

ПЕРВЫЕ ДАННЫЕ О БИОЛОГИИ КРИЛЯ *EUPHAUSIA SUPERBA* (DANA, 1850)

(EUPHAUSIACEA: EUPHAUSIIDAE) ИЗ МОРЯ УЭДДЕЛЛА
В 2020 г.



А. Д. Колесникова, студентка
e-mail: kolesnikova_aleksasha@bk.ru
ФГБОУ ВО «Калининградский государственный
технический университет»

С. А. Судник, канд. биол. наук, доц.
e-mail: svetlana.sudnik@klgtu.ru
ФГБОУ ВО «Калининградский государственный
технический университет»

Представлены первые результаты изучения биологии криля *Euphausia superba*, моря Уэдделла. Это массовый вид вод Антарктики, ценный промысловый объект мирового уровня. Комплексный биологический анализ 80 особей, собранных в январе 2020 г., позволил описать половой и размерный состав, массу тела и размерно-массовую зависимость, репродуктивное состояние самцов и самок. Соотношение полов варьировало, с обычным в это время преобладанием ювенильных особей. Общая длина тела особей – 13,7–39,0 мм при длине карапакса 3,1–15,1 мм. Репродуктивная система самок и самцов была развита слабо. Отмечено множество линяющих особей, среди них – все ювенилы.

Ключевые слова: антарктический криль, море Уэдделла, половой состав, размеры, масса тела, репродукция.

ВВЕДЕНИЕ

Антарктический криль *Euphausia superba* (Dana, 1850) – самый массовый пелагический (глубины 0–600 м) вид из отряда эуфаузиевых ракообразных, достигающий длины около 5 см. Распространён циркумполярно-антарктически. Биомасса криля огромна – оценивается в 250-750 млн. т. Этот фитопланктофаг – главное звено пищевой цепи вод Антарктики: им питаются многие рыбы, пингвины, морские птицы, ластоногие и усатые киты [1, 6, 8]. Промысел криля активно осуществляют восемь стран-членов АНТКОМ, ежегодный вылов может достигать 300 тыс. т. *E. superba* – ценнейшее сырье для пищевой промышленности, биотехнологии, фармакологии, аквакультуры [2]. В целом биология криля как важного объекта промысла изучена достаточно многосторонне [16–18], но некомплексно из-за использования зачастую полевых методик анализа материалов, узконаправленных целей исследования. По репродукции криля моря Уэдделла это – первые данные.

ОБЪЕКТ ИССЛЕДОВАНИЯ

Объект исследования – антарктический криль *Euphausia superba* (Dana, 1850).

ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ

Цель работы – изучение биологии криля (*Euphausia superba*) из вод моря Уэдделла в январе-феврале 2020 г.

Задачи работы: проведение комплексного лабораторного биологического анализа особей криля; характеристика полового состава, размеров и массы особей; анализ

репродуктивного состояния самцов и самок; оценка покровов на предмет визуально различимых паразитов и эпибионтов.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Данные по материалу *E. superba* представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Материал криля *Euphausia superba*, море Уэдделла, 2020 г.

Станция	Дата	Место сбора	Координаты сбора проб	Количество особей, шт.	Глубина, м	Орудие сбора	Сборщик	Фиксация пробы
6589	21.01.2020	Пролив Брансфилда (северо-западная часть моря Уэдделла)	62°36'05" ю. ш. 59°30'16" з. д.	60	223	сеть Бонго	Сотрудники института им. Ширшова (г. Москва) В. А. Спиридонов, А. К. Залота, В. А. Яковенко, К. М. Горбатенко	4-% формалин
6607	31.01.2020		61°41'07" ю. ш. 48°47'07" з. д.	20	216	сеть Джели		

