криля в обловленных скоплениях определялась по формуле:  $\beta = P_v V$ , где:

$\beta$  — биомасса скоплений криля (т);

$P_v$  — средняя плотность на участке скоплений (г/м<sup>3</sup>);

$V$  — объем скоплений (м<sup>3</sup>) (Бибик, 1996).

Статистическая обработка полученных данных основывалась на методах математической статистики (Рокицкий, 1961; Clarke, Warwick, 2001) с использованием программы MS Excel.

## ГЛАВА 4. РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

### Динамика гидрометеорологических условий промысла антарктического криля в подрайоне Антарктического полуострова в 2006–2017 гг.

Синоптические условия в Антарктике определяются региональными особенностями климата и его долгопериодными изменениями (Antarctic Climate Change and the Environment — ACCCE) (Мартазинова, 2011/12; Turner et al., 2009, 2013; Tarling et al., 2017). Метеорологические наблюдения в проливе Брансфилд и в сопредельных акваториях позволили выделить из числа гидрометеорологических факторов наиболее значимый — атмосферную циркуляцию с преобладающими по силе и повторяемости ветрами, что проиллюстрировано на рис. 1–4 и табл. 2.

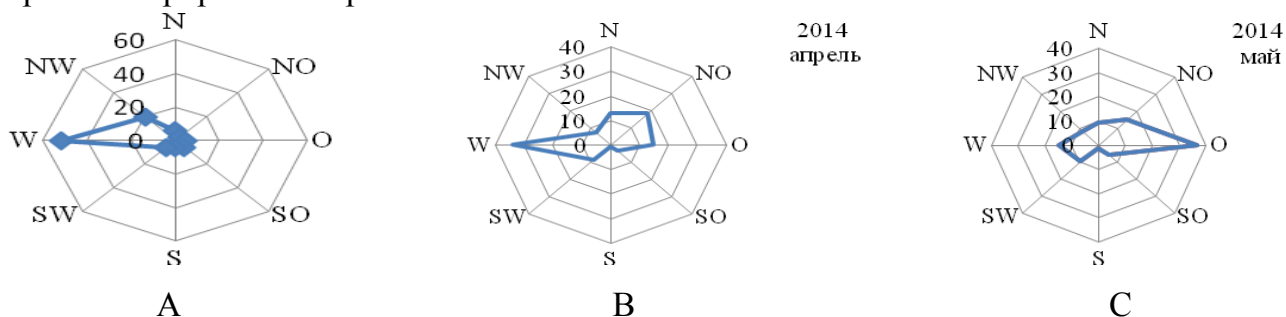


Рис. 1. Роза ветров в проливе Брансфилд в мае 2006 г. (А) и в апреле (В), мае (С) 2014 г.



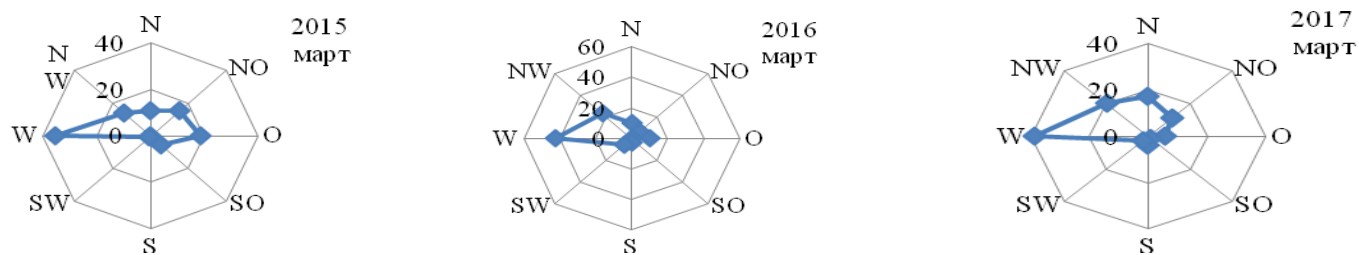


Рис. 2. Роза ветров в проливе Брансфилд в марте 2015–2017 гг.

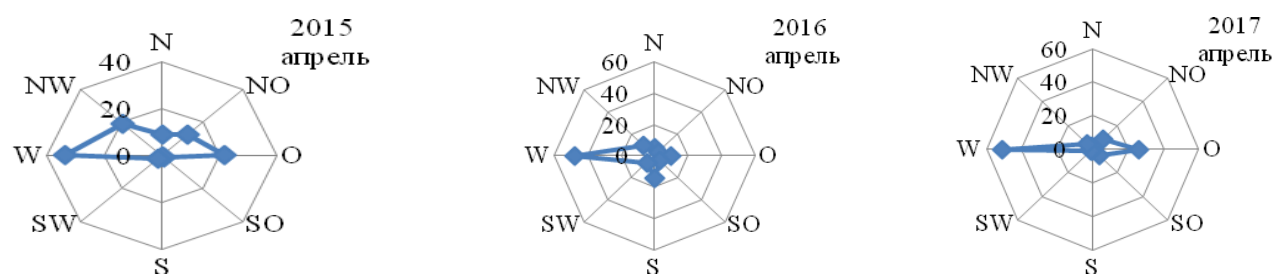


Рис. 3. Роза ветров в проливе Брансфилд в апреле 2015–2017 гг.

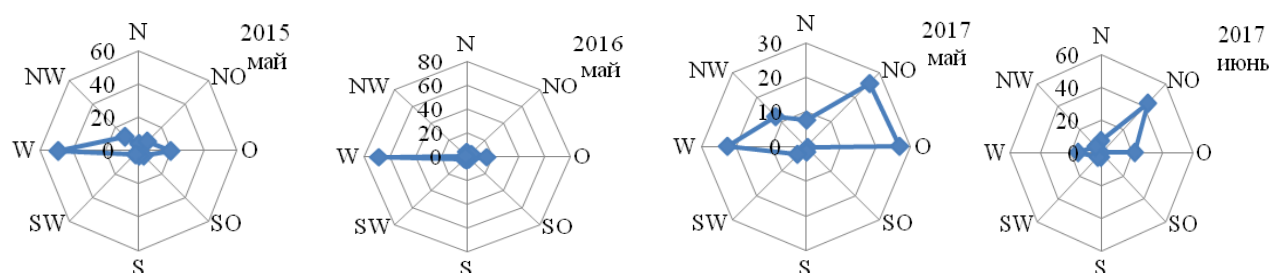


Рис. 4. Роза ветров в проливе Брансфилд в мае 2015–2017 гг. и в июне 2017 г.

Таблица 2

Гидрометеорологические характеристики в проливе Брансфилд в мае 2006 г. и марте–июне 2014–2017 гг.

Показатели		Т воздуха, °С			Т воды, °С			V ветра, м/с			Р, мб
Годы	Месяцы	мин.	макс.	сред.	мин.	макс.	сред.	мин.	макс.	сред.	сред.
2006	май	-9,4	1,2	-2,4	-1,75	-1,3	-1,52	1,4	18,9	10,2	978
2014	апрель	-6,1	1,6	-1,4	-1,9	-0,2	-1,56	0,2	22,3	6,7	999
	май	-7,8	0,3	-3,0	-2	-1,3	-1,7	0,2	25,0	7,2	997
2015	март	-3,4	4,4	0,0	-1,1	0,8	-0,5	0,2	27,0	8,3	988
	апрель	-5,0	2,6	-1,3	-1,5	-0,4	-1,1	0,1	22,2	7,1	990
	май	-6,2	2,1	-2,1	-2,0	-0,8	-1,6	0,2	30,0	7,6	992
2016	март	-2,7	2,9	0,2	-1,1	-0,3	-0,7	0,0	21,0	8,7	987
	апрель	-15,0	1,8	-3,3	-1,8	0,1	-1,3	0,5	25,3	11,0	986
	май	-9,5	-1,1	-2,8	-1,9	-0,8	-1,8	0,5	24,7	10,3	1003
2017	март	-3,9	3,1	0,2	-1,7	0,4	-1,0	0,1	23,0	8,0	1004
	апрель	-11,0	2,1	-2,4	-1,8	-0,1	-1,3	0,2	23,0	9,3	996
	май	-11,0	0,3	-3,0	-2,0	-0,3	-1,5	0,4	24,5	9,2	993
	июнь	-9,9	-0,3	-3,8	-2,1	-0,5	-1,5	0,3	37,0	9,0	995

Представленные результаты позволили выявить наличие доминирования зонального типа воздушных масс с абсолютным преобладанием ветров западных румбов с высокой повторяемостью до 72 % в мае 2006 г., в марте–апреле 2016 г. — 70 %, мае 2016 г. — 75 %.

