

УДК 639.28(269.4)

## ПРОСТРАНСТВЕННАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ МАКРО- И МЕЗОЗООПЛАНКТОНА В ПРОЛИВЕ БРАНСФИЛДА В ЯНВАРЕ 2020 г.

© 2023 г. К. М. Горбатенко<sup>1</sup>, В. А. Яковенко<sup>2</sup>. \*<sup>1</sup>Тихоокеанский филиал ФГБНУ ВНИРО (ТИНРО), Владивосток, Россия<sup>2</sup>Институт Биологии южных морей им. А.О. Ковалевского РАН, Севастополь, Россия

\*e-mail: yakovenko\_vla@mail.ru

Поступила в редакцию 28.07.2022 г.

После доработки 22.08.2022 г.

Принята к публикации 12.09.2022 г.

Исследовано пространственное распределение биомассы видов макро- и мезозоопланктона, а также размерная и половая структура криля *Euphausia superba* и сальпы *Salpa thompsoni* и *Ihlea racovitzai* в проливе Брансфилда в течение антарктического лета 2020 г. Пробы зоопланктона отбирались сетью Бонго. На всех исследованных станциях основу биомассы зоопланктона составляли сальпы *S. thompsoni* и *I. racovitzai*, а третье место занимали *E. superba*, их биомасса составляла от 6.3 до 96.3 мг/м<sup>3</sup>, причем криль встречался лишь в Северо-Западной глубоководной части пролива, куда он проникал из моря Беллинсгаузена. Это объясняется пищевой конкуренцией между сальпами и крилем. Биомасса других видов зоопланктона во всех районах пролива была незначительной по сравнению с сальпами и крилем и распределялась равномерно. При сравнении полученных в экспедиции данных с данными 90-х и 2000-х годов, прослеживается явный тренд увеличения биомассы сальп и снижения биомассы *E. superba*, что может быть связано с увеличением температуры воды Антарктической акватории. На примере пролива Брансфилда четко видна отрицательная корреляция между биомассой сальп и криля.

**Ключевые слова:** криль, сальпы, зоопланктон, пролив Брансфилда, биомасса

DOI: 10.31857/S0030157423040044, EDN: YKDRPI

### ВВЕДЕНИЕ

Со второй половины XX века криль, ракообразные отряда Euphausiacea, стал одним из основных биоресурсов, добываемых в морях Антарктиды. Биомасса эвфаузиид в проливе Брансфилда традиционно была одной из наибольших в Антарктике наряду с периферией моря Уэдделла, морем Скотия и водами к северо-западу от Антарктического полуострова и над шельфом о. Южного Георгия [8]. Мюррей в 90-х годах на основании акустических исследований рассчитал, что величина биомассы криля в бассейнах Антарктики варьировала от 17 до 160 г/м<sup>2</sup>, с наибольшими величинами именно в проливе Брансфилда [22].

Одновременно в последние десятилетия фиксировалось стабильное увеличение биомассы сальп *Salpa thompsoni* Foxton, 1961 в районе Антарктического полуострова, особенно в проливе Брансфилда и вблизи острова Элефант [19, 23]. Сальпы обладают способностью к интенсивному размножению, превосходя в этом другие виды зоопланктона, и при этом существенно влияют на биомассу других компонентов планктонных сообществ и

трансформируют потоки энергии в антарктических пелагических пищевых цепях [17, 18]. Так, например, Нишикавой был зафиксирован существенный размах значений биомассы криля в разных участках пролива (от 0 до 151.4 мг См<sup>-2</sup>), данная разница была обусловлена выеданием сальпами криля, между численностью сальп и криля отмечена достоверная отрицательная корреляция [23]. В других исследованиях в разных частях Антарктического региона [19, 20, 23, 28] изучали взаимодействие между крилем (*Euphausia superba* Dana, 1850) и сальпами (*S. thompsoni*, *Ihlea racovitzai* (Van Beneden and Selys Longchamps, 1913)), которые являются основными видами в пищевых сетях вод Антарктики. В результате была установлена некоторая негативная связь между ними.

Гидрологические факторы также влияют на пространственное распределение вышеуказанных видов [2, 15, 30], при этом влияние определенных водных масс на распределение количественных показателей криля в проливе Брансфилда иногда оказывается наиболее весомым [10]. Однако, несмотря на то, что имеется довольно

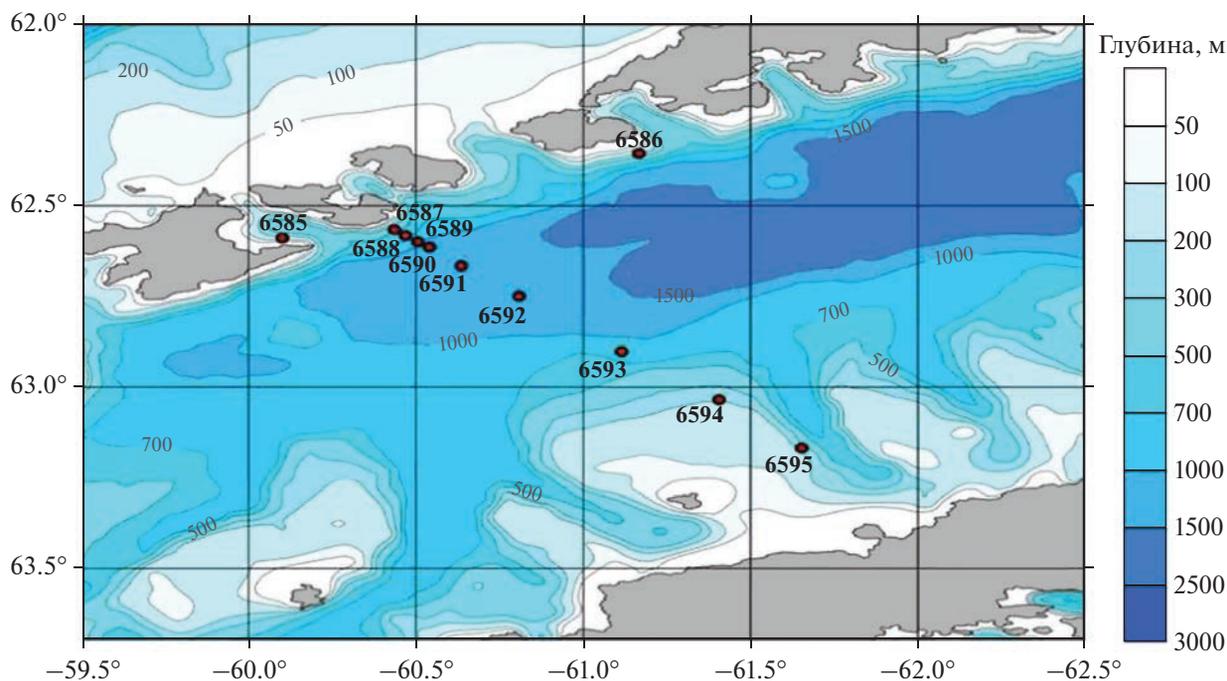


Рис. 1. Схема станций в проливе Брансфилд.