Исследования осуществлялись с применением составленной нами методики комплексного лабораторного анализа криля, включающей ряд методик [3, 7, 11, 13, 15]. В нее вошли: измерение общей длины тела (ДТ; от переднего края глаза до конца тельсона без терминального шипика) с точностью 0,01 мм; измерение длины карапакса (ДК; от заднего края глазных орбит до середины заднего края тельсона) с точностью 0,01 мм; определение влажной массы тела особи с точностью 0,01 г; идентификация пола особи (по первичным: тип гонад – определяют при вскрытии особи и вторичным: совокупительные придатки – половым признакам); оценку по 6-балльной шкале стадии репродуктивного развития самцов и самок (степени зрелости гонад, стадии развития теликума / семяпроводов и петазмы, присутствия сперматофоров у самок) [7, 15]; взвешивание слегка влажных зрелых яичников, с точностью 0,01 г; определение у преднерестовых самок прямым подсчетом количества зрелых ооцитов в гонадах (абсолютной разовой индивидуальной плодовитости); определение размеров зрелых ооцитов с точностью 0,01 мм (измеряются большой и малый диаметры не менее 10 зрелых ооцитов, подсчитываются их средние величины); оценка состояния покровов с определением стадии линочного цикла (по 3-балльной шкале) [3], присутствие визуально различимых паразитов и эпибионтов [11], оценка клинических признаков типичных заболеваний высших раков [13].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Соотношение полов в пробах варьировало (таблица 2): от преобладания (в 8 раз) ювенильных особей до снижения их доли в 2 раза за счет увеличения доли самок и самцов.

Таблица 2 – Соотношение полов *Euphausia superba*, море Уэдделла, 2020 г.

Дата	Количество особей, экз.	Доля особей, %		
		ювенильные особи	самцы	самки
21.01.2020	60	80	10	10
31.01.2020	20	40	20	40

В летнее время в других поселениях криля наблюдалось варьирование доли особей разных полов: ювенильных особей – 22–58 %, самок – немногим меньше (22–45 %), самцов иногда было встречено мало, но их доля могла достигать значительной величины (52 %) (таблица 3).

Таблица 3 – Соотношение полов *E. superba*, поселения атлантического сектора Южного океана

Станции сбора проб	Дата	Соотношение полов, %			Источник
		ювенилы	самцы	самки	
Пролив Брансфилд	07.02.2014	58	20	22	[5]
Острова Мордвинова и Жуэвиль	04.02.2016	34	21	45	[9]
Южные Шетландские острова	23.01.2020	51	8	41	[10]
	02.02.2020	22	52	26	[12]

Общая длина тела (ДТ) особей криля составила 13,7–39,0 мм при длине карапакса (ДК) 3,1–15,1 мм (таблица 4, рисунок 1). В целом длина тела ювенильных особей составила менее 29 мм, самцов и самок – более 28 мм, при этом их максимальные размеры были близки – до 38–39 мм. Средние размеры особей всех полов в обеих пробах, как по ДТ, так и по ДК, не отличались.

Таблица 4 – Размерный состав криля *Euphausia superba*, море Уэдделла, 2020 г. (д – диапазон; ср – среднее значение; со – стандартное отклонение)

Дата	Ювенильные особи				Самцы				Самки			
	ДТ, мм		ДК, мм		ДТ, м		ДК, м		ДТ, мм		ДК, мм	
	д	ср±со	д	ср±со	д	ср±со	д	ср±со	д	ср±со	д	ср±со
в целом	13,0-28,1	22,5±5,1	3,1-10,8	7,22±2,7	28,3-38,0	31,7±5,8	8,6-14,6	11,7±2,7	28,0-39,0	33,3±6,6	8,8-15,1	12,5±3,06
21 января	16,0-28,1	22,7±3,05	3,7-10,8	7,24±1,73	28,3-38,0	30,9±3,39	11,5-14,6	12,3±1,39	31,0-37,9	34,0±2,62	10,1-14,8	12,9±1,49
31 января	13,0-26,7	21,3±3,95	3,1-9,4	7,09±1,96	29,0-37,3	33,9±3,3	8,6-11,9	10,9±1,3	28,3-39,0	32,8±4,3	8,8-15,1	12,2±2,16