Отмечено, что в промысловые сезоны 2013/14, 2014/15 и 2016/17 гг. (март–июнь) акватория Антарктического полуострова находилась под влиянием зонального типа атмосферной циркуляции с ветрами западных румбов, но с постепенным увеличением повторяемости восточных ветров вплоть до их доминирования. Так, в марте суммарная направленность восточных ветров была 25–40 %, в апреле — 35–45 %, в мае 2015 г. — 35 %, в мае 2014 и 2017 гг. достигала 55 %, а в июне 2017 г. — 70 %. Воздействие ветрового режима способствовало значительному проникновению уэдделломорских вод с ТПО до минус 1,9–2,1 °С и соленостью 35 ‰ с востока на запад вплоть до меридиана о. Десепшен (60°12' з.д.).

Таким образом, гидродинамические условия в подрайоне Антарктического полуострова за период с 2006 по 2017 г. (с перерывами) свидетельствуют о формировании разнокачественных поверхностных водных масс, находящихся в тесной связи с сезонной изменчивостью метеорологических процессов, характерных для Южного полушария (Масленников, 2003). Наши результаты подтверждаются исследованиями Швень и Клок (2005), которые проанализировали многолетний ход гидрометеорологических характеристик над станциями Антарктического полуострова («Беллинсгаузен», «Розера», «Академик Вернадский») и отметили существование циркуляционных изменений среднемесячных и межгодовых значений под воздействием смены направления ветров. Аналогичную с нашими данными картину демонстрируют результаты гидрографических исследований бразильских ученых (Dotto et al., 2021), которые на протяжении 1990–2019 гг. изучали распределение водных масс и океанографические особенности региона Антарктического полуострова и пролива Брансфилд.

### **Размерный состав и особенности биологии антарктического криля в подрайоне Антарктического полуострова в 2006–2017 гг.**

Сезон 2006 г. В марте 2006 г. у о. **Мордвинова** агрегации криля высокой плотности в виде нескольких пятен протяженностью от 2–3 до 5–7 миль удерживались над глубинами от 120 до 800 м. Криль в уловах представлен особями длиной 33–61 мм с двумя модальными классами. Первый класс с модой 45–47 мм облавливался над островным шельфом у поверхности (20–50 м), второй (49–51 мм) — у кромки шельфа или за его пределом в горизонте 85–120 м (рис. 5).

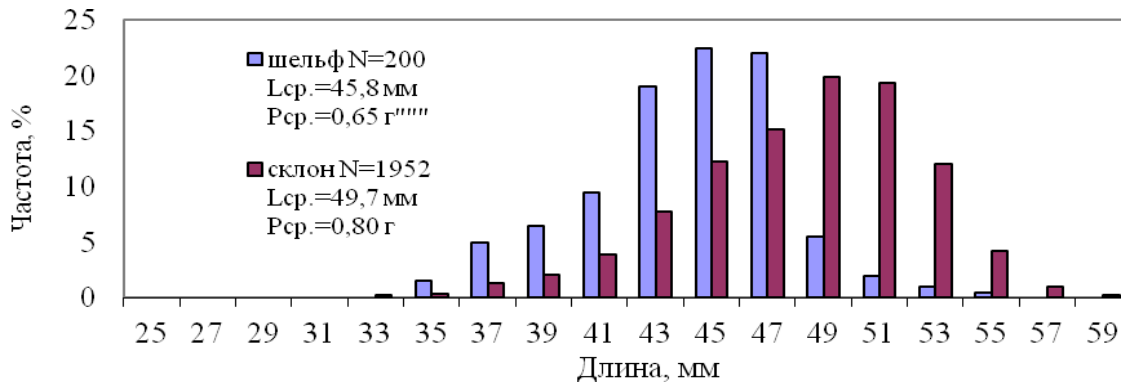


Рис. 5. Размерный состав криля у о. Мордвинова в марте 2006 г.

**Архипелаг Палмер.** В уловах присутствовал крупный нерестовый криль с модальным классом 53–55 мм. Его средняя длина и масса составили 52,8 мм и 0,98 г (рис. 6).

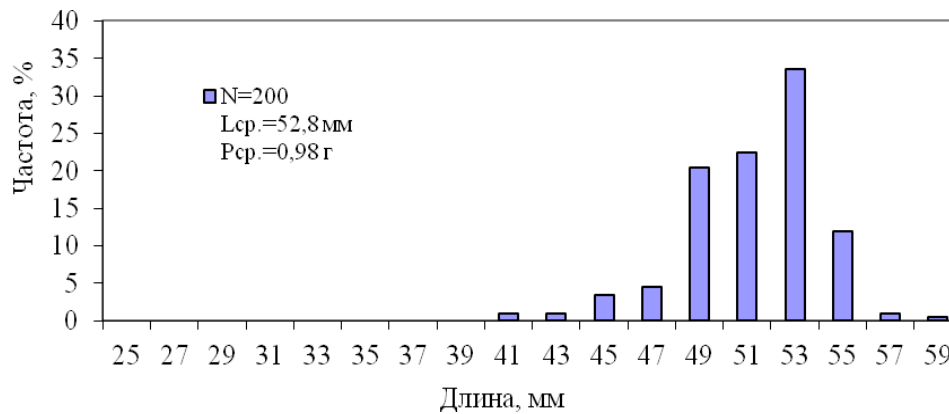


Рис. 6. Размерный состав криля у архипелага Палмер в марте 2006 г.

При этом нерестовые самки были крупнее самцов. Криль, выловленный в сезон 2006 г. на этом участке, был наиболее крупным в подрайоне Антарктического полуострова.

**Южные Шетландские острова.** Результаты исследования размерного состава криля и состояния его репродукционного процесса были получены на нескольких участках шельфа о-ва Ливингстон, которые располагались к северо-западу, западу и юго-западу от острова над глубинами шельфа в период с 22 марта по 5 мая 2006 г. Здесь облавливался криль, размерный состав которого был представлен двумя модальными классами — 51–53 мм и 49–51 мм (рис. 7).

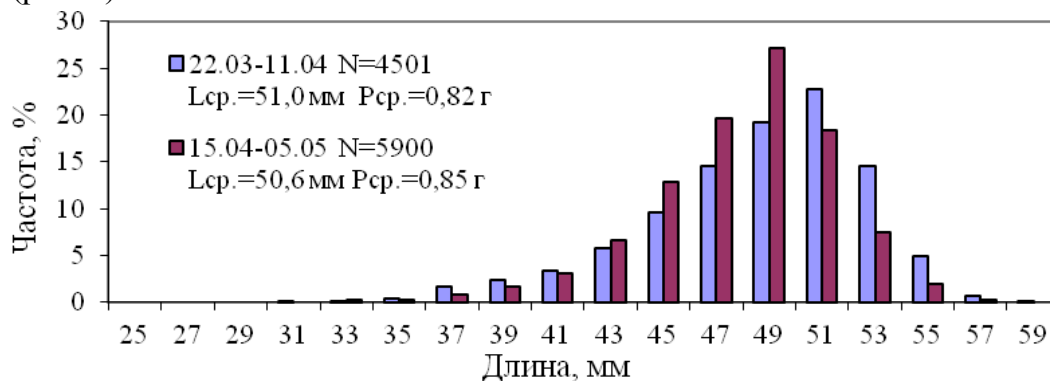


Рис. 7. Размерный состав криля у о. Ливингстон в марте–мае 2006 г.