много исследований влияния океанографических факторов на распределение мезо- и макрозоопланктона в проливе Брансфилда [10, 16, 31], все же, к настоящему времени не сформировалось достаточного понимания закономерностей их влияния на распределение популяции криля и всего зоопланктона в проливе, что определяет необходимость продолжения многолетних исследований.

Целью данного исследования было изучение пространственной вариабельности структуры и количественных показателей зоопланктона в проливе Брансфилд в январе (антарктическое лето) 2020 г.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

### *Район исследований*

Пролив Брансфилда лежит между Антарктическим полуостровом и Южными Шетландскими островами, от острова Кинг-Джордж на северо-востоке пролива до острова Анверс на юго-западе, длина пролива составляет 112 км при максимальной глубине 2 км. Океанографические особенности пролива обусловлены его расположением между морем Беллингаузена на западе и морем Уэдделла на востоке [31, 32]. В летний период акватория пролива заполнена двумя главными водными массами, впадающими из этих морей, что определяет высокую изменчивость гидрофизических показателей во временном и пространственном аспектах. Течения из моря Беллингаузена

несут северные воды, относительно теплые и пресные по сравнению с течениями моря Уэдделла, которые формируют южные водные массы в проливе [11].

### *Методы*

Исследования в проливе Брансфилда проводили в январе 2020 года на разрезе в центральной части на 2-м этапе 79-й экспедиции НИС “Академик Мстислав Келдыш”.

Пробы макропланктона были отобраны сетью Бонго (диаметр входного отверстия 60 см, ячей 500 мкм). Сеть была оснащена muhуSTD-зондом и датчиком пройденного пути. Облов проводился при правой циркуляции судна (радиус циркуляции – 1.1 кабельтов) на скорости 2 узла до расчетной глубины 200 м. Необходимую длину вытравленного троса ( $L$ ) определяли по формуле:  $L = 200/\cos\alpha$ , где  $\alpha$  – угол отклонения троса от вертикали. Скорость подъема сети составляла 1 м/с.

Отобранные пробы фиксировали 6% формалином. Биологический анализ проб криля включал определение количества экземпляров в пробе, их индивидуальной длины и массы, пола и стадии зрелости (степени развития внешних и внутренних гениталий). Измерение длины рачков производили с точностью до 1 мм от внешнего края глазной орбиты до конца тельсона. Индивидуальная масса криля определялась взвешиванием рачка, подсушенного фильтровальной бумагой, на торсионных весах (WT-1000). Если улов составлял

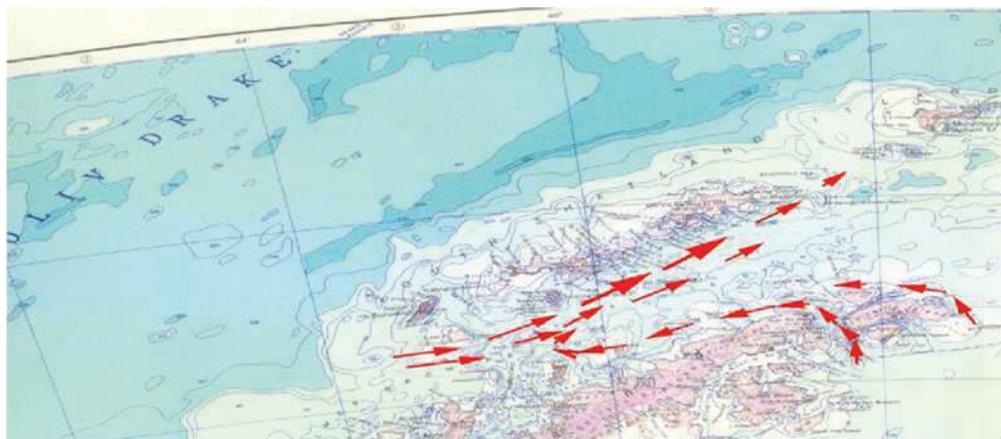


Рис. 2. Схема течений в проливе Брансфила.

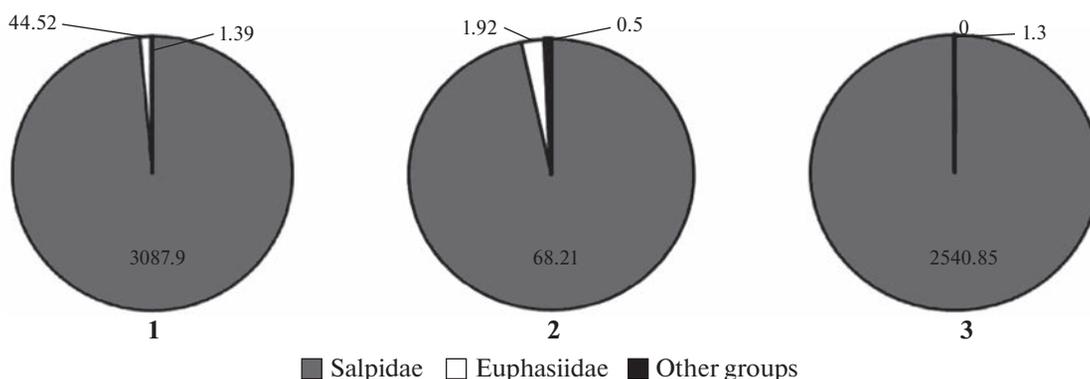


Рис. 3. Соотношение биомассы сальп, эффаузиид и видов мезозoopланктона в проливе Брансфила в январе 2020 г. 1 – глубоководная часть, 2 – материковый склон, 3 – шельф.