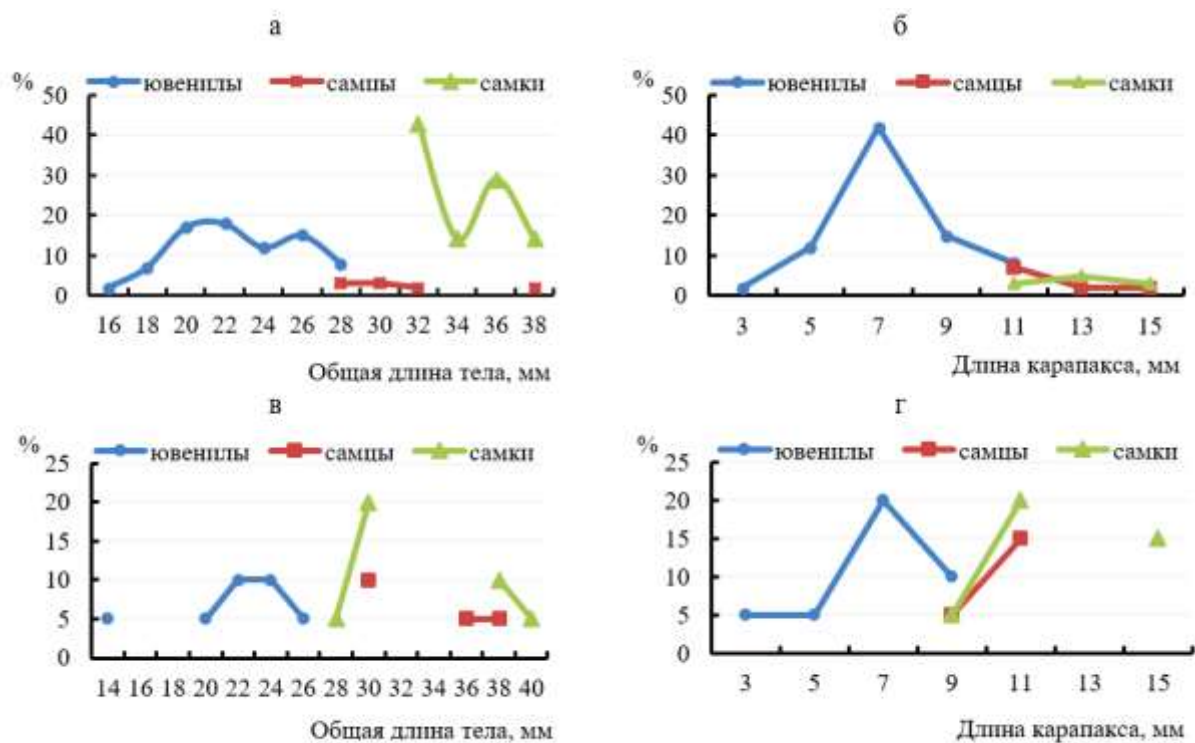


Рисунок 1 – Длина криля *Euphausia superba*, море Уэдделла: а, б – 21.01.2020 г.; в, г – 31.01.2020 г.

Среди ювенилов доминировали особи с ДК 6–8, при достаточно широком диапазоне их размеров (рисунок 1). В конце января как среди самцов, так и среди самок стали преобладать более мелкие особи. Всё свидетельствует о продолжающемся подходе мелкоразмерного криля, т. е. изначально – о достаточно продолжительном нерестовом периоде вида. При этом в конце января стоит отметить увеличение доли более крупных самцов и самок (моды 10–12 и 14–15 мм соответственно).