Полученные данные позволили определить пространственно-временную динамику уровня половозрелости криля. В качестве индикатора были выбраны самки, состояние гонад которых наглядно отражает этот процесс. Отмечено, что динамика размерно-половой структуры *E. superba* согласуется с репродуктивным состоянием. Характерным признаком прошедшего нереста является повышенная естественная смертность самцов. Это подтверждается и результатами наблюдений с подводного аппарата, указывающими на максимальную плотность погибшего криля в горизонте 20–90 м (60–20 экз. м<sup>3</sup>) с модальным размером 50–52 мм (Помазов, 2002).

**Пролив Брансфилд.** В 2006 и особенно в 2016 гг. устойчивые западные ветры усиливали влияние Южной ветви АЦТ, включая воды моря Беллинсгаузена, способствовавшие выносу значительного количества крупного половозрелого криля в пролив Брансфилд (рис. 8), что минимизировало пополнение молоди из моря Уэдделла.

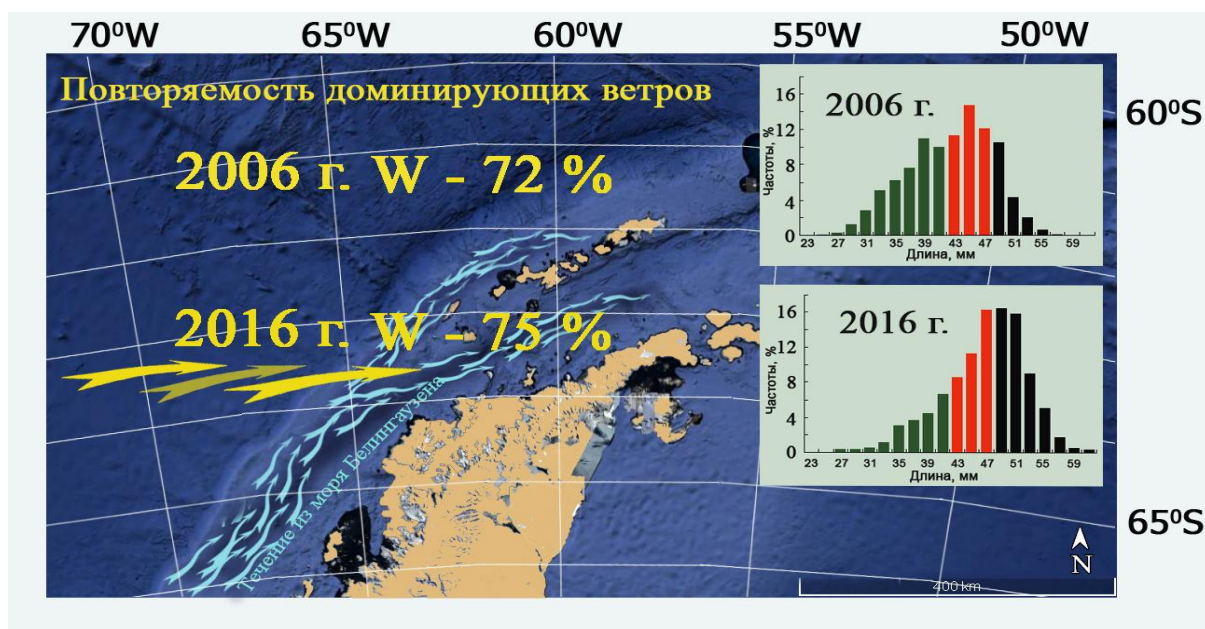


Рис. 8. Доминирование ветров западных румбов в 2006 и 2016 гг. и связанная с ними размерная структура криля

Размерный состав криля в промысловые сезоны 2014, 2015 гг. (март–июнь) и особенно в 2017 г. был представлен особями гораздо меньшей длины, нежели в 2006 и 2016 гг. Такая ситуация, как мы считаем, сложилась благодаря усилившемуся влиянию ветров с трендом увеличения повторяемости восточных румбов. Эти ветры способствовали притоку вод из моря Уэдделла, которые обеспечили вынос неполовозрелого криля модальных классов 37,1–41,0 мм (рис. 9).

Для установления связи гидрометеорологических факторов с биологическим состоянием криля и условиями промысла в подрайоне Антарктического полуострова был выполнен статистический корреляционный тест Пирсона (Becker et al., 1988). Его результаты свидетельствуют о наличии значимой положительной ( $r=0,61$ ) связи между интенсивностью влияния западных ветров и состоянием размерного состава криля в сезоны

2006 и 2016 гг. и отрицательной связи ( $r$ =минус 0,59) между интенсивностью увеличения восточных ветров и уменьшением его средней длины в 2014, 2015 и 2017 гг.

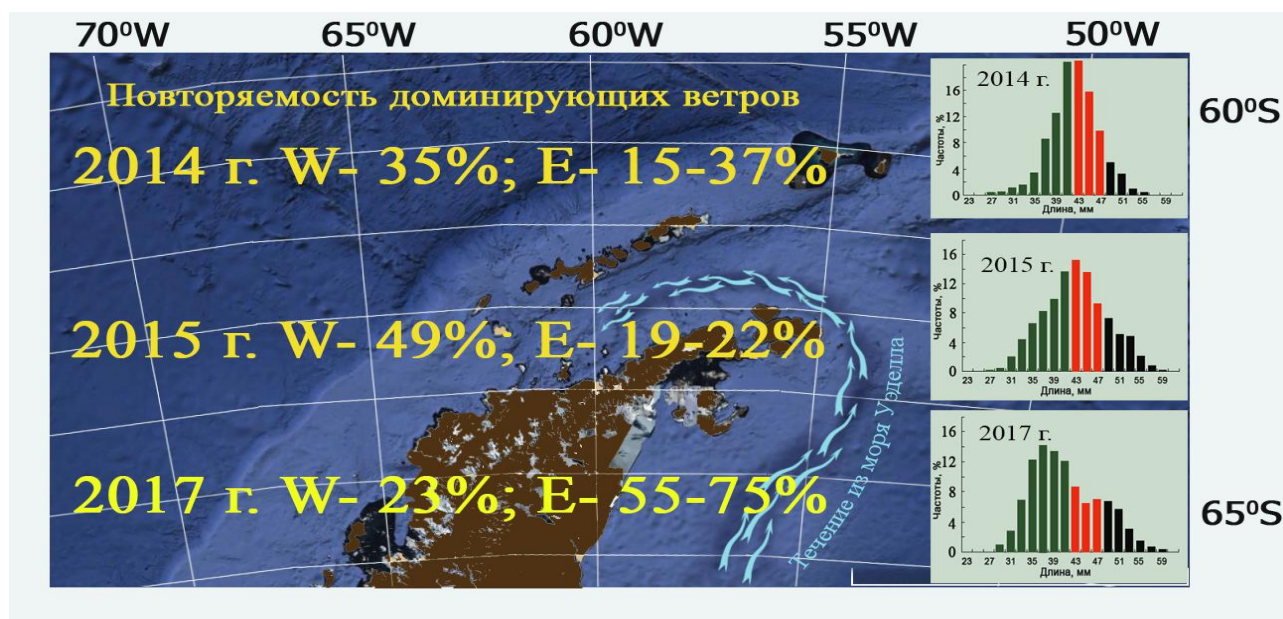


Рис. 9. Увеличение повторяемости ветров восточных румбов в сезоны 2014/15/17 гг. и связанная с ними размерная структура криля

Характеристики размерного состава криля в подрайоне Антарктического полуострова демонстрируют его межгодовую изменчивость за период 1991–2017 гг. (табл. 3).

