

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

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке и на сайте ФГБНУ «ВНИРО» по адресу:
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 недоиспользовании 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 траплей | Общее количество криля, экз. | | Всего за период исследований, тыс. экз. |
|---------------------------------------|--------------|--------------------------------|------------------------------|----------------------|---|
| | | | Проанализировано, тыс. экз. | Промерено, тыс. экз. | |
| БМРТ: «Форос», «Фиолент», «Dalmor II» | 2001-2006 | | | | |
| РКТС: «Конструктор Кошкин» | 2008-2010 | 1709 | 166,8 | 208,8 | 375,6 |
| «Море Содружества» | | 9812 | | | |
| РТМС «Top Ocean» | 2013-2017 | | | | |

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, $\text{г}/\text{м}^3$;

P — улов, т;

V — скорость траления, узлы;

30,87 — коэффициент для перевода скорости траления из узлов в $\text{м}/\text{с}$;

S — площадь отверстия трала на уровне мелкоячейной 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:

β — биомасса скоплений криля (т);

P_v — средняя плотность на участке скоплений ($\text{г}/\text{м}^3$);

V — объем скоплений (м^3) (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 — ACCE) (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.

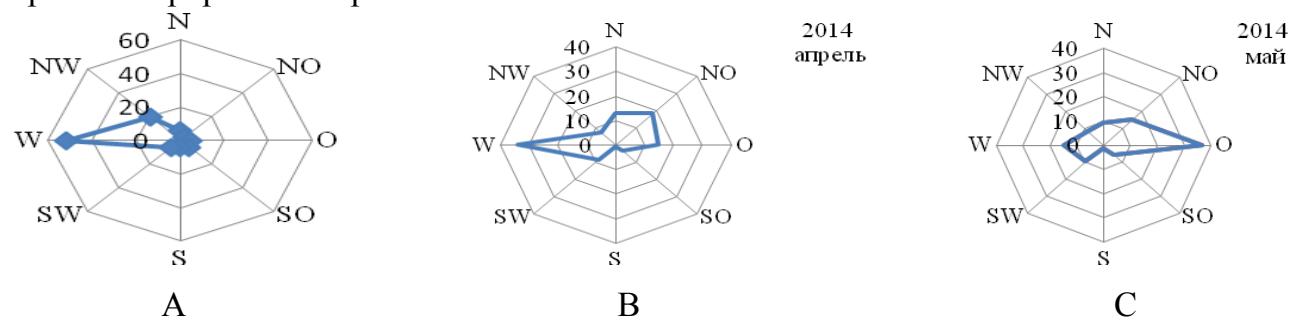


Рис. 1. Роза ветров в проливе Брансфилд в мае 2006 г. (А) и в апреле (В), мае (С) 2014 г.

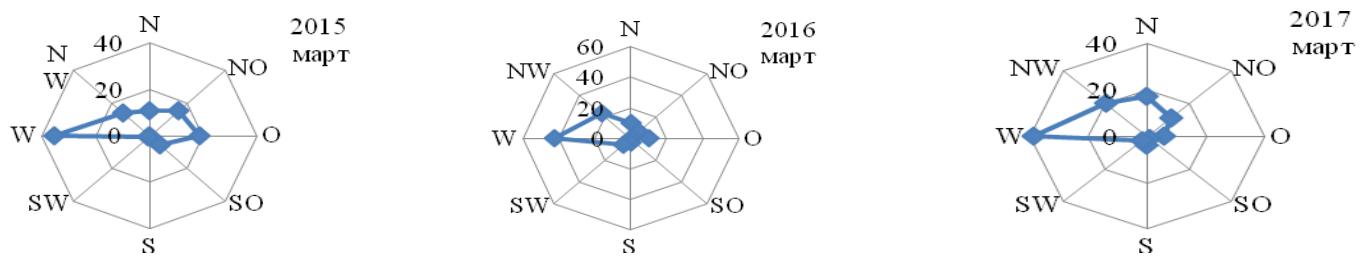


Рис. 2. Роза ветров в проливе Брансфилд в марте 2015–2017 гг.