Сравнение размеров криля *E. superba* из разных частей ареала показало следующее (таблица 5). Максимальная длина ювенилов разных местообитаний была достаточно близкой. Самые крупные самцы и самки встречались в проливе Брансфилд. В исследуемом нами поселении криля бассейна Пауэлла длина особей разных полов пока отмечена как наименьшая. В проливе Брансфилд, напротив, преобладали более крупные особи: ювенилы и самцы в сравнении с таковыми из вод бассейна Пауэлла и Южных Шетландских островов; самки – всех районов.

Таблица 5 – Длина криля *Euphausia superba* в разных частях ареала, 2014-2020 гг. (со – стандартное отклонение)

Станции сбора проб	Общая длина тела, мм						Источ-ник
	диапазон			среднее ± со			
	ювенилы	самцы	самки	ювенилы	самцы	самки	
Бассейн Пауэлла	13-28	28,3-38	28-39	22,5±5,1	31,7±5,8	33,3±6,6	наши данные
Пролив Брансфилд	26-31	35-45	38-49	29±0,5	40±0,7	44±0,6	[5]
Острова Мордвинова и Жуэвиль	25-30	34-43	36-47	28±1,0	39±1,1	42±0,9	[9]
Южные Шетландские острова	20-32	30-41	35-45	27±1,1	36±1,2	40±1,1	[10]
	25-31	32-39	36-43	28±0,9	36±0,8	40±1,0	[12]

В целом масса тела особей криля варьировалась от 0,02 до 0,47 г (таблица 6, рисунок 2). В конце января встречены ювенилы с меньшей массой тела, что соответствует их несколько меньшим размерам (таблица 4). Самки по массе достигали несколько более крупных значений, чем самцы, что соответствует различиям в их размерах (таблица 4). В целом средняя масса самцов и самок в 2,1–3,6 раза превышала таковую ювенильных особей.

Таблица 6 – Масса тела криля *Euphausia superba*, море Уэддела, 2020 г., г

Дата	Ювенильные особи		Самцы		Самки	
	диапазон	среднее ± со	диапазон	среднее ± со	диапазон	среднее ± со
в целом	0,02-0,27	0,14±0,1	0,18-0,42	0,30±0,12	0,27-0,47	0,37±0,13
21 января	0,03-0,27	0,14±0,07	0,18-0,40	0,3±0,09	0,27-0,46	0,40±0,08
31 января	0,02-0,18	0,11±0,06	0,24-0,42	0,4±0,06	0,27-0,47	0,40±0,08

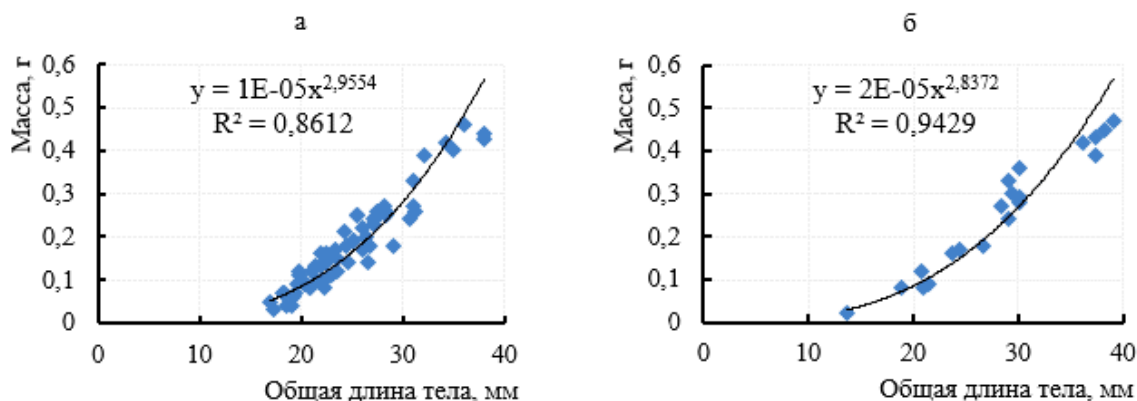


Рисунок 2 – Размерно-массовая зависимость у криля *Euphausia superba*, море Уэддела, 2020 г.: а – 21.01.2020 г., б – 31.01.2020 г.