Таблица 3

Характеристика длины тела *E. superba* в подрайоне Антарктического полуострова

Годы	Показатели значения криля			Источник
	Макс./мин., мм	Модальный класс, мм	Кол-во, экз.	
1991	25/49	39–41	1000	Архив ЮгНИРО
1997	27/61	41–43	14644	
1998	27/55	39–41	19977	
1999	37/57	43–45	9012	
2004	29/55	39–41	7500	Жук, 2013
2006	25/57	43–45	2100	Жук, 2011/2012
2013	29/55	35–37	1050	Информ. отчет, 2013
2014	27/55	41–43	5400	Жук, Корзун, 2014
2015	25/59	41–43	9002	Жук, Корзун, 2015
2016	25/61	49–51	7022	Информ. отчет, 2016
2017	27/59	35–37	6800	Жук, Корзун, 2018

Межгодовые и межсезонные колебания размерного состава и величины уловов, которые определяют динамические особенности конкретного года и распределение криля как пассивного гидробионта на рассматриваемых акваториях, объясняются влиянием

дрейфовой циркуляции вод под воздействием атмосферной циркуляции зонального направления. Наличие пространственной (Sigel, 2000; Sigel et al., 2013) и межгодовой изменчивости величины пополнения криля подтверждается логически обоснованной концепцией В.В. Масленникова (2003) о воздействии климатических колебаний на обилие и воспроизводство криля (прежде всего, через его распределение).

Таким образом, наши результаты позволили дополнить приведенные выше концепции (Thomps, 2016; Sallée, 2018), в том числе для района Антарктического полуострова, картиной модификации атмосферной циркуляции в режиме приземного ветра с усилением зонального западного переноса, являющегося циркуляционным фоном. Влияние трансформированных условий внешней среды проявлялось через наличие межгодовой пространственной изменчивости размерно-возрастного состава антарктического криля.

### Вертикальные миграции антарктического криля в подрайоне Антарктического полуострова и сопредельных подрайонах

Вертикальные миграции антарктического криля в подрайоне Антарктического полуострова были проанализированы с использованием данных помесечной глубины траления (по верхней подборе трала) в период 2001–2017 гг. (с перерывами) (рис. 10) и дополнены данными для сравнения с подрайонами Ю. Оркнейских о-вов и о. Ю. Георгия (рис. 11).

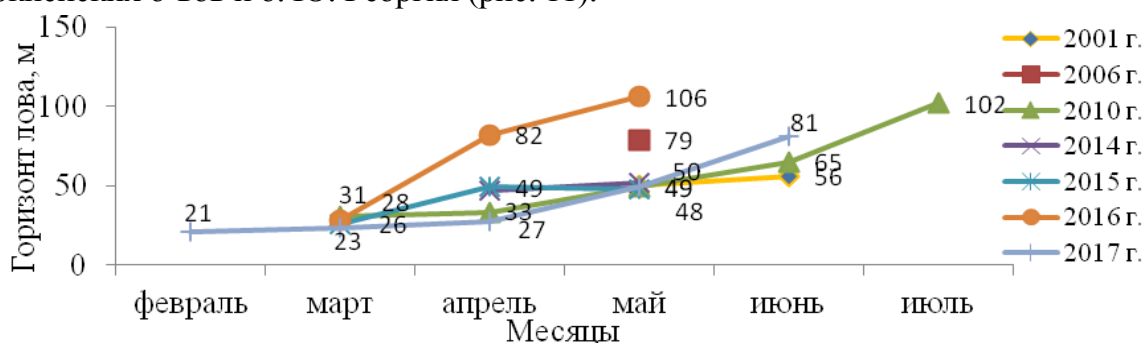


Рис. 10. Месячные изменения среднесуточной (24-часовой период) глубины траления в проливе Брансфилд в феврале–июле 2001, 2006, 2010, 2014–2017 гг.

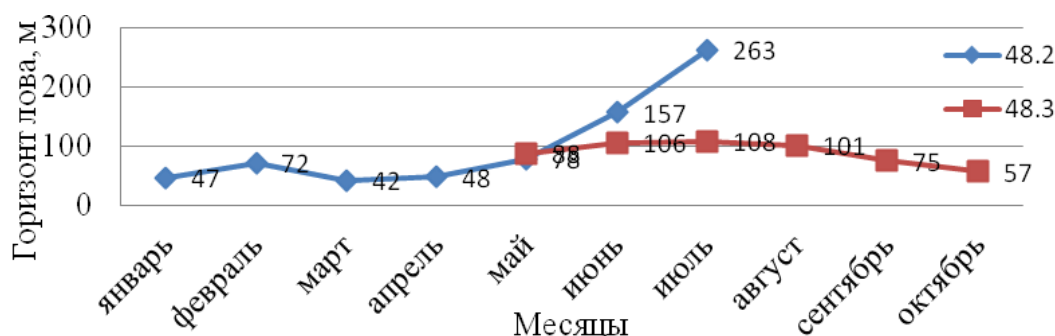
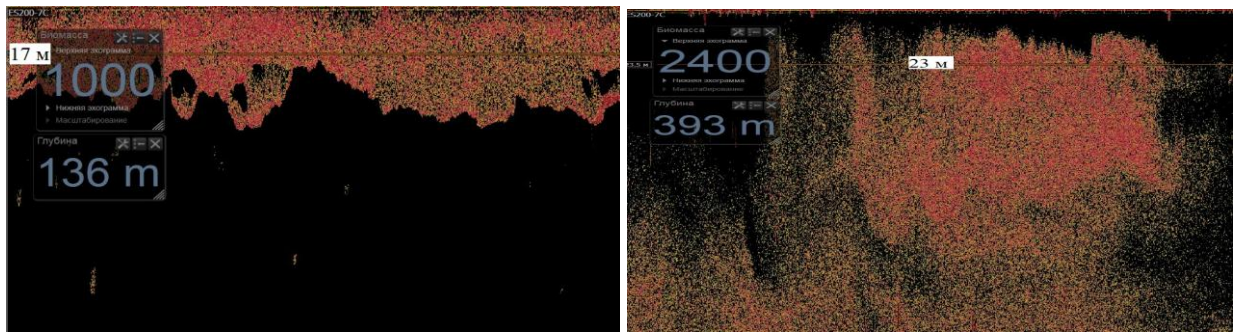


Рис. 11. Среднемесячные изменения суточной (24-часовой период) глубины траления в подрайоне 48.2 и 48.3 в период с января по октябрь 2001–2015 гг.

В подрайоне 48.1 в феврале–марте суточные вертикальные миграции криля были незначительны. В светлое время суток скопления протяженностью от 0,4 до 3–5 миль локализовались в горизонтах 10–40 м (рис. 12 А) в зоне изобилия фитопланктона. С

наступлением сумерек и в темное время суток (рис. 12 В) криль находился в рассеянном состоянии, при котором часть рачков мигрирует к поверхности, а часть заглубляется, уменьшая свою доступность для хищников.

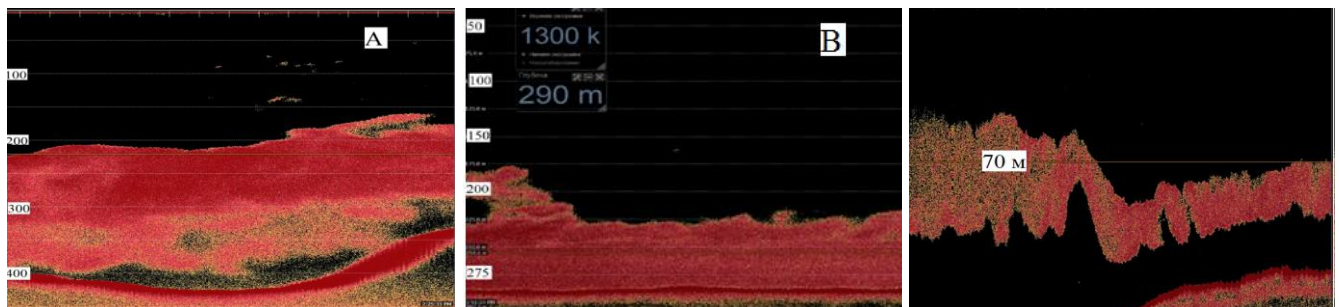


А

В

Рис. 12. Эхозапись скопления *E. superba* в светлое (А) и темное (В) время суток в проливе Брансфилд в первой декаде марта 2015 г.