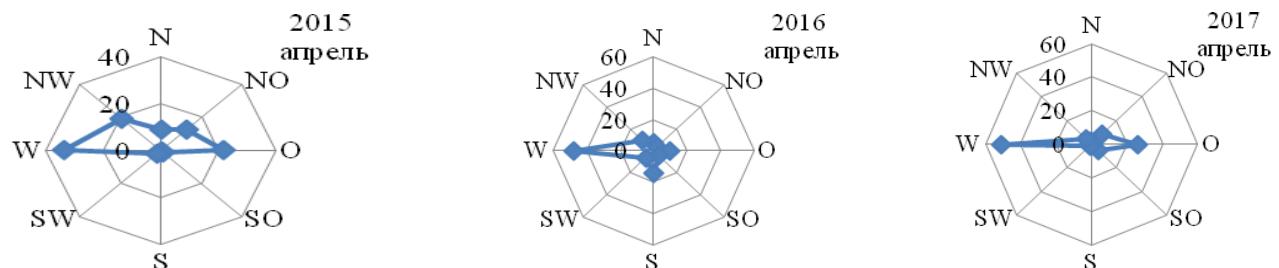


Рис. 3. Роза ветров в проливе Брансфилд в апреле 2015–2017 гг.

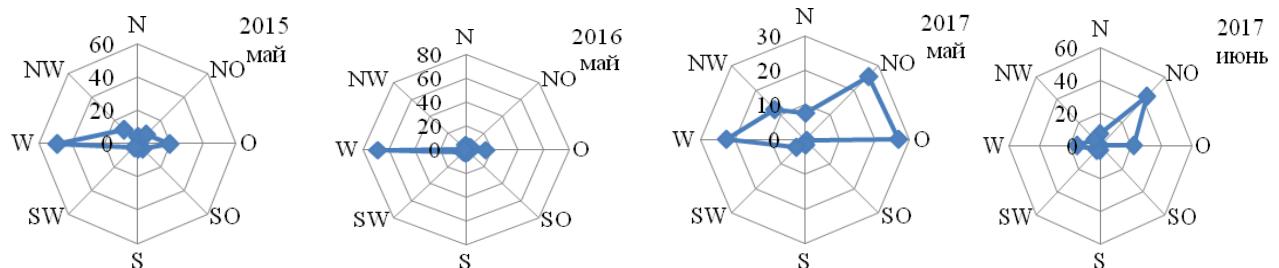


Рис. 4. Роза ветров в проливе Брансфилд в мае 2015–2017 гг. и в июне 2017 г.

Таблица 2
Гидрометеорологические характеристики в проливе Брансфилд в мае 2006 г. и марта–июне 2014–2017 гг.

| Показатели | | Т воздуха, °С | | | Т воды, °С | | | V ветра, м/с | | | P, 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 меридiana о. Десепшен ($60^{\circ}12'$ 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).

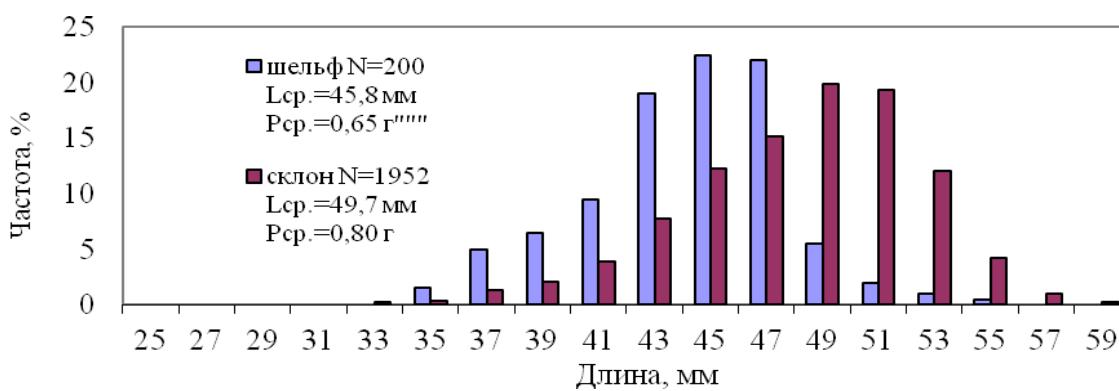


Рис. 5. Размерный состав криля у о. Мордвинова в марте 2006 г.

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).