Впервые у особей вида моря Уэдделла оценена размерно-массовая зависимость, получено характеризующее ее уравнение (рисунок 2).

Сравнение наших данных по массе тела криля с данными из разных частей ареала в Южной Атлантике (таблица 7) показало следующее. Среди ювенилов из бассейна Пауэлла преобладали особи с достоверно меньшей массой, чем среди таковых из вод Южных Шетландских островов. В массе самцов разных районов достоверных отличий не найдено.

Таблица 7 – Масса тела криля *Euphausia superba* в разных частях ареала, г

Станции сбора проб	Общая длина тела, мм			Масса особи			Источник
	среднее ± со			среднее ± со			
	ювенилы	самцы	самки	ювенилы	самцы	самки	
Бассейн Пауэлла	22,5±5,1	31,7±5,8	33,3±6,6	0,14±0,10	0,30±0,12	0,37±0,13	наши данные
Южные Шетландские острова	27,0±1,1	36±1,2	40,0±1,1	0,23±0,008	0,34±0,006	0,42±0,009	[12]

Для оценки репродуктивного состояния самцов и самок криля мы применили морфологический и гистологический методы: оценку степени развития гонад и совокупительных органов особей криля.

Анализ репродуктивного состояния 10 самцов криля показал преобладание среди них совсем неразвитых мелких самцов (таблица 8). У оставшихся единичных особей семенники были развиты слабо, но эти самцы были достоверно более крупными, чем особи предыдущей половой категории.

Таблица 8 – Репродуктивное состояние самцов криля *Euphausia superba*, море Уэдделла, 2020 г. (ДТ – общая длина тела; ср – среднее значение; со – стандартное отклонение)

Стадия репродуктивного состояния	Состояние половой системы		Количество особей, экз.	ДТ, мм	
	степень развития семенников, семяпроводов	степень развития петазмы, состояние сперматофоров		Диапазон	ср±со
Стадия I	Семенники слабо различимы, неразвиты. Семяпроводы без утолщений	Петазма в виде неподразделенной лопасти. Сперматофоры в выводящем канале отсутствуют	7	28,3–31,2	29,7 ±1,23
Стадия II	Семенники слабо развиты, беловатого цвета. Семяпроводы несут развитые в разной степени зачатки ампул и сперматофорных мешков	Петазма двулопастная, слабо хитинизирована, «крылья» на эндоподитах неразвиты. Сперматофоры в выводящем канале неразличимы	3	36,1–38,0	37,13 ±0,96

У 15 самок из проб за январь 2020 г. репродуктивная система была слаборазвита (таблица 9). Преобладали достоверно более мелкие неполовозрелые самки с неразвитыми яичниками и теликумом (совокупительный орган). Половые органы более крупных особей были визуально отличимы на фоне других органов, теликум развит.

Таблица 9 – Репродуктивное состояние самок криля *Euphausia superba*, море Уэдделла, 2020 г. (ср – среднее значение; со – стандартное отклонение)

Стадия репродуктивного состояния	Состояние половой системы		Количество особей, экз.	ДТ, мм	
	стадия зрелости яичников	степень развития теликума, присутствие сперматофоров		диапазон	ср±со
Стадия I	стадия I (совсем неразвитые)	теликум не развит; сперматофоры отсутствуют	9	28,3–34,2	30,9±1,9
Стадия II	стадия II (неразвитые)	<u>в начале стадии</u> теликум есть, его стерральная и коксальные пластинки развиты не полностью; <u>в конце стадии</u> пластинки теликума развиты, сперматофоры отсутствуют	4	35,0–39,0	37,2±1,5

В нашем, пока немногочисленном, материале зрелые самки криля отсутствовали. Однако по данным других авторов [3, 10, 12] конец января – начало февраля были временем нереста криля в атлантическом секторе Южного океана, что будет нами проверяться при продолжении исследования.