менее 200 особей, он весь подвергался анализу. В случае больших уловов выборка составляла не менее 200 особей, кроме того, еще 100 рачков промеряли и взвешивали для уточнения размерно-вещного состава. Стадии зрелости крыля определяли по шкале, разработанной Р.Р. Макаровым [21]. Работы по мониторингу уловов и биологии крыля выполнялись по единым методикам [3, 29].

Также производилось видовая идентификация и измерение размеров и массы сальп.

Степень доминирования видов zoопланктона рассчитывалась с помощью индекса ценотической значимости (ИЦЗ) по формуле

$$I = p \sqrt{b},$$

где  $p$  – встречаемость вида, %,  $b$  – средняя биомасса вида, г/м<sup>3</sup> [5].

Параллельно со сбором zoопланктона проводились измерения абиотических параметров – температуры, солености, концентрации кислорода и направления течений. Средние значения и

коэффициенты корреляции рассчитывали в программе Microsoft Excel.

### РЕЗУЛЬТАТЫ

Согласно гидрологическим данным, общая схема течений в проливе Брансфила соответствовала ранее полученным данным [1, 6] (рис. 2).

Наибольшие величины биомассы крыля и сальп были характерны для северо-западной глубоководной области, а в юго-западной шельфовой области были отмечены лишь сальпы. В центральной зоне – зоне свала глубин – крыль отсутствовал, из эффаузиид наблюдались виды *Thysanoessa macrura* G.O. Sars, 1883 и *T. vicina* Hansen, 1911. Повсеместно основу zoопланктона составляли сальпы *S. thompsoni* и *I. racovitzai*, доля которых по биомассе в данных районах колебалась от 96.6 до 99.6% (рис. 3), при этом их биомасса была минимальной в центральной части пролива.

Особи *Euphausia superba* были отмечены только в глубоководном северо-западном районе пролива Брансфила (станции 6587–6591), где вели-



Рис. 4. Биомасса *E. superba* на исследованных станциях пролива Брансфилда.

чина их биомассы колебалась от 6.3 до 96.3 мг/м<sup>3</sup> (рис. 4).

В центральной части района, в области свала глубин, количество эвфаузиид понизилось более чем на порядок (средняя биомасса 1.92 мг/м<sup>3</sup>), за счет отсутствия в пробах *E. superba*. В южной части исследованного района не были обнаружены не только *E. superba*, но и другие виды эвфаузиид.

Общая биомасса сальп варьировала от 68.2 мг/м<sup>3</sup> в области свала глубин до 3087.9 мг/м<sup>3</sup> в северной глубоководной части района исследований. Повсеместно доминировал вид *S. thompsoni*, представленный особями размером от 5 до 120 мм (табл. 1). В северной глубоководной зоне, где биомасса *S. thompsoni* была наибольшей, преобладали относительно мелкие особи размером 40–50 мм. В области свала глубин при средней величине биомассы 67.2 мг/м<sup>3</sup> модальная группа была представлена особями с размерами 40–60 мм. В южной шельфовой зоне доминировали крупные особи длиной 60–70 мм (табл. 1).

Сальпы *I. racovitzai* имели размеры от 10 до 20 мм и концентрировались, в основном, в южном шельфовом районе, где их средняя биомасса составляла всего 12.8 мг/м<sup>3</sup>.

Как общая биомасса сальп и криля, так и биомасса их отдельных видов, не показала достоверной корреляции с температурой и соленостью. Сравнение измеренной нами биомассы криля с данными, полученными в этом районе предыдущими исследователями, демонстрирует ее снижение [8, 24, 27].

В период исследования преобладали ветра западных румбов, что вызвало занос крупноразмерных особей криля из моря Беллинсгаузена. Согласно литературным данным [9, 13, 16, 25, 26], именно в подрайоне 48.1 (пролив Брансфилда) наиболее крупные особи *E. Superba* перемещаются летом вдоль шельфового склона Антарктического полуострова в восточном направлении водами Антарктического циркумполярного течения.

Распределение видов мезозoopланктона между исследованными районами оказалось равно-

мерным. Копеподы повсеместно имели низкую биомассу – от 0.07 до 0.19 мг/м<sup>3</sup>, а их доля в общей биомассе зоопланктона составила от 0.01 до 0.1% (табл. 1).

Среди 6 видов копепод, которые были нами встречены, преобладали *Rhincalanus gigas* Brady, 1883 и *Metridia gerlachei* Giesbrecht, 1902. Среди гиперид доминировал вид *Hyperia medusarum*, их общая биомасса была незначительна (0.08–0.93 мг/м<sup>3</sup>). Сагитты были представлены 2 видами: *Pseudosagitta maxima* (Conant, 1896) и *Eukrohnia hamata* (Möbius, 1875) и имели минимальные суммарные биомассы. 3 вида птеропод, обнаруженных в пробах – *Clio pyramidata* Linnaeus, 1767, *Spongiobranchaea australis* d'Orbigny, 1836 и *Limacina helicina* (Phipps, 1774), формировали низкую суммарную биомассу – до 0.41 мг/м<sup>3</sup>. Среди других представителей зоопланктона были обнаружены мизиды, пелагические личинки полихет, сифонофоры и личинки рыб, основные концентрации которых были сосредоточены в южном мелководном районе.

В целом, в исследуемом районе, зоопланктон был представлен 11 таксономическими группами и 27 видами: Euphausiacea (3 вида), Salpidae (2 вида), Calanidae (7 видов), Hyperiididae (5 видов), Sagittidae (2 вида), Cliidae (3 вида), прочие (5 видов).

## ОБСУЖДЕНИЕ

В структуре зоопланктоценоза по индексу ИЦЗ, доминировали 2 вида сальп – *S. thompsoni* и *I. racovitzai*.