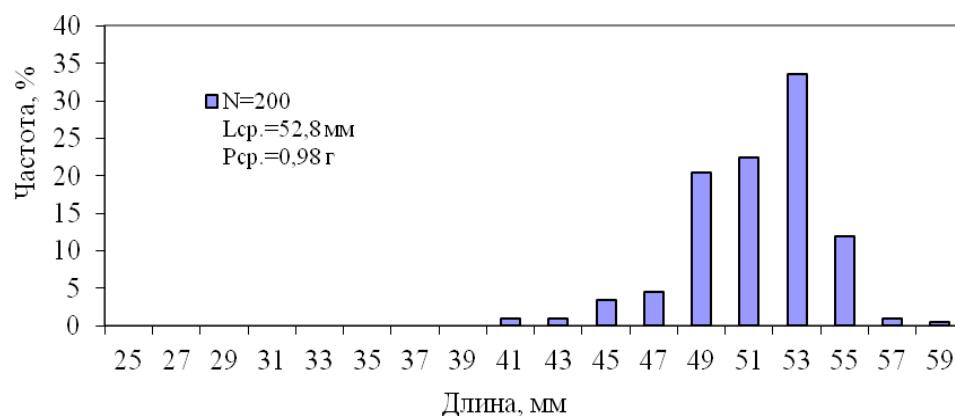


Рис. 6. Размерный состав криля у архипелага Палмер в марте 2006 г.

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).

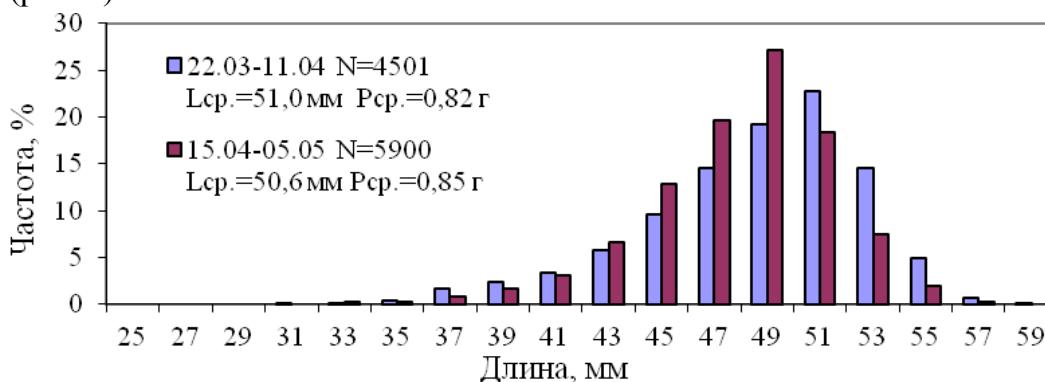


Рис. 7. Размерный состав криля у о. Ливингстон в марте–мае 2006 г.

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. м³) 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.

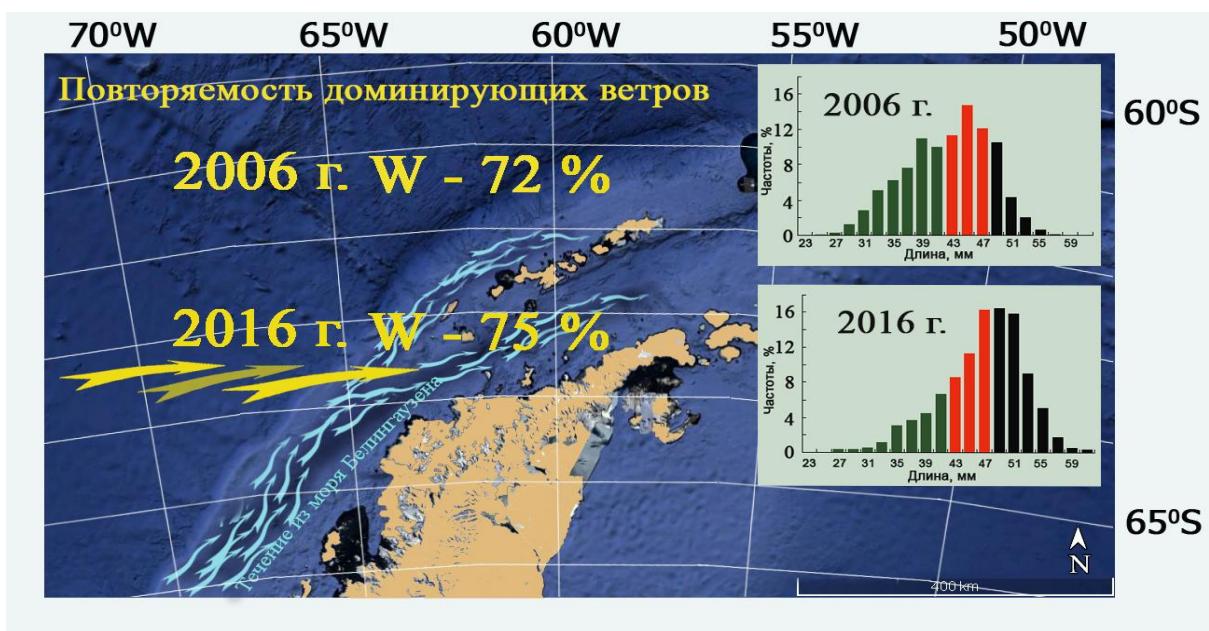


Рис. 8. Доминирование западных румбов в 2006 и 2016 гг. и связанная с ними размерная структура криля

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 ($r=\text{минус } 0,59$) между интенсивностью увеличения восточных ветров и уменьшением его средней длины в 2014, 2015 и 2017 гг.