В зимние месяцы криль во всех подрайонах в светлое время локализовался ближе к грунту (рис. 13 А, В, С), достигая максимального заглубления 430 м. С навигационными сумерками плотные скопления рачков рассеивались вследствие изменения условий среды, в первую очередь — колебаний интенсивности освещенности, и поднимались за 20–30 минут к поверхности, удерживаясь в таком состоянии до рассвета (рис. 14).



А

В

С

Рис. 13. Эхозапись скоплений *E. superba* в светлое время суток в подрайонах 48.2 (А), 48.3 (В) в июне 2014 г. и подрайоне 48.1 (С) в мае 2015 г.

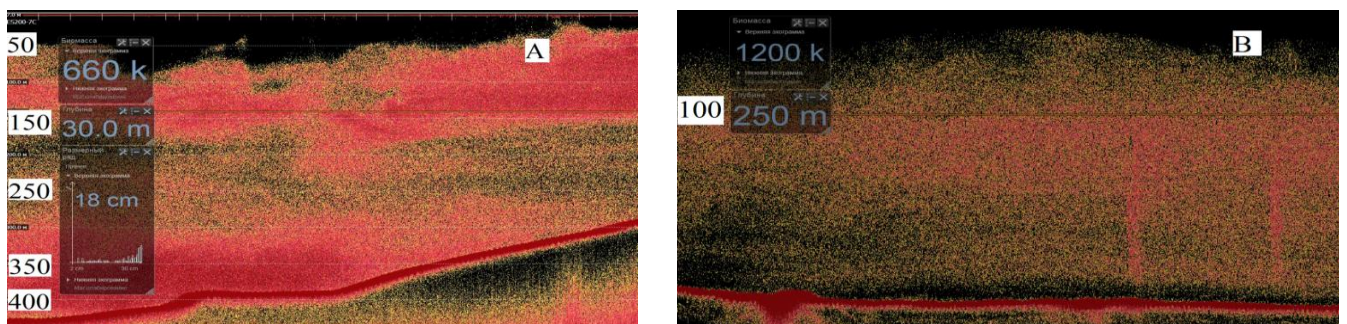


Рис. 14. Эхозапись скопления криля в темное время суток в подрайонах 48.2 (А) и 48.3 (В) в июне 2014 г.

Суточные вертикальные миграции криля имеют свои особенности. В летние месяцы

криль удерживается выше нижней границы термоклина, в зоне изобилия фитопланктона, который интенсивно развивается с ростом продолжительности светового дня. В дальнейшем, с переходом от лета к зиме, криль постепенно заглубляется вследствие изменения положения градиентных зон и населяющих кормовых организмов. При этом горизонт его обитания в одни и те же месяцы испытывает существенные межгодовые колебания из-за доминирования тех или иных водных масс на участках промысла.

Дифференцированные агрегации криля и суточные ритмы вертикальной миграции оказывали влияние на величину уловов. Средние значения уловов на единицу промыслового усилия (catch per unit effort — CPUE) были выше в светлое время суток, а самые низкие наблюдались ночью в осенне-зимние месяцы для каждого подрайона, за исключением подрайона 48.1 (май 2006 и май 2015 гг.). Максимальные уловы криля в указанные годы предопределялись влиянием устойчивых и продолжительных ветров зонального типа.

Таким образом, наличие суточных и сезонных изменений вертикальных миграций криля, а также их распад и образование новых промысловых скоплений были связаны с влиянием сезонных биотических ритмов, равно как и с воздействием световых и температурных факторов, смены направления ветров и течений, штормовых условий.

### **Динамика биомассы антарктического криля в проливе Брансфилд (Антарктический полуостров)**

Для расчетов промысловой биомассы криля были использованы данные по величине уловов на промысловое усилие и его размерному составу за два сезона — 2005/06 и 2016/17 — полученные в условиях дифференцированного зонального типа переноса воздушных масс над проливом Брансфилд.

Расчет промысловой биомассы в проливе Брансфилд в 2006 г. осуществлялся на одном участке протяженностью 75 морских миль с востока на запад, а в феврале–июне 2017 г. — на шести промысловых участках протяженностью около 190 морских миль. Итоговые значения промысловой биомассы криля для 2006, 2017 гг. представлены в табл. 4 и 5.

Таблица 4

Промысловая биомасса криля в проливе Брансфилд в мае 2006 г.

Характеристики		Зоны с равновеликими значениями плотности биомассы, г/м <sup>3</sup>					Всего
		1–10	11–25	26–50	51–120	121–250	
Количество станций		4	118	131	48	3	304
Средневзвешенная биомасса	г/м <sup>3</sup>	8,13	18,89	33,82	64,66	138,06	48,50
Стандартное отклонение средневзвешенной	г/м <sup>3</sup>	0,78	0,38	0,54	1,92	25,83	0,40
Площадь	км <sup>2</sup>	4,24	592,46	1262,7	201,3	0,06	2060,8
Объем скоплений	млн м <sup>3</sup>	169,6	23698,4	50511,6	8052,8	2,4	82434,8
Биомасса	тыс. т	1,38	447,63	1708,22	520,7	0,33	2678,28
	±	0,42	17,86	54,3	31,1	0,27	65,07
	%	0,05	16,71	63,78	19,44	0,01	100



Промысловая биомасса *E. superba* в проливе Брансфилд в феврале–июне 2017 г.

Характеристики		Промысловые участки (рис. 16)						Всего
		1	2	3	4	5	6	
Количество тралений	шт.	44	95	187	87	54	31	498
Средневзвешенная плотность биомассы	г/м <sup>3</sup>	27,5	20,7	15,5	17,0	26,5	17,4	18,4
Стандартное отклонение средневзвешенной	г/м <sup>3</sup>	1,24	0,60	0,39	0,31	0,81	0,85	0,34
Площадь	км <sup>2</sup>	262,1	617,5	1256,3	312,18	219,8	1361,75	4029,63
Объем скоплений	млн м <sup>3</sup>	10484	24700	50252	12487	8792	54470	161185
Биомасса	тыс. т	288,15	511,0	778,2	211,1	232,99	944,98	2966,5
	±	26,18	29,89	39,26	7,80	14,43	93,03	106,46
	%	9,71	17,23	26,23	7,12	7,85	31,85	100,0

В 2006 г. общая площадь лова криля для нашего судна равнялась 2060 км<sup>2</sup>. Значения его промысловой биомассы колебались от 2613 до 2743 тыс. т и в среднем составила 2678±65 тыс. т. Относительно высокое значение биомассы криля в мае 2006 г. (рис. 15) было обусловлено интенсификацией разнонаправленных течений под воздействием атмосферной циркуляции, в т.ч. за счет усиления и увеличения повторяемости ветров западных румбов, снижения частоты восточных ветров. Это обеспечило приток на участок лова большого количества разноразмерных групп рачков, в т.ч. молоди — из моря Уэдделла, взрослых — из моря Беллинсгаузена.