Вид *S. thompsoni* был явным доминантом, индекс ценотической значимости вида составил 238.4, тогда как ИЦЗ вида *I. racovitzai* составил лишь 7.83. ИЦЗ *E. superba* был сопоставим с таковым сальпы *I. racovitzai*. ИЦЗ другого вида эвфаузиид *Thysanoessa macrura* (4,85) оказался также сравним и немного ниже такового *E. superba* за счет встречаемости *T. macrura* на большем количестве станций. Другие виды, ранжированные по индексу ИЦЗ, имели незначительный вес в видовой структуре зоопланктона. Популяция вида *E. superba* в проливе Брансфилда была представлена особями размером от 10 до 55 мм. Молодь (от 10 до 35 мм) составила 31.5% общей численности популяции (рис. 6).

Половозрелые особи в размерном диапазоне от 35 до 55 мм формировали 68.5%. Среди половозрелых особей криля, 36.5% составили самки, а 63.5% – самцы. Длина самок изменялась от 37 до 50 мм, в среднем  $42 \pm 3.9$  мм, самцов – от 33 до 54, в среднем  $44.8 \pm 5.5$  мм. Длина молоди криля варьировала в пределах от 20 до 30 мм, в среднем  $25.9 \pm 3.0$  мм. Таким образом, среди взрослых особей криля установлено преобладание размерной группы 42–45 мм.

**Таблица 1.** Биомасса (мг/м<sup>3</sup>) сетного зоопланктона в проливе Брансфилда летом 2020г. Облавливаемый слой – от 0 м до 227 м

Район		пр. Брансфилда (северная часть)	пр. Брансфилда (центральная часть)	пр. Брансфилда (южная часть)
Биотоп		Глубоководная часть	Материковый склон	Шельф
Глубина, м		919	472	165
Слой, м		227	164	54
Размер, мм		Биомасса, мг/м <sup>3</sup>		
<b>Сумма</b>		<b>3133.86</b>	<b>70.62</b>	<b>2542.16</b>
<b>Эвфаузииды</b>		<b>44.52</b>	<b>1.92</b>	–
<i>Euphausia superba</i>	15–20	0.03	–	–
<i>Euphausia superba</i>	20.1–30	2.34	–	–
<i>Euphausia superba</i>	30.1–40	5.32	–	–
<i>Euphausia superba</i>	40.1–50	18.77	–	–
<i>Euphausia superba</i>	50.1–55	14.74	–	–
<i>Thysanoessa macrura</i>	<10	0.04	0.01	–
<i>Thysanoessa macrura</i>	10.1–15	1.98	1.14	–
<i>Thysanoessa macrura</i>	15–20	1.22	0.74	–
<i>Thysanoessa macrura</i>	20–25	0.05	–	–
<i>Thysanoessa vicina</i>	10.1–15	0.04	0.03	–
<b>Сальпы</b>		<b>3087.89</b>	<b>68.21</b>	<b>2540.85</b>
<b><i>Salpa thompsoni</i></b>	<b>5–120</b>	<b>3087.89</b>	<b>67.32</b>	<b>2528.07</b>
<i>Salpa thompsoni</i>	5.1–10	10.80	0.89	15.32
<i>Salpa thompsoni</i>	10.1–20	31.79	1.13	146.40
<i>Salpa thompsoni</i>	20.1–30	136.78	1.92	256.22
<i>Salpa thompsoni</i>	30.1–40	472.37	7.04	238.57
<i>Salpa thompsoni</i>	40.1–50	934.88	23.39	64.70
<i>Salpa thompsoni</i>	50.1–60	764.34	22.27	300.52
<i>Salpa thompsoni</i>	60.1–70	320.47	4.95	1235.48
<i>Salpa thompsoni</i>	70.1–80	239.34	5.73	270.87
<i>Salpa thompsoni</i>	80.1–100	140.35	–	–
<i>Salpa thompsoni</i>	>100	36.77	–	–
<b><i>Ihlea racovitzai</i></b>	<b>10–20</b>	<b>0.00</b>	<b>0.89</b>	<b>12.78</b>
<b>Копеподы</b>		<b>0.19</b>	<b>0.07</b>	<b>0.11</b>
<i>Rhincalanus gigas</i>	3.6–5.5	0.1	0.01	0.06
<i>Calanoides acutus</i>	2.5–3.8	0.01	0.01	0.02
<i>Calanus propinquus</i>	3.1–3.8	0.01	0.04	0.03
<i>Calanus simillimus</i>	2.5–3.0	–	0.01	–
<i>Metridia gerlachei</i>	2.4–4.0	0.05	–	–
<i>Pareuchaeta antarctica</i>	4.0–6.0	0.02	–	–
<i>Pareuchaeta</i> sp.	4.0–4.5	0.01	–	–
<b>Гуперииды</b>		<b>0.68</b>	<b>0.08</b>	<b>0.93</b>
<i>Themisto gaudichaudii</i>	2.1–5	0.02	0.01	–
<i>Primno macropa</i>	2.5–3	0.01	–	0.01
<i>Primno macropa</i>	3.1–10	–	–	–
<i>Primno macropa</i>	10.1–15.0	0.16	–	–
<i>Cylopus magellanicus</i>	8–10	0.02	–	–

Таблица 1. Окончание

Район		пр. Брансфилда (северная часть)	пр. Брансфилда (центральная часть)	пр. Брансфилда (южная часть)
<i>Cylopus magellanicus</i>	10.1–14	0.10	0.07	–
<i>Hyperia medusarum</i>	10–15	0.19	0.00	0.92
<i>Scina antarctica</i>	5–10	0.19	–	–
<b>Хетогнаты</b>		<b>0.03</b>	–	<b>0.03</b>
<i>Pseudosagitta maxima</i>	10–15	–	–	0.02
<i>Eukrohnia hamata</i>	10–15	0.03	–	0.01
<b>Птероподы</b>		<b>0.41</b>	<b>0.31</b>	–
<i>Clio pyramidata</i>	>10	0.41	0.17	–
<i>Spongiobranchea australis</i>	2–4	–	0.02	–
<i>Spongiobranchea australis</i>	4.1–6	–	0.04	–
<i>Limacina helicina</i>	2.1–6	–	0.01	–
<i>Limacina helicina</i>	6.1–10	–	0.08	–
<b>Прочие</b>		<b>0.08</b>	<b>0.04</b>	<b>0.23</b>
<i>Mysidacea</i>	2–10	–	–	0.03
<i>Mysidacea</i>	10.1–20	–	–	0.21
<i>Tomopteris pacifica</i>	12–15	–	0.04	–
<i>Conchoecia</i> sp.	2.6–3.0	0.01	–	–
<i>Dimophyes antarctica</i>	3	0.01	–	–
<i>Dimophyes antarctica</i>	4–8	0.02	–	–
<i>Dimophyes antarctica</i>	8–10	0.03	–	–
<i>Larvae Pisces</i>	2–10	0.01	–	–