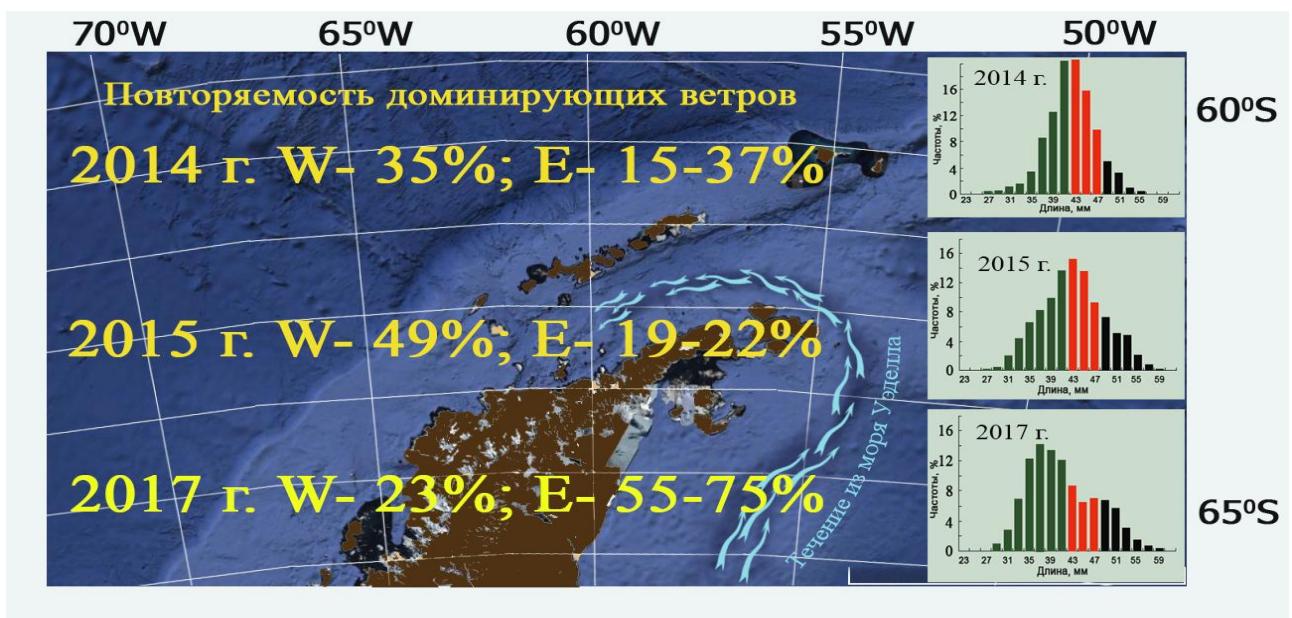


Рис. 9. Увеличение повторяемости ветров восточных румбов в сезоны 2014/15/17 гг. и связанная с ними размерная структура криля

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 | |
| 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 воспроизведение 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 помесячной 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).

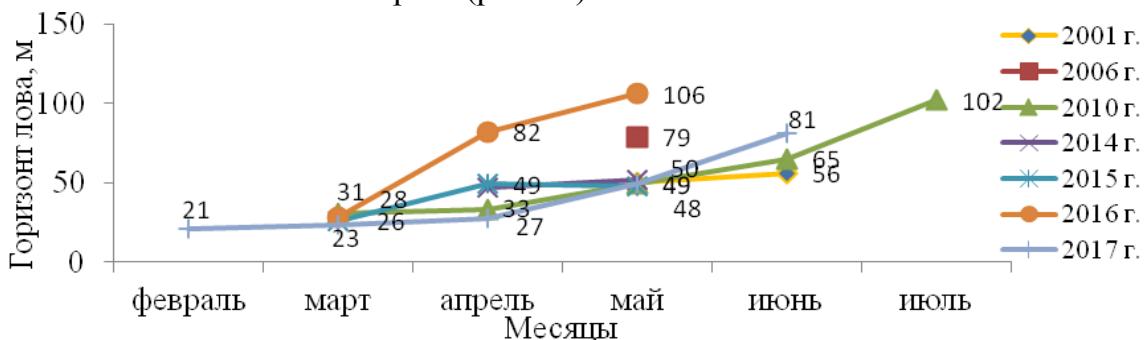


Рис. 10. Месячные изменения среднесуточной (24-часовой период) глубины траления в проливе Брансфилд в феврале–июле 2001, 2006, 2010, 2014–2017 гг.