Оценка состояния покровов криля выявила в пробах января 2020 г. присутствие только линяющих и недавно перелинявших особей; преобладали особи в стадии линьки, среди них – все ювенильные. Вылов ювенилов именно в состоянии линьки отмечали и другие авторы [14]. Немногочисленные недавно перелинявшие особи обнаружены нами среди самцов (4 % от общего количества) и самок (8 %). Визуально различимые экзопаразиты и эпибионты на экзоскелете особей криля не обнаружены, так же как и типичные заболевания высших раков (панцирная болезнь, болезнь черных жабр).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Получены первые данные по биологии криля, *Euphausia superba* в водах моря Уэдделла – широко и массово распространённого, важнейшего в трофических цепях вод Антарктики вида, ценного промыслового объекта мирового уровня. Соотношение полов в пробах января 2020 г. варьировало: от существенного преобладания ювенильных особей, что летом отмечено многими исследователями, до снижения их доли за счет увеличения доли самок. Самцы в уловах встречались реже особей других половых категорий. Длина тела ювенилов составила менее 29 мм, самцов и самок – более 28 мм, при этом максимальные размеры последних были близки (38–39 мм); средние размеры разнополых особей разных проб не отличались. Масса тела особей криля составила 0,02–0,47 г, описана размерно-массовая зависимость для вида моря Уэдделла. Анализ репродуктивного состояния криля показал преобладание как среди самцов, так и среди самок более мелких особей с неразвитыми гонадами. Оценка состояния экзоскелета выявила преобладание линяющих особей (более 71 %), среди них – все ювенилы; среди самок и самцов отмечались недавно перелинявшие особи. Полученные результаты по биологии криля моря Уэдделла пополнят научные знания этого ценнейшего вида планктонных глубоководных ракообразных вод Антарктики, могут быть практически полезными при планировании его промысла и прогностических анализах.