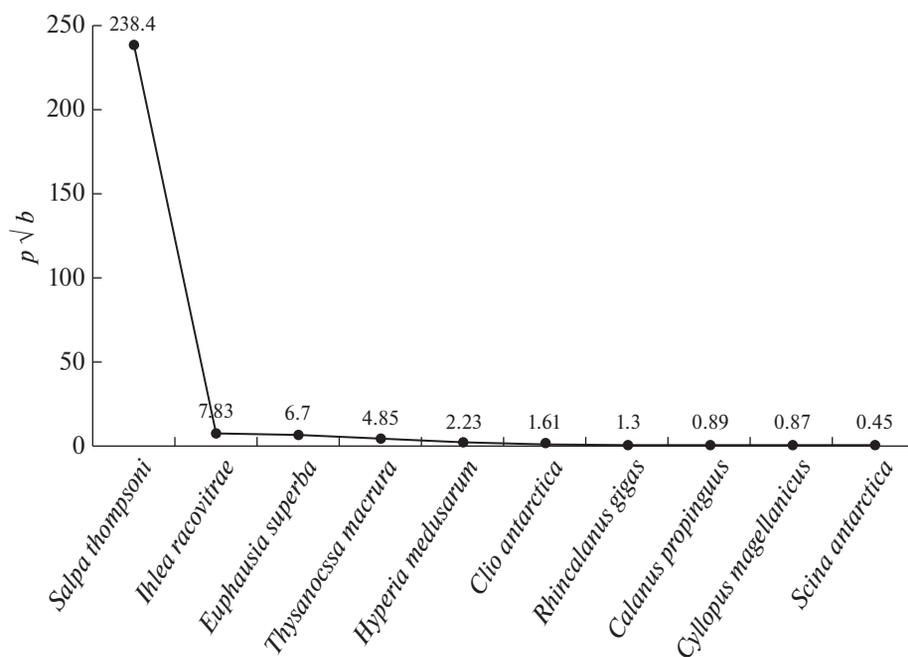


Рис. 5. Структура зоопланктоценоза пролива Брансфилда по ИЦЗ (индекс ценотической значимости).

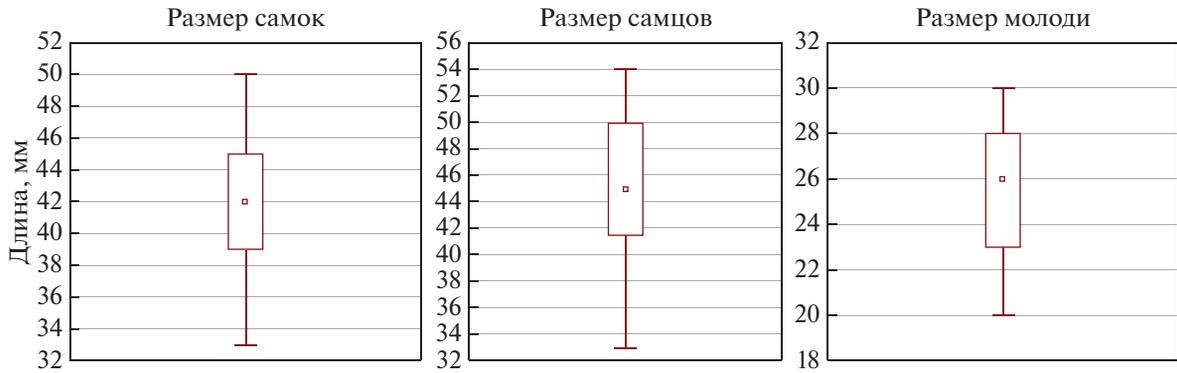


Рис. 6. Длина самок, самцов и молоди *E. superba* в проливе Брансфилд в январе 2020 г.

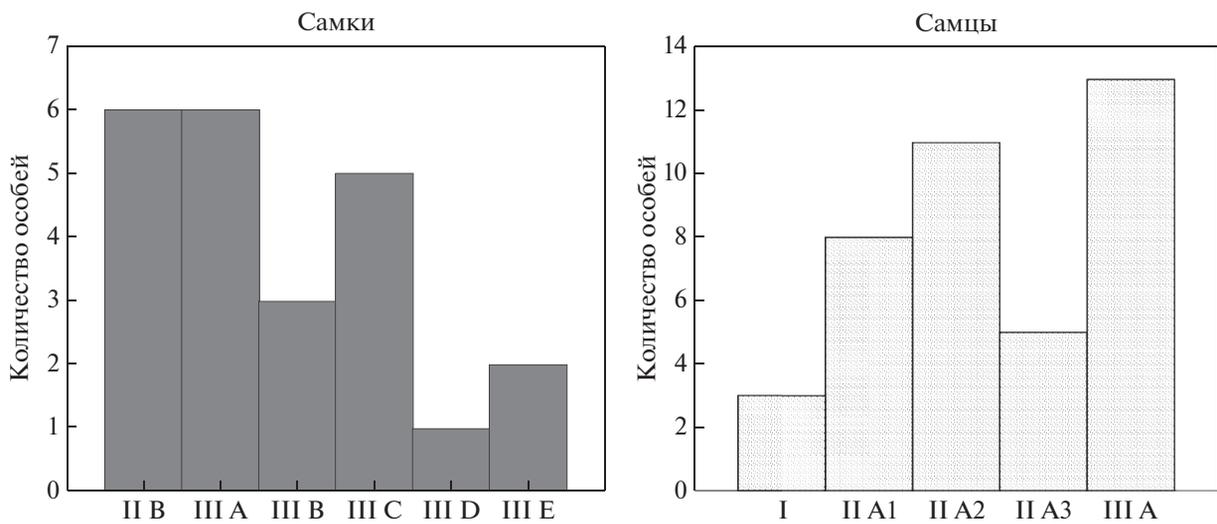


Рис. 7. Соотношение стадий зрелости самок и самцов криля в проливе Брансфилд в январе 2020 г.