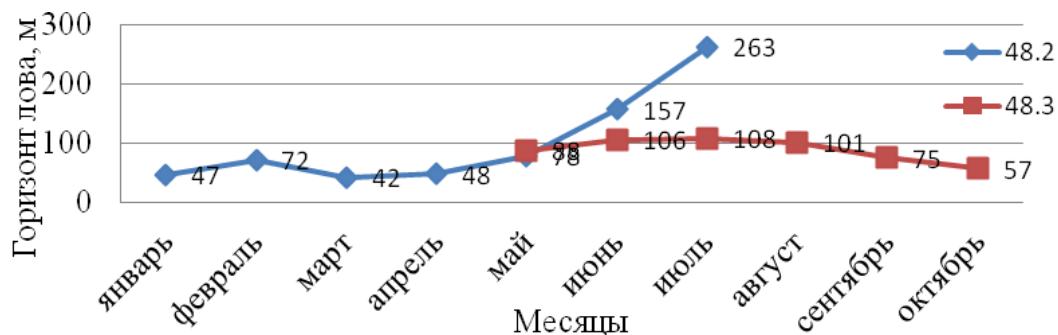
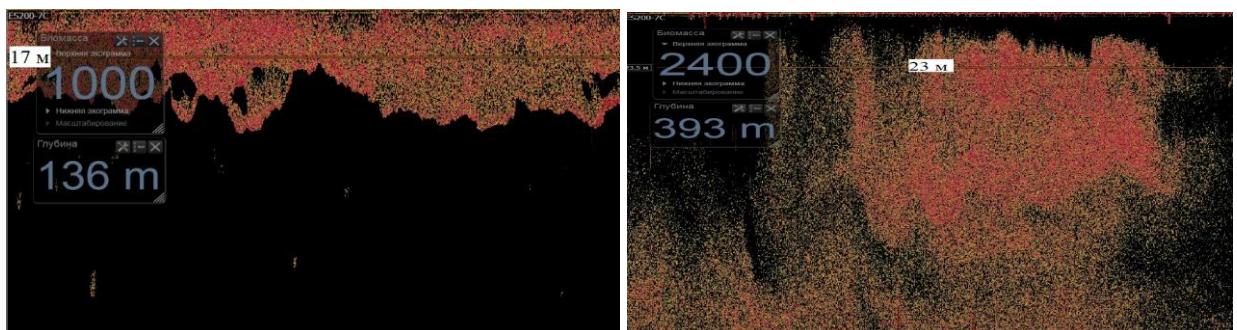


Рис. 11. Среднемесячные изменения суточной (24-часовой период) глубины траления в подрайоне 48.2 и 48.3 в период с января по октябрь 2001–2015 гг.

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 раков мигрирует к поверхности, а часть заглубляется, уменьшая свою доступность для хищников.

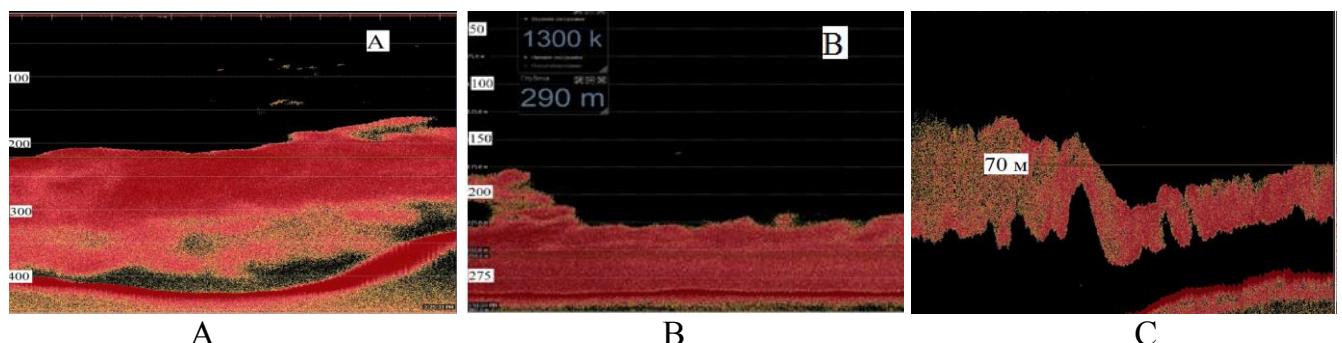


A

B

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 наступлением сумерек плотные скопления раков 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).