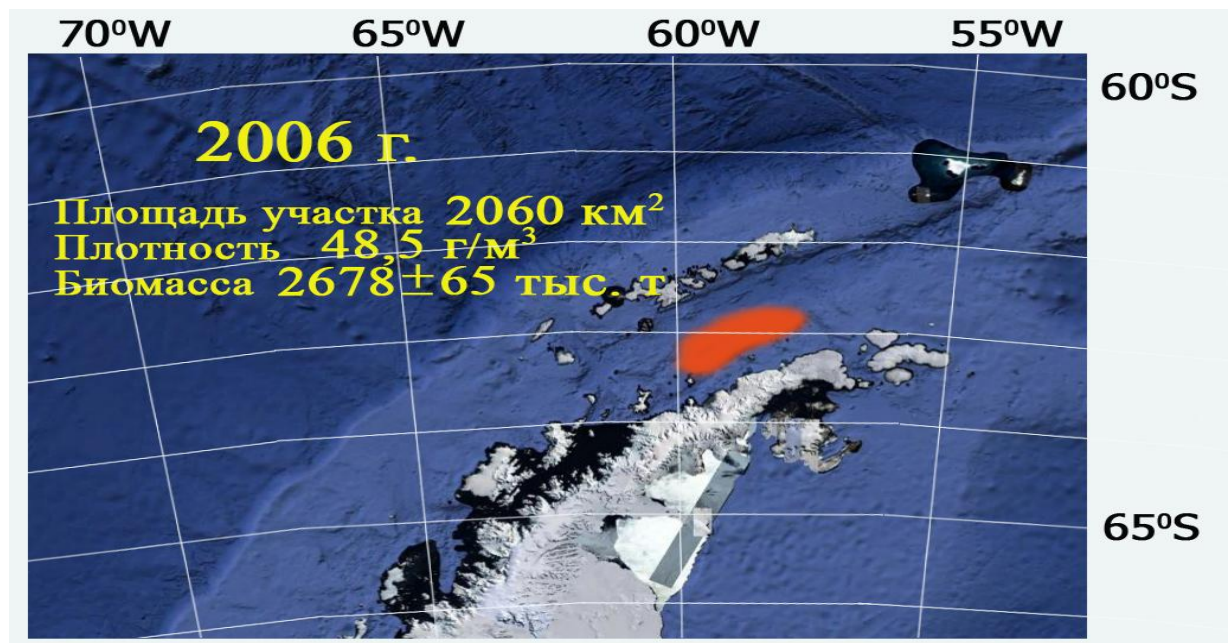


Рис. 15. Биомасса криля в проливе Брансфилд в мае 2006 г.

Биомасса криля в феврале–июне 2017 г. на акватории пролива Брансфилд и на прилегающих к нему промысловых участках была ниже по сравнению с сезоном 2006 г. Разобщенные агрегации криля не перекрывались по участкам, что предотвратило их

повторный учет при расчете биомассы. Это подтверждается и различиями их размерного состава (см. рис. 16).

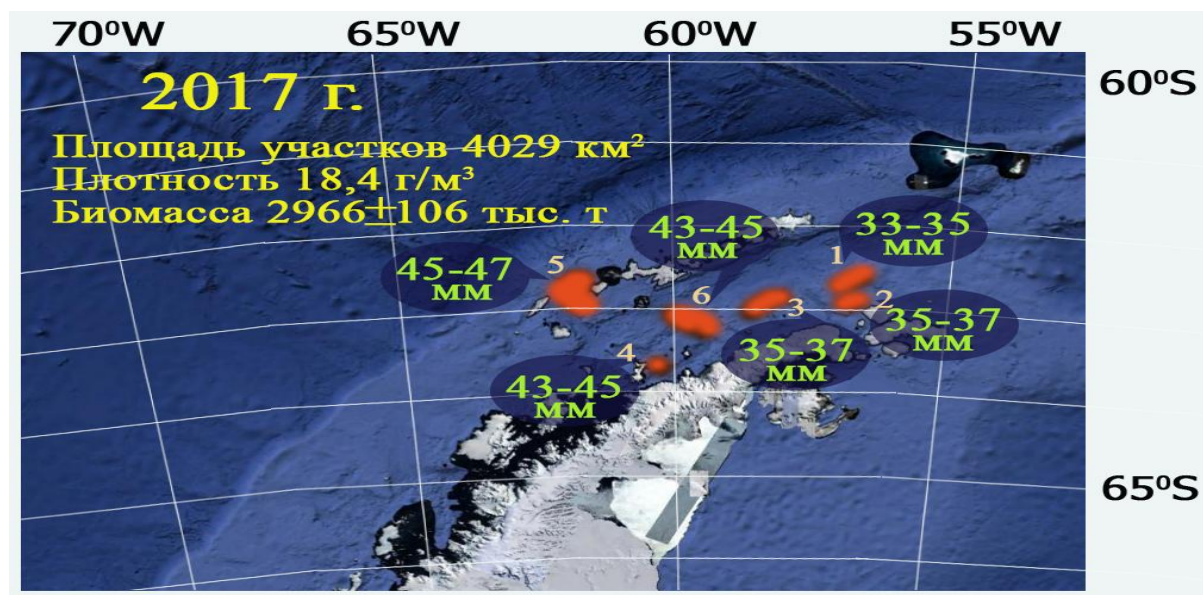


Рис. 16. Распределение участков промысла, модальных классов криля и его биомассы в проливе Брансфилд в марте–июне 2017 г.

Суммарное значение биомассы криля на площади 4029 км<sup>2</sup> колебалось от 2755,97 до 3177,12 тыс. т, а в среднем составило 2966,55±106 тыс. т.

Наши данные по удельной плотности биомассы криля в проливе Брансфилд близки к значениям, полученным Токаревым и др. (2004), Касаткиной и др. (2021) и в сопредельных подрайонах (Касаткина, 1997).

Полученные нами величины удельной биомассы криля в осенне-зимний период свидетельствуют о наличии их пространственного и межгодового колебания. На аналогичную ситуацию указывает Reiss et al. (2017), у которого акустическая оценка биомассы криля, полученная в зимний период (2014 г. ~5,5 млн. т) на порядок выше, нежели средние значения за 15 лет в летний период (0,5 млн т.).

Таким образом, наши расчеты биомассы криля в зимние месяцы согласуются с гипотезой о сезонном перемещении криля на шельф из прибрежных вод осенью и зимой (Trathan et al., 1993; Siegel, 2000). Важность этих исследований весьма значима как для промысловой характеристики скоплений, так и для изучения вопроса обеспечения жизнедеятельности хищников-потребителей криля, которые используют в пищу достаточно плотные скопления рачков, требуемые для успешной охоты. В таких показателях заинтересован и АНТКОМ, основными направлениями регуляторной деятельности которого являются сохранение экосистемы Антарктики и управление ее морскими живыми ресурсами, включая ответственность за управление взаимодействием вылова целевых объектов лова с зависимыми и связанными видами.

## ГЛАВА 5. ПРОМЫСЕЛ АНТАРКТИЧЕСКОГО КРИЛЯ В АТЛАНТИЧЕСКОМ СЕКТОРЕ АНТАРКТИКИ И РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОВЫШЕНИЮ ЕГО ЭФФЕКТИВНОСТИ

### Межгодовая динамика промысловых показателей антарктического криля в подрайоне Антарктического полуострова

В нашей работе для оценки состояния плотности скопления криля и изменения количественных параметров его распределения на промысловых участках использовалась характеристика промыслового усилия — улов на час (УЧ, т/час).

Сезон 2006 г. В подрайоне Антарктического полуострова на акватории пролива Брансфилд на участке между  $62^{\circ}46'–63^{\circ}07'$  ю.ш.,  $057^{\circ}29'–059^{\circ}59'$  з.д. среднедекадные уловы за час траления составили: в первой декаде — 20,5, во второй декаде — 26,3 и в третьей декаде мая — 19,5 т, а в итоге за май в среднем — 22,9 т/час, что максимально для судов типа РКТС для пролива Брансфилд за 2001–2017 гг. При этом уловы в светлое время суток в 2–3 раза превышали ночные, что бывает на промысле криля крайне редко. Промысловая обстановка была исключительно благоприятной; промысел проходил при доминирующем и продолжительном влиянии воздушных масс с ветрами западных румбов.

В 2014–2017 гг. межгодовые изменения сезонных величин уловов на промысловое усилие (УЧ) колебались в диапазоне от 1,1 до 1,7 раз (рис. 17).

Сезонная и межгодовая изменчивость уловов криля на единицу усилия связана с влиянием доминирующих водных масс и гидрологических фронтов, определяющих продуктивность промыслового района. Среднегодовые уловы на промысловое усилие 8,1–9,7 т/час находились в пределах величин, полученных за промысловый период 1989–2006 гг. ( $10,8 \pm 3,1$  т/ч) (Сологуб, 2016; Hill et al., 2016).