В возрастной структуре *E. superba*, среди самок преобладали особи ранних стадий развития II B и III A, – по 26.1% каждая (рис. 7). Доля преднерестовых особей рачков (четвертая стадия развития III C) составляла 21.7%. Среди самцов доминировали более поздние стадии развития – II A2 и III A, формировавшие 27.5 и 32.5% от общей численности самцов соответственно.

Полученный материал демонстрирует, преобладание в возрастной структуре популяции *E. superba* половозрелых особей, причем среди самок – преобладали более ранние стадии по сравнению с самцами, среди которых больше было преднерестовых и нерестовых особей.

В соответствии с полученными значениями биомасс салпы, криля и мезозoopланктона, были выделены районы с разной структурой зоопланктона (рис. 8).

Одна из весомых причин уменьшения биомассы криля связана с тем, что салпы, являясь пи-

щевыми конкурентами криля, активно выедают фитопланктон, являющийся для них общей пищей, что не дает возможности растительноядным ракообразным формировать высокие концентрации в местах их скопления [4, 12, 14]. Необходимо отметить, что салпы приурочены к верхнему 200-м слою воды [7], и наличие там их скоплений приводит к вытеснению криля, также обитающего в поверхностном слое водной толщи. В то же время, авторами не найдено достоверной корреляции между биомассами криля и салпы, что, вероятно, объясняется влиянием течений на их распределение в данном районе.

В целом, северо-западная область района исследований характеризовалась интенсивным развитием салпы и умеренным развитием криля, заносимого из моря Беллингаузена при преобладании ветров западных румбов. В более южных районах криль полностью отсутствовал, при этом в самом южном районе были встречены лишь салпы.

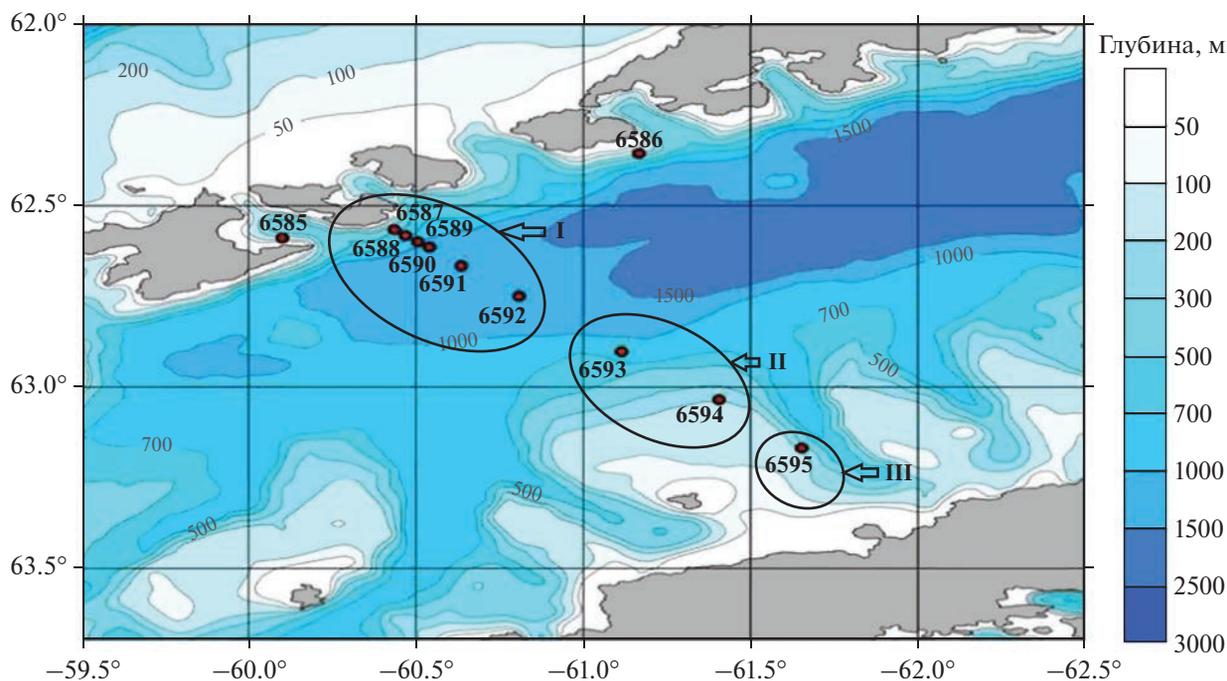


Рис. 8.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В северной глубоководной части пролива Брансфида, биомасса зоопланктона составляла  $3087.9 \text{ мг/м}^3$ , в центральной зоне материкового склона —  $70.6 \text{ мг/м}^3$ , в шельфовой зоне —  $2542.2 \text{ мг/м}^3$ . Повсеместно основу зоопланктона составляли сальпы (*S. thompsoni*, *I. racovitzai*), доля которых по биомассе в различных районах пролива Брансфилд варьировала от 96.6% до 99.6%. Криль (*E. superba*) встречался только в глубоководном районе пролива, где его средняя биомасса составляла от  $6.3$  до  $96.3 \text{ мг/м}^3$ . Согласно индексу ИЦЗ, виды *S. thompsoni* и *I. racovitzai* преобладали в зоопланктоне, следующим по значению компонентом был криль *E. superba*, доля других видов была незначительной. Сравнение полученных нами данных по биомассе сальпы и криля с данными 1990-х и 2000-х годов, демонстрирует динамику возрастания роли сальпы в планктонных сообществах по отношению к *E. superba*, что определяется пищевой конкуренцией. Среди взрослых особей *E. superba* установлено преобладание размерной группы 42–45 мм, доля молоди составляла 31.5% общей численности вида. Биомасса мезозоопланктона во всех районах пролива распределялась равномерно и была относительно низкой. Не было выявлено достоверной корреляции между биомассой сальпы и криля и биомассой отдельных видов зоопланктона с одной стороны, и температурой и соленостью — с другой. Отсутствие достоверной корреляции между биомассой криля

и сальпы, вероятно, объясняется определяющим влиянием течений в данном районе на распределение этих компонентов пелагического сообщества. В период исследования преобладали ветра западных румбов, что и вызвало занос крупноразмерных особей криля из моря Беллинсгаузена.