A

B

C

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.

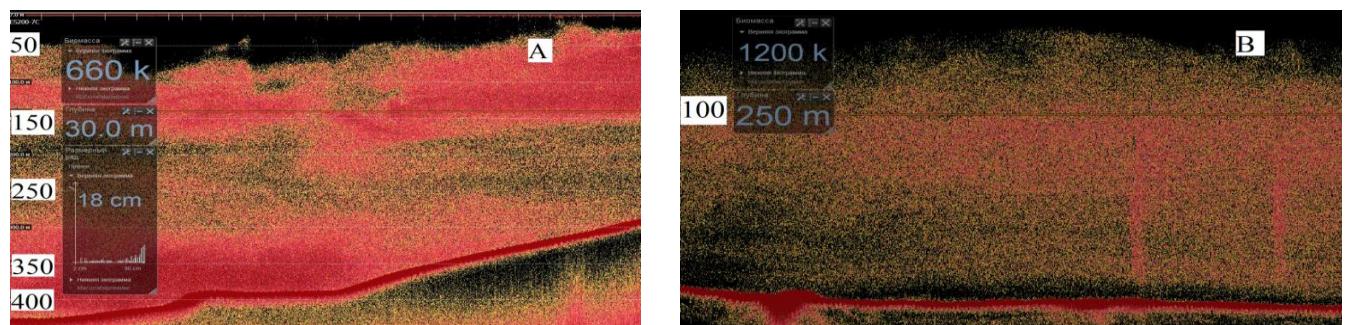


Рис. 14. Эхозапись скопления криля в темное время суток в подрайонах 48.2 (А) и 48.3 (Б) в июне 2014 г.

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, $\text{г}/\text{м}^3$ | | | | | Всего |
|---|---|-------|---------|---------|---------|--------|
| | 1–10 | 11–25 | 26–50 | 51–120 | 121–250 | |
| Количество станций | 4 | 118 | 131 | 48 | 3 | 304 |
| Средневзвешенная биомасса | $\text{г}/\text{м}^3$ | 8,13 | 18,89 | 33,82 | 64,66 | 138,06 |
| Стандартное отклонение средневзвешенной | $\text{г}/\text{м}^3$ | 0,78 | 0,38 | 0,54 | 1,92 | 25,83 |
| Площадь | км^2 | 4,24 | 592,46 | 1262,7 | 201,3 | 0,06 |
| Объем скоплений | млн м^3 | 169,6 | 23698,4 | 50511,6 | 8052,8 | 2,4 |
| Биомасса | тыс. т | 1,38 | 447,63 | 1708,22 | 520,7 | 0,33 |
| | \pm | 0,42 | 17,86 | 54,3 | 31,1 | 0,27 |
| | % | 0,05 | 16,71 | 63,78 | 19,44 | 0,01 |
| | | | | | | 100 |

Таблица 5

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 траплей | шт. | 44 | 95 | 187 | 87 | 54 | 31 | 498 |
| Средневзвешенная плотность биомассы | г/м ³ | 27,5 | 20,7 | 15,5 | 17,0 | 26,5 | 17,4 | 18,4 |
| Стандартное отклонение средневзвешенной | г/м ³ | 1,24 | 0,60 | 0,39 | 0,31 | 0,81 | 0,85 | 0,34 |
| Площадь | км ² | 262,1 | 617,5 | 1256,3 | 312,18 | 219,8 | 1361,75 | 4029,63 |
| Объем скоплений | млн м ³ | 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 км². Значения его промысловой биомассы колебалось 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 раков, в т.ч. молоди — из моря Уэдделла, взрослых — из моря Беллингсгаузена.