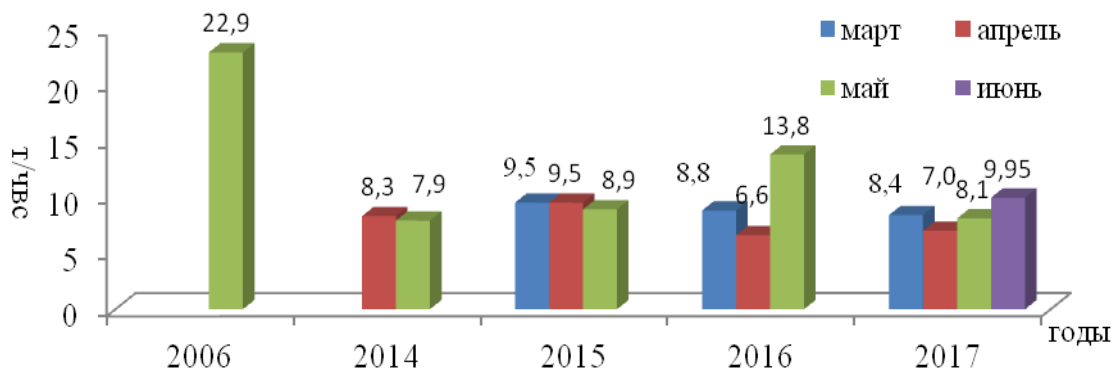


Рис. 17. Сезонная и межгодовая динамика уловов (т/час) антарктического криля в проливе Брансфилд в 2006, 2014–2017 гг.

### Прогнозы вылова антарктического криля, их оправдываемость

На протяжении 2002–2010 гг. для нужд промысловых организаций были усовершенствованы и внедрены в практику прогнозы вылова криля с сезонной и годовой заблаговременностью. Ранее отмечалось, что успешность промысла зависит от фактора переноса криля в большей мере, чем от наличия урожайных поколений (Сушин и др., 1990).

Наши исследования в области прогноза уловов криля свидетельствуют о значительной роли урожайных поколений, ювенальные особи которых (пополнение, менее 40–41 мм) вносили важный вклад во взрослую популяцию (Благодунов, 2020). Высокоурожайное поколение 2000/01 гг. в подрайоне 48.2 в дальнейшем было успешно освоено промыслом в 2002–2005 гг. с максимальными уловами до 35 т/час в 2004 г. В указанном подрайоне на протяжении 17 лет были зарегистрированы три пика минимума и максимума значений средней длины криля от 31,3 до 50,4 мм, идентифицированные как пополнения много- и малочисленных поколений с периодом четыре-пять лет. Обнаружено, что в годы, следующие после двухлетнего пика максимальной длины криля, происходит снижение уловов на усилии и смещение промысла в подрайон 48.1. Такие ситуации заранее указывались для каждого из подрайонов в 2006 и 2010 гг. (рис. 18).

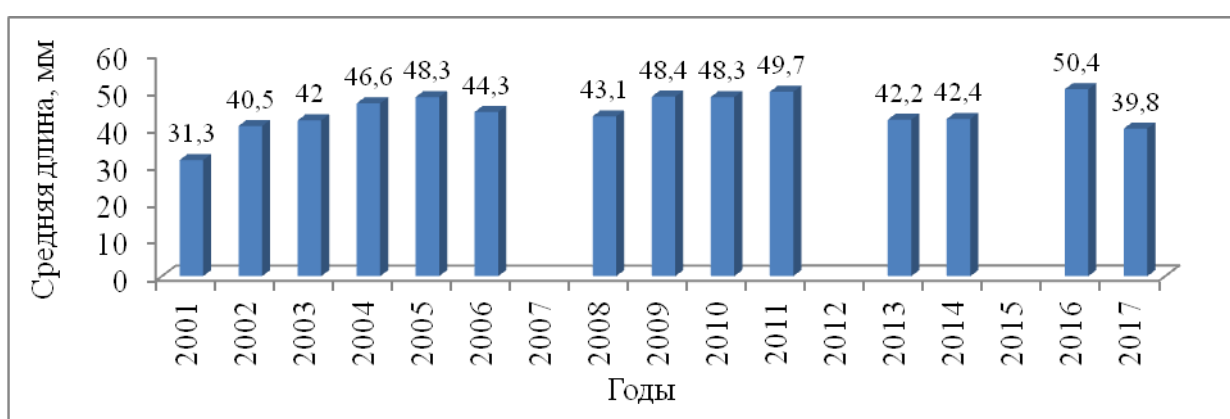


Рис. 18. Динамика средней длины *E. superba* в подрайоне 48.2 в 2001–2017 гг.

Представляемая тактика промысла и рекомендуемые величины уловов на промысловое усилии успешно реализовывались промысловыми организациями.

В монографии Масленникова (2003) указывается, что межгодовые колебания биомассы криля невелики, а величина в каждом из трех подрайонов в общей мере определяется местной системой течений. Результаты анализа (Бибик, Брянцев, 2007) подтверждают это положение, исходя из присутствия прямой связи аномалии солнечной активности с уловами на усилии в подрайоне 48.1 и обратной в подрайонах 48.2 и 48.3. Наличие индекса интенсивности зональной атмосферной циркуляции с модулем аномалии солнечной активности определяет интенсивность меридиональных атмосферных переносов (обратная связь с повторяемостью зональных), что способствует обилию и плотности скоплений криля в подрайоне 48.1 на «входе» потока из моря Беллинсгаузена в АЧА. Меридиональные атмосферные переносы интенсифицирует топографический вихрь на шельфе Южных Шетландских островов и скапливающий эффект для криля. Аналогичное воздействие в подрайонах 48.2 и 48.3 создается, напротив, зональным переносом, с возможным усилением циклонического круговорота вод моря Уэдделла и топографических вихрей у Южных Оркнейских островов и в районе острова Южная Георгия.

Наши исследования подтверждают гипотезу о положительном вкладе урожайных поколений в успешность промысла как в текущем, так и в последующем годах из-за

эффекта аккумуляции криля, и о его удержании.

Прогнозы уловов криля на усилие с годовой заблаговременностью в сочетании с данными о его размерной структуре, представленные для промысловых организаций ОАО «Интеррыбфлот», ООО «Интерфлот», «Ситрефик» (г. Севастополь) в 2002–2010 гг., продемонстрировали их высокую оправдываемость (до 100 %) с отклонениями  $\pm 5$ –30 %.

### **Рекомендации и перспективы ведения промысла антарктического криля в подрайонах 48.1, 48.2, 48.3 и за их пределами**

На основе многолетнего опыта работ в Антарктике нами предлагается стратегия промысла криля для Района 48 и, в частности, трех его подрайонов. К лову криля необходимо приступать в подрайоне Ю. Оркнейских о-вов в начале промыслового сезона (декабрь), руководствуясь данными по уловам и размерной структуре криля прошлого года в подрайонах Антарктического полуострова и Ю. Оркнейских островов, и результатами текущего акустического и тралового поисков, а также метеорологическими и ледовыми характеристиками. Успех и продолжительность промысла в подрайоне 48.2 будут зависеть от биомассы пополнения рачками предшествующего и текущего годов и от условий, влияющих на их агрегированность, а сам промысел продлится до начала льдообразования в мае, за редким исключением — до июля. В противном случае, промысел, при наличии противофазного состояния запаса криля между подрайонами 48.2 и 48.1 с минимальным его значением для подрайона 48.2, начиная с конца февраля или в начале марта, необходимо передислоцировать в подрайон 48.1 на его восточные участки, включая северный шельф острова Мордвинова, и затем сместить на запад. Продолжительность лова криля будет регламентирована сроками достижения порогового значения вылова, установленного АНТКОМ для этого подрайона, и продлится до мая-июля текущего сезона.

С целью оптимизации поиска потенциальных промысловых участков криля, обеспечения безопасности мореплавания в условиях приближающихся ледовых полей и прогнозирования длительности промысла необходимо использовать SST и ледовые карты отдела научно-промысловой разведки ФГБНУ «АтлантНИРО».

Следует учесть, что при зональном типе атмосферной циркуляции и доминировании ветров западных или восточных направлений велика вероятность появления скоплений крупного криля на западных участках в подрайоне Антарктического полуострова.

В перспективе угрозой промыслу криля в АЧА выступает постепенный рост ТПО и температуры воздуха в районе Антарктического полуострова (Яловичева, 2018; Thomps, 2016; Sallée, 2018), что может повлиять на сокращение ареала криля в южном направлении и обусловить сдвиг его скоплений к материковой кромке льда (Siegert et al., 2019).