**Источники финансирования.** Исследование проведено в рамках государственного задания ФИЦ Института биологии южных морей РАН им. А.О. Ковалевского “Комплексные исследования современного состояния экосистемы Атлантического сектора Антарктики” (Номер гос. Регистрации АААА-А19-119100290162-0), темы государственного задания 0128-2019-0008 и договора о сотрудничестве между ИО РАН и ВНИРО.

**Благодарности.** Выражаем искреннюю признательность капитану Сазонову Л.В. и экипажу НИС “Академик Мстислав Келдыш” за помощь и слаженную работу в рейсе, к. ф.-м. н. Фрею Д.И. за предоставление данных по гидрологическим показателям.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Артамонов Ю.В., Романов А.С., Внуков Ю.Л., Перов А.А., Степура И.И. Результаты океанографических исследований в западной части пролива Брансфида в марте 2002 г. // Украинский антарктический журнал, 2003. №1. С. 7–16.
2. Жук Н.Н., Корзун Ю.В. Размерный состав антарктического криля *Euphausia superba* (Euphausiacea, Euphausiidae) и гидрометеорологические факторы

- в проливе Брансфилд (подрайон 48,1 антарктический полуостров) в сезоны 2014–2017 гг. // Вестник Керченского государственного морского технологического университета. 2018. С. 28–38.
3. Методические указания по сбору и первичной обработке в полевых условиях по биологии и распределению криля. М.: ВНИРО. 1982, 48 с.
  4. Минкина Н.И., Самышев Э.З. Энергетический метаболизм антарктической сальпы (*Salpa thompsoni* Foxton) в гетерогенном океанографическом поле // Мониторинг состояния природной среды Антарктики и обеспечение деятельности национальных экспедиций: материалы I Межд. научн.-практ. конф. (26–29 мая 2014 г., к.п. Нарочь, Беларусь). Минск: Экоперспектива, 2014. С. 159–164.
  5. Мордухай-Болтовской Ф.Д. Методика изучения биоценозов внутренних водоемов. Москва: Наука, 1975. 240 с.
  6. Морозов Е. Г. Течения в проливе Брансфилд // Доклады Академии наук. 2007. Т. 415. Вып. 6. С. 823–825.
  7. Пахомов Е.А. Вертикальное распределение и суточные миграции Антарктического макропланктона. В кн.: Воронина Н. М. (ред.) Пелагические экосистемы Южного океана. М.: Наука, 1993. С. 146–150.
  8. Самышев Э.З. Антарктический криль и структура планктонного сообщества в его ареале. М.: Наука, 1991. 168 с.
  9. Спиридонов В.А. Исследования возрастной структуры популяции *Euphausia superba* Dana на примере района Антарктического полуострова и сопредельных вод // Биологические ресурсы Арктики и Антарктики. М.: Наука, 1987. С. 391–414.
  10. Catalan I.A., Morales-Nin B., Company J.B. et al. Environmental influences on zooplankton and micronekton distribution in the Bransfield Strait and adjacent waters // Polar Biology. 2008. V. 31. No. 6. P. 691–707. <https://doi.org/10.1007/s00300-008-0408-1>
  11. Garcia M.A., Castro C.G., Rfofs A.F. et al. Water masses and distribution of physicochemical properties in the Western Bransfield Strait and Gerlache Strait during Austral summer 1995/96 // Deep-sea Research II. 2002. V. 49. P. 585–602. [doi.org/10.1016/S0967-0645\(01\)00113-8](https://doi.org/10.1016/S0967-0645(01)00113-8)
  12. Dubischar C., Bathmann U.V. Grazing impact of copepods and salps on phytoplankton in the Atlantic sector of the Southern Ocean // Deep-sea Research II. 1997. V. 44. P. 415–433. [https://doi.org/10.1016/S0967-0645\(96\)00064-1](https://doi.org/10.1016/S0967-0645(96)00064-1)
  13. Hofmann E.E., Klinck J.M., Locarninii R.A. et al. Krill transport in the Scotia Sea and environs // Antarctic Science. 1998. V. 10. No 4. P. 406–415. <https://doi.org/10.1017/S0954102098000492>
  14. Huntley M.E., Sykes P.F., Marin V. Biometry and trophodynamics of *Salpathompsoni* Foxton (Tunicata: Thaliacea) near the Antarctic Peninsula in austral summer, 1983-1984 // Polar Biology. 1989. Vol. 10. P. 59–70. <https://doi.org/10.1007/BF00238291>
  15. Hernandez-Leon S, Torres S, Gomez M. et al. Biomass and metabolism of zooplankton in the Bransfield Strait (Antarctic Peninsula) during austral spring // Polar Biology. 1999. V. 21. No 4. P. 214–219. <https://doi.org/10.1007/s003000050355>
  16. Ichii T., Naganobu M. Surface water circulation in krill fishing areas near the South Shetland Islands // CCAMLR Science. 1996. V. 3. P. 125–136.
  17. Loeb V., Siegel V., Holm-Hansen O. et al. Effects of sea-ice extent and krill or salp dominance on the Antarctic food web // Nature. 1997. V. 387. P. 897–900. <https://doi.org/10.1038/43174>
  18. Pakhomov E.A., Dubischar C.D., Hunt B.P.V. et al. Biology and life cycles of pelagic tunicates in the Lazarev Sea, Southern Ocean // Deep-sea Research II. 2011. V. 58. P. 1677–1689. <https://doi.org/10.1016/j.dsr2.2010.11.014>
  19. Pakhomov E.A., Froneman P.W., Perissinotto R. Salp/krill interactions in the Southern Ocean: spatial segregation and implications for the carbon flux // Deep-sea Research II. 2002. V. 49. P. 1881–1907. <https://doi.org/10.1155/2010/410129>
  20. Piatkowski U. Macroplankton communities in Antarctic surface waters: spatial changes related to hydrography. // Marine Ecology Progress Series. 1989. V. 55. P. 251–259. <https://doi.org/10.3354/meps055251>
  21. Makarov R.R., Denys C.J. Stages of sexual maturity of *Euphausiasuperba* Dana // BIOMASS Handbook. 1980. Iss. no 11. 11 p.
  22. Murray A.W.A., Watkins J.L., Bone D.G. A biological acoustic survey in the marginal iceedge zone of the Bellingshausen Sea // Deep-sea Research II. 1995. V. 42. P. 1159–1175. [doi.org/10.1016/0967-0645\(95\)00059-Y](https://doi.org/10.1016/0967-0645(95)00059-Y)
  23. Nishikawa J., Naganobu M., Ichii T. et al. Distribution of salps near the South Shetland Islands during austral summer, 1990-1991 with special reference to krill distribution // Polar Biology. 1995. V. 15, pp. P. 31–39. <https://doi.org/10.1007/BF00236121>
  24. Santora J.A., Reiss C.S., Loeb V.J., Veit R.R. Spatial association between hotspots of baleen whales and demographic patterns of Antarctic krill *Euphausiasuperba* suggests size-dependent predation // Marine Ecology Progress Series. 2010. V. 405. P. 255–269. <https://doi.org/10.3354/meps08513>
  25. Siegel V.A. Concept of seasonal variation of krill (*Euphausia superba*) distribution and abundance west of the Antarctic Peninsula. In: *Antarctic ocean and resources variability*. D. Sahrhage (Ed.), 1988. P. 219–230. [doi.org/10.1007/978-3-642-73724-4\\_19](https://doi.org/10.1007/978-3-642-73724-4_19)
  26. Siegel V. Biology and ecology of Antarctic krill // Advances in Polar Ecology. 2016. 458 p. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-29279-3>
  27. Siegel V. Distribution and population dynamics of *Euphausia superba*: summary of recent findings // Polar Biology. 2005. V. 29. P. 1–22. <https://doi.org/10.1007/s00300-005-0058-5>
  28. Siegel V., Harm U. The composition, abundance, biomass and diversity of the epipelagic zooplankton communities of the southern Bellingshausen Sea (Antarctic) with special reference to krill and salps // Archive of fishery and marine research. 1996. V. 44. P. 115–139.