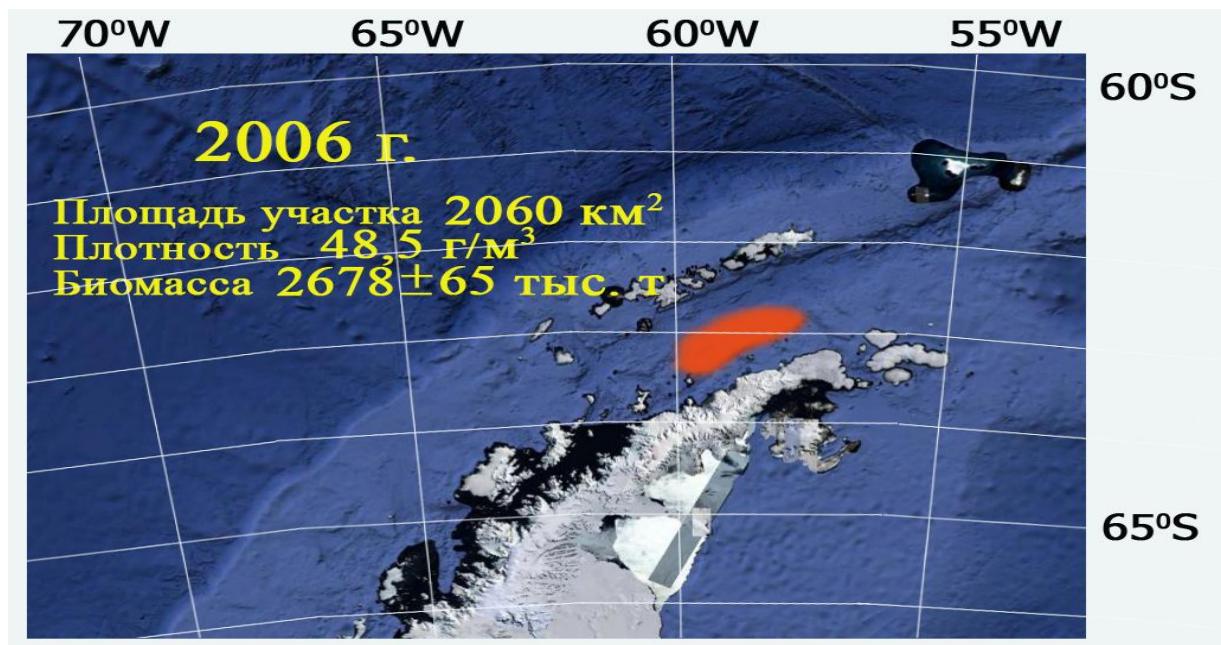


Рис. 15. Биомасса криля в проливе Брансфилд в мае 2006 г.

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).

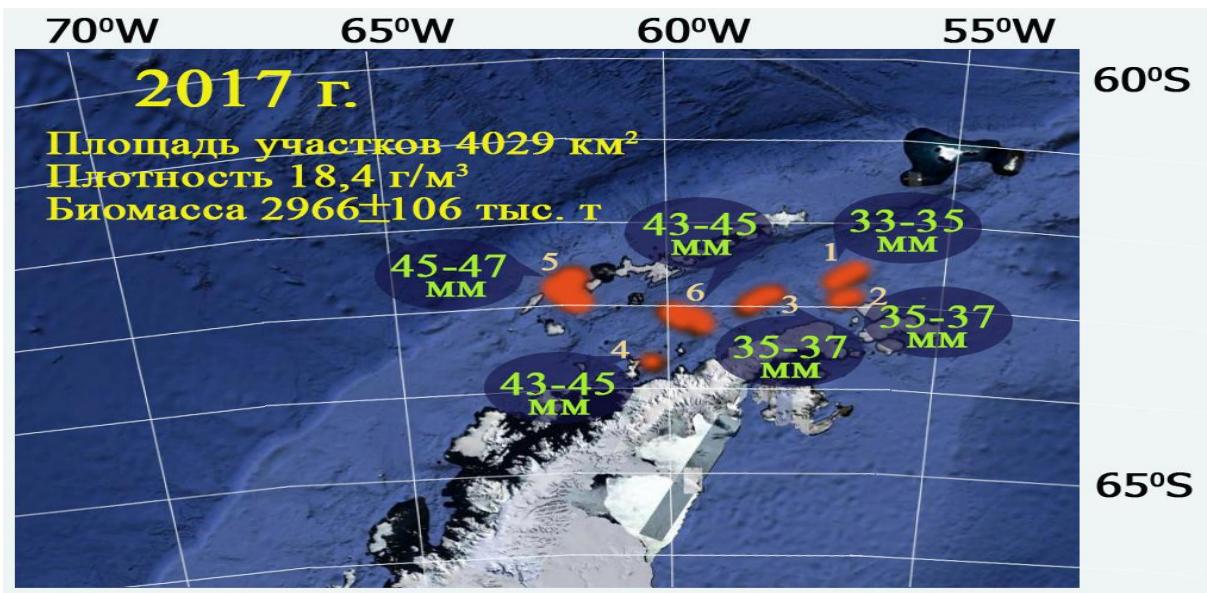


Рис. 16. Распределение участков промысла, модальных классов криля и его биомассы в проливе Брансфилд в марте–июне 2017 г.