В ближайшее десятилетие немаловажное отрицательное влияние на условия промысла криля в АЧА могут оказать морские охраняемые районы (МОР) под управлением Комиссии АНТКОМ, планируемые к созданию, в первую очередь, в море Уэдделла (Negotiations..., 2019). Таким образом, очевидно, что для обеспечения сырьевой базой запланированных к постройке 5 крилевых судов России, а также для развивающегося крилевого флота Норвегии и КНР потребуются освоение скоплений криля в других районах Южного океана, прежде всего, в его Индоокеанской части (АЧИО), в частности — в море

Содружества. В настоящее время в этом районе промысел криля не ведется, но в период с 1974 по 1992 г. в нем выполнена 141 советская и российская научно-исследовательская и поисковая экспедиция. Годовой вылов советского криледобывающего флота в 1980-е годы достигал 120–130 тыс. т. На основе результатов исследований и промысла прошлых лет возможна организация первого этапа научного обеспечения возобновляемого отечественного промысла криля. В соответствии с ограничениями АНТКОМ по вылову криля в АЧИО его общий вылов за сезон может составить 892 тыс. т.

## ВЫВОДЫ

1. Наибольшее влияние на размерный состав антарктического криля в уловах в подрайоне Антарктического полуострова оказал такой гидрометеорологический фактор, как смена течений под воздействием сезонных и межгодовых вариаций атмосферной циркуляции. Сезоны 2006 и 2016 гг. характеризовались присутствием над акваторией Антарктического полуострова атмосферной циркуляции зонального типа и высокой повторяемостью ветров западных румбов: в марте–апреле — около 70 %, в мае — 75 %. Для промысловых сезонов 2014, 2015 и 2017 гг. было характерно наличие зонального типа атмосферной циркуляции с увеличением повторяемости ветров восточных румбов, в июне 2017 г. достигавшей 75 %.

2. Внутрисезонная и межгодовая изменчивость размерного состава криля в подрайоне Антарктического полуострова предопределялась влиянием атмосферной циркуляции с высокой повторяемостью ветров западных румбов, которые вместе с водами моря Беллинсгаузена обеспечивали приток крупноразмерного криля (модальный класс 49,1–51,0 мм), минимизируя приток молоди из моря Уэдделла. Зональный тип атмосферной циркуляции с преобладанием ветров западных румбов, но с повышением повторяемости восточных ветров вплоть до их господства, способствовал притоку молоди криля (модальный класс 35,1–39,0 мм) из моря Уэдделла.

3. Значительные колебания суточных, месячных и межгодовых вертикальных миграций криля в подрайоне Антарктического полуострова в период 2001–2017 гг. связаны с присутствием разнообразных водных масс под влиянием атмосферной циркуляции. Средняя глубина локализации криля менялась от лета к зиме: в начале осени он держался на глубинах 23–32 м, зимой — 102–263 м. Межгодовые изменения диапазона вертикальной миграции для одних и тех же месяцев были связаны, в числе прочего, с влиянием разницы значений ТПО. Амплитуда и глубина миграции криля возрастала из-за повышения значений температуры океана.

4. Промысловая биомасса антарктического криля лишь в проливе Брансфилд в 2006 и 2017 гг., рассчитанная методом изолиний по плотности скоплений криля ( $\text{г/м}^3$ ) для каждого улова на площади 2060 и 4030  $\text{км}^2$ , составила  $2,6\text{--}2,7\pm 0,065$  и  $2,8\text{--}3,2\pm 0,106$  млн т, соответственно. Это свидетельствует о значительном сырьевом потенциале криля в подрайоне Антарктического полуострова.

5. Уловы криля в годы с абсолютным доминированием ветров западных румбов выше (в среднем 22,9 т/час), чем в годы с ростом повторяемости восточных ветров

(в среднем 7,0 т/час). Частая смена ветров на противоположные румбы негативно влияет на процесс агрегации криля.

6. Присутствие противофазного промыслового запаса криля между подрайонами Антарктического полуострова и Ю. Оркнейских островов обеспечивается механизмом пополнения дифференцированной биомассы криля высоко- и малочисленных поколений с амплитудой в 4-5 лет.

## СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

### Статьи в изданиях, рекомендованных ВАК РФ

1. Жук Н.Н., Корзун Ю.В. Изменение длины антарктического криля от глубины лова и участков промысла в подрайоне 48.1 (Антарктический полуостров) в феврале–мае 2015 года // Рыбное хозяйство. 2019. № 2. С. 50–53.

2. Жук Н.Н., Губанов Е.П. Динамика гидрометеорологических факторов, размерного состава и уловов антарктического криля *Euphausia superba* (Dana, 1852) в проливе Брансфилд в 2014–2017 гг. // Рыбное хозяйство. 2019. № 3. С. 77–84.

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. 76–79.

4. Жук Н.Н., Петренко А.С. Антарктида (Terra incognita Australia) — 200-летний юбилей открытия // Рыбное хозяйство. 2019. № 5. С. 25–30.

### Публикации в других отечественных и зарубежных изданиях

5. Bibik V.A., Zhuk N.N. State of Antarctic krill (*Euphausia superba*) fisheries in Statistical Area 48 (Subareas 48.2, and 48.1) in 2006 // CCAMLR document WG-EMM-07/9, 2007. Pp. 12.

6. Bibik V.A., Zhuk N.N. State of Antarctic krill (*Euphausia superba*) fisheries in Statistical Subarea 48.2 in 2008 // CCAMLR document WG-EMM-08/24, 2008. Pp. 12.

7. Жук Н.Н. 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.

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

9. 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. // Украинский Антарктический журнал. 2014. № 13. С. 140–158.

10. Корзун Ю.В., Жук Н.Н. Биология антарктического криля *Euphausia superba* в районе Южных Шетландских островов в летне-осенний период 2015 г. // Тезисы докл. VIII

Всерос. науч. конф. по промысловым беспозвоночным (г. Калининград, 2–5 сентября 2015 г.). Калининград, 2015. С. 136–138.

11. Жук Н.Н., Корзун Ю.В. Обзор промысла РКТ-С «Море Содружества», гидрометеорологические условия и биология антарктического криля (*Euphausia superba*) в атлантической части Антарктики в летне-зимний период 2015 г. // Украинский Антарктический журнал. 2016. № 15. С. 131–152.

12. Кухарев Н.Н., Корзун Ю.В., Жук Н.Н. Об экосистемном подходе АНТКОМ к управлению промыслом антарктического криля (обзор) // Труды ЮгНИРО. Керчь: Изд-во ЮгНИРО, 2017. Т. 54. С. 34–66.

13. Жук Н.Н., Кухарев 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. // 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-практического центра Национальной академии наук Беларуси по биоресурсам, 2018. С. 163–171.

14. Жук Н.Н., Корзун Ю.В. Промысел Антарктического криля *Euphausia superba* (Dana, 1852) в проливе Брансфилд (подрайон 48.1, Антарктический полуостров) в марте–мае 2016 г. // 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-практического центра Национальной академии наук Беларуси по биоресурсам, 2018. С. 154–162.¶

15. Жук Н.Н., Губанов Е.П. Изменчивость размерного состава и уловов антарктического криля *Euphausia superba* под влиянием гидрометеорологических факторов в проливе Брансфилд (подрайон 48.1 Антарктический полуостров) в мае 2015 г. // Пищевые технологии: исследования, инновации, маркетинг: матер. I Национальной науч.-практ. конф. (г. Керчь, 1–3 октября 2018 г.). С. 134–136.

16. Корзун Ю.В., Жук Н.Н., Крискевич Л.В. Оценка биомассы *Euphausia superba* на промысловых участках в районе Антарктического полуострова в апреле–мае 2006 года по данным промысловых уловов // Промысловые беспозвоночные: матер. IX Всерос. науч. конф. (г. Керчь, 30 сентября – 2 октября 2020 г.). Симферополь: ИТ «АРИАЛ», 2020. С. 57–61.