БЛАГОДАРНОСТИ

Выражаем искреннюю благодарность сотрудникам Института им. Ширшова за переданный материал, светлой памяти Василию Альбертовичу Спиридонову – за литературу и ценные консультации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Антарктический криль: Справочник / Под ред. В. М. Быковой. Москва: Изд-во ВНИРО, 2001. 207 с.
2. Антарктический криль. Перспективы возобновления российского промысла и переработки [Электронный ресурс]. URL: <http://atlant.vniro.ru/index.php/novosti2/item/557-antarkticheskij-kril-perspektivy-vozbobnovleniya-rossijskogo-promysla-i-pererabotki> (дата обращения: 5.05.2022)
3. Буруковский Р. Н. Методика биологического анализа некоторых тропических и субтропических креветок // Промыслово-биологические исследования морских беспозвоночных: сб. научных трудов. – Москва: Изд-во ВНИРО, 1992. С. 77–84.
4. Джонс К., Кавагути С. Криль – биология, экология и промысел // CCAMLR, Комиссия по сохранению морских живых ресурсов Антарктики: справочный портал [Электронный ресурс]. URL: <https://www.ccamlr.org/ru/fisheries/криль---биология-экология-и-промысел> (дата обращения: 2.05.2022)
5. Жук Н. Н., Корзун Ю. В. Результаты работы РКТС «Море Содружества» на промысле антарктического криля (*E. superba*) в Атлантическом секторе Антарктики и его биологическое состояние в зимний сезон 2014 г. // Украинский Антарктический журнал. 2014. №3. С. 140–158.
6. Ломакина Н. Б. Эуфаузииды Мирового океана (Euphausiacea). Москва–ленинград: Наука (Ленинградское отделение), 1978. Вып. 118. 222 с.
7. Макаров Р. Р., Наумов А. Г., Шевцов В. В. Методика сбора и обработки материала по биологии антарктического криля. Москва: ВНИРО, 1982. 65 с.
8. Самышев Э. З. Антарктический криль и структура планктонного сообщества в его ареале. Москва: Наука, 1991. 168 с.
9. Сологуб Д. О. Современные особенности распределения, биологии и горизонтальных миграций антарктического криля (*Euphausia superba*) в Атлантическом секторе Антарктики: дис. ...канд. биол. наук: 03.02.10 / Сологуб Денис Олегович. Москва, 2016. 247 с.
10. Спиридонов В. А., Залота А. К., Яковенко В. А., Горбатенко К. М. Состав популяции и транспорт молоди антарктического криля в районе бассейна Пауэлла // Труды ВНИРО. Москва: Изд-во ВНИРО, 2020. С. 33–47.
11. Стексова В. В. Морфофизиологическое состояние краба-стригуна опилио (*Chionoecetes opilio*; Brachyura: Majidae) в водах Сахалина. Южно-Сахалинск, 2003. 137 с.
12. Сытов А. М., Козлов Д. А. Размерный состав и биологическая характеристика антарктического криля // Труды АтлантНИРО. 2021. Т. 5, № 2(12). С. 101-115.
13. Устищенко Е. А., Карманова И. В., Рязанова Т. В. Воздействие патогенов различной этиологии на камчатского краба *Paralithodes camtschaticus* (Tilesius) в Охотском море // Современное состояние популяций крабов Баренцева моря и их взаимодействие с донными биоценозами: тр. межд. конф. Мурманск, 2006. С. 101–103.
14. Ikeda T. Life history of Antarctic krill *Euphausia superba*: a new look from an experimental approach // Bulletin of marine science. 37(2). 1985. 599 p.
15. Makarov R. R., Denys C. J. Stages of sexual maturity of *Euphausia superba* SCAR, Cambridge // BIOMASS Handbook. 1981. P. 1–13.
16. Melnikov I., Spiridonov V. Antarctic krill under perennial sea ice in the western Weddell Sea [Электронный ресурс] URL: https://www.researchgate.net/publication/248620253_Antarctic_krill_under_perennial_ice_in_the_western_Weddell_Sea (дата обращения: 4.05.2022).

17. Siegel V., Watkins J. L. Distribution, biomass and demography of Antarctic krill, *Euphausia superba*, 2016 // Advances in Polar Ecology. Vol. 1. Biology and ecology of Antarctic krill / Siegel V. (ed.). 2015. P. 21–100.

18. Sologub D. O. Comparison of length frequency distribution of Antarctic krill (*Euphausia superba*) in catches of conventional and continuous fishery techniques [Электронный ресурс] URL: https://www.researchgate.net/publication/268684156_comparison_of_length_frequency_distribution_of_antarctic_krill_euphausia_superba_in_catches_of_conventional_and_continuous_fishery_techniques (дата обращения: 4.05.2022).

A. D. Kolesnikova, student

e-mail: kolesnikova_aleksasha@bk.ru

Kaliningrad State Technical University

S.A. Sudnik, Candidate of Biological Sciences, Associate Professor

e-mail: svetlana.sudnik@klgtu.ru

Kaliningrad State Technical University

The first results on biology of krill, *Euphausia superba*, of the Weddell Sea were presented. It's a mass species of the Antarctic waters, very valuable fishing object of the world level. The comprehensive biological analysis of 80 individuals collected in January 2020 allowed describing the sexual and size composition, body weight and size-weight dependence, reproductive state of 10 males and 14 females. The sex ratio varied, with the usual predominance of juveniles at this time. The total body length of individuals was 13,7–39 mm, with a carapace length of 3,1–15,1 mm. The reproductive system of females and males was poorly developed. Many molting individuals have been noted, among them were all juveniles.

Keywords: *Antarctic krill, Weddell Sea, sex composition, size, body weight, reproduction.*