Суммарное значение биомассы криля на площади 4029 км^2 колебалось от 2755,97 до 3177,12 тыс. т, а в среднем составило $2966,55 \pm 106$ 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. $\sim 5,5$ 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 раков, 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).

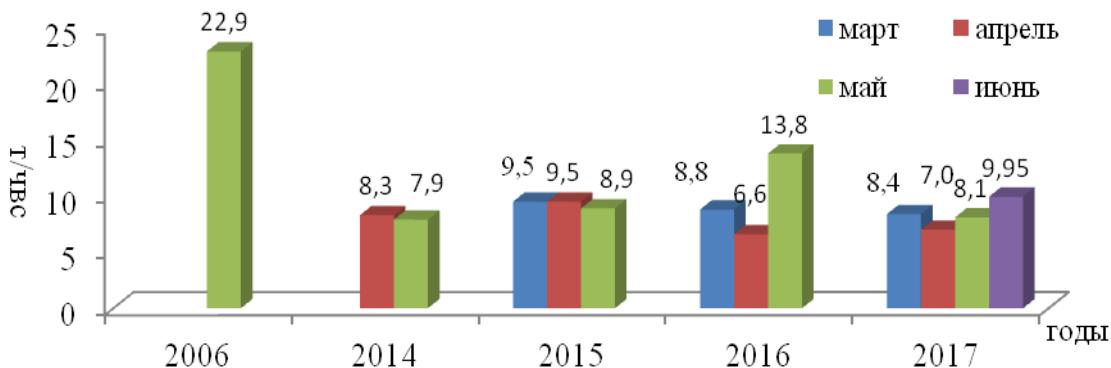


Рис. 17. Сезонная и межгодовая динамика уловов (т/час) антарктического криля в проливе Брансфилд в 2006, 2014–2017 гг.

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 (Благодуров, 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 усилие и смещение промысла в подрайон 48.1. Такие ситуации заранее указывались для каждого из подрайонов в 2006 и 2010 гг. (рис. 18).

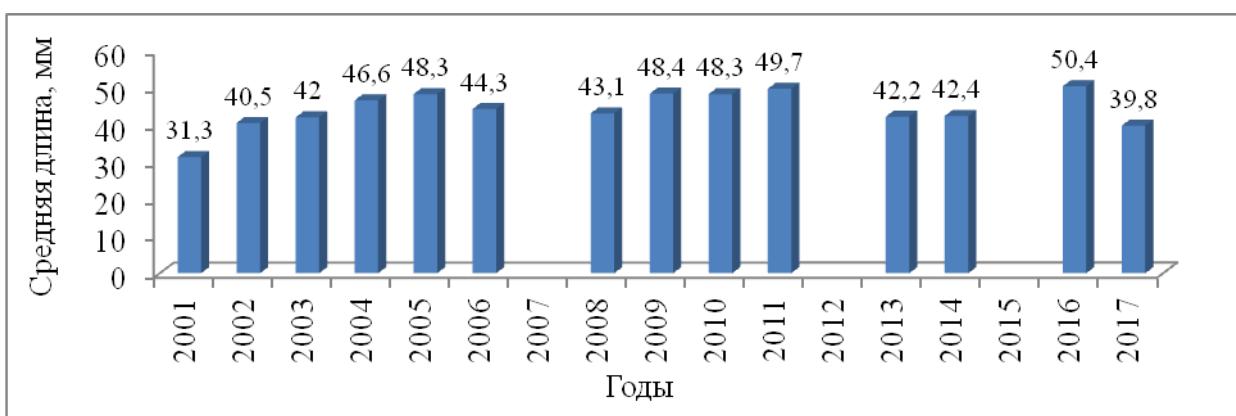


Рис. 18. Динамика средней длины *E. superba* в подрайоне 48.2 в 2001–2017 гг.

Представляемая тактика промысла и рекомендуемые величины уловов на промысловое усилие 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 усилие 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 ±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 ракками 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; Thomsps, 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 оказывать 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 потребуется 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 гидрометеорологические 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 ($\text{г}/\text{м}^3$) для каждого улова на площади 2060 и 4030 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.