29. Standard measurements for krill, fish, crabs and squid in: *Scientific Observers Manual: CCAMLR*, 2006, pp. 33–45.
30. *Vazquez E., Ameneiro J., Putzeys S. et al.* Distribution of meroplankton communities in the Bransfield Strait, Antarctica // *Marine Ecology Progress Series*. 2007. V. 338. P. 119–129. <https://doi.org/10.3354/meps338119>
31. *Zhou M., Niiler P.P., Hu J.-H.* Surface currents in the Bransfield and Gerlache Straits, Antarctica // *Deep-sea Research I*. 2002. V. 49. P. 267–280. [https://doi.org/10.1016/s0967-0637\(01\)00062-0](https://doi.org/10.1016/s0967-0637(01)00062-0)
32. *Zhou M., Niiler P.P., Zhu Y., Dorland R.D.* The western boundary current in the Bransfield Strait, Antarctica // *Deep-sea Research I*. 2006. V. 53. P. 1244–1252. <https://doi.org/10.1016/j.dsr.20062042003>

## Spatial Variability of Macro- and Mesozooplankton in the Bransfield Strait in January 2020

K. M. Gorbatenko<sup>a</sup>, V. A. Yakovenko<sup>b, #</sup>

<sup>a</sup>*Pacific branch of VNIRO (TINRO) of RAS, Vladivostok, Russian Federation*

<sup>b</sup>*A. O. Kovalevsky Institute of Biology of the Southern Seas of RAS, Sevastopol, Russian Federation*

<sup>#</sup>*e-mail: yakovenko\_vla@mail.ru*

The spatial distribution of the biomass of macro- and mesozooplankton species, as well as the size and sex structure of the species *Euphausiasuperba* (krill), *Salpathompsoni*, and *Ihlearacovitzai* in Bransfield Strait during the Antarctic summer of 2020 were studied. Krill is at the heart of the food chain of the Antarctic ecosystem because numerous populations of seabirds, seals and whales feed on krill. In recent decades, the Antarctic ecosystem has been under significant changes caused by global warming, but the nature and extent of this impact on krill stocks, especially its juveniles in the Bransfield Strait, remains insufficiently studied. In recent decades, the Antarctic ecosystem has been experiencing significant changes associated with global warming, but the nature and extent of this impact on krill stocks, especially its juveniles in the Bransfield Strait, remains insufficiently studied. At the same time, this particular region is a highly productive zone of the Antarctic ecosystem and one of the areas where concentrations of Antarctic krill accumulate. The aim of this study was to study the spatial variability of the structure, numbers and biomass of zooplankton in the Bransfield Strait during the Antarctic summer of 2020. Zooplankton samples in Bransfield Strait were collected with Bongo net in January 2020. The samples were processed on the research vessel in the intervals between sampling according to the standard procedure. At all stations studied, the main zooplankton biomass was by salps (*S. thompsoni* and *I. racovitzai*). According to the index of coenotic significance, salps were of primary importance in the zooplanktonocenosis, in which *E. superba* occupied the third place with biomass ranged from 6.3 to 96.3 mg/m<sup>3</sup>, and krill was meet only in the northwestern deep-water part of the Bransfield Strait. This is due to food competition between salps (*S. thompsoni*, *I. racovitzai*) and krill. The presence of krill in the deep-water part of the Bransfield Strait is explained by its introduction from the Bellingshausen Sea due to the prevalence of western winds. The biomass of other zooplankton species in all areas of the strait happened very small in comparison with that of salps and krill and was distributed uniformly. When comparing the ratio of the biomass of the above species obtained during the expedition with the data of the 90s and 2000s, there is a clear trend of an increase in salps and a decrease in *E. superba*, that is probably associated with the general trend of an increase in water temperature in the Antarctic waters. Thus, the example of Bransfield Strait clearly shows a negative correlation between the biomass of salps and krill.

**Keywords:** krill, salpa, zooplankton, the Bransfield Strait, biomass