

Научная статья

УДК 574.2: 574.5: 595.36

DOI 10.46845/1997-3071-2025-78-38-52

**Анализ состава пищи антарктического криля (*Euphausia superba*)
Антарктической части Атлантики**

Александра Дмитриевна Колесникова^{1✉}, Светлана Александровна Судник²

^{1,2} Калининградский государственный технический университет, Калининград, Россия

¹kolesnikova_aleksasha@bk.ru

²svetlana.sudnik@klgtu.ru

Аннотация. В работе представлено комплексное исследование питания антарктического криля (*Euphausia superba*, Dana 1850), представляющего собой важный объект отечественного промысла в районах бассейна Пауэрла и пролива Брансфилд (Антарктического сектора Атлантического океана). В результате комплексного лабораторного анализа исследован материал, включающий 12 проб *E. superba*, общее количество особей составило 2128 экз. (из них 49 % – ювенильные особи, 22 % – самцы, 29 % – самки). На основе анализа 545 желудков криля (все желудки, в которых так или иначе присутствовала пища) летом 2020 г. выявлены основные компоненты рациона: перидиниевые (р. *Peridinium spp.*, частота встречаемости 78 %) и диатомовые (р. *Fragilaria*, р. *Fragilariopsis* и р. *Synedra*) водоросли, веслоногие раки (р. *Calanus sp.*) и планктонные фораминиферы (р. *Foramaminifera*). Особое внимание уделено феномену сезонного каннибализма в период массовой линьки криля (у 17 % рачков обнаружены многочисленные остатки тел родственных особей). Первая оценка связи степени активности питания *E. superba*, стадии линьочного цикла, полового состава и репродуктивного состояния самцов и самок не выявила выраженной связи этих параметров, отмечена общая низкая активность питания особей вида. Исследование подтвердило полифагический характер питания *E. superba*, который активно потребляет доступные фитопланктонные водоросли, дополняя рацион высококалорийной животной пищей (зоопланктоном и родственными особями *E. superba*). Полученные данные расширяют понимание пищевых предпочтений антарктического криля в различные периоды его жизненного цикла.

Ключевые слова: антарктический криль, *Euphausia superba*, состав пищи, стратегии питания, бассейн Пауэрла, пролив Брансфилд, полифаг.

Благодарности: авторы искренне благодарят сотрудников Института океанологии имени П. П. Ширшова РАН за предоставленный материал. Особая благодарность профессору Калининградского государственного технического университета Рудольфу Николаевичу Буруковскому за поддержку в исследовании пищевого состава желудков антарктического криля *E. superba*.

Для цитирования: Колесникова А. Д., Судник С. А. Анализ состава пищи антарктического криля (*Euphausia superba*) Антарктической части Атлантики // Известия КГТУ. 2025. № 78. С. 38–52. DOI 10.46845/1997-3071-2025-78-38-52.

Original article

**Food composition analysis of Antarctic krill (*Euphausia superba*)
from the Antarctic part of the Atlantics**

Aleksandra D. Kolesnikova¹, Svetlana A. Sudnik²

^{1,2} Kaliningrad State Technical University, Kaliningrad, Russia

¹kolesnikova_aleksasha@bk.ru

²svetlana.sudnik@klgtu.ru

Abstract. This paper presents a comprehensive study of Antarctic krill (*Euphausia superba*, Dana 1850) nutrition, which is an important object of domestic fishery in the areas of the Powell Basin and Bransfield Strait (Antarctic sector of the Atlantic Ocean). As a result of complex laboratory analysis, the material including 12 samples of *E. superba* was evaluated, the total number of individuals was 2128 (of which 49% were juveniles, 22% males and 29% females). Based on the analysis of 545 krill stomachs (all stomachs in which food was present in one way or another) in summer 2020, the main diet components were identified: peridinium (g. *Peridinium* spp., frequency of occurrence 78%) and diatom (g. *Fragilaria*, g. *Fragilariopsis* and g. *Synedra*) algae, paddlefish (g. *Calanus* sp.) and planktonic foraminifera (g. *Foramenifera*). Particular attention was paid to the phenomenon of seasonal cannibalism during the mass moult of krill (17% of the crustaceans were found to have numerous remains of the bodies of related individuals). The first assessment of the relationship between the degree of feeding activity of *E. superba*, larval cycle stage, sex composition and reproductive state of males and females did not reveal a pronounced relationship between these parameters, the overall low feeding activity of individuals of the species in the summer of 2020 was noted. The study confirmed the polyphagous nature of the diet of *E. superba*, which actively consumes available phytoplanktonic wo-weeds, supplementing the diet with high-calorie animal food (zooplankton and related individuals of *E. superba*). The data obtained expand the understanding of food preferences of Antarctic krill at different periods of its life cycle.

Keywords: Antarctic krill, *Euphausia superba*, food composition, feeding strategy, Powell Basin, Bransfield Strait, stomach, polyphagous.

Acknowledgments: The authors would like to express their sincere gratitude to the staff of the P.P. Shirshov Institute of Oceanology of the Russian Academy of Sciences for the material provided. Special thanks are expressed to Rudolf Nikolaevich Burukovsky, Professor of the KSTU, for support in the study of the food composition of the stomachs of Antarctic krill *E. superba*.

For citation: Kolesnikova A. D., Sudnik S. A. Food composition analysis of Antarctic krill (*Euphausia superba*) from the Antarctic part of the Atlantics. *Izvestiya KGTU = KSTU News*. 2025; (78): 38–52. (In Russ.). DOI 10.46845/1997-3071-2025-78-38-52.

ВВЕДЕНИЕ

Эуфаузиевые раки представляют собой сравнительно небольшой отряд ракообразных, включающий всего 86 видов, однако они широко распространены в Мировом океане и играют важную роль в морских экосистемах. Среди эуфаузиид имеется значительное число массовых форм, представленных громадным количеством особей [1].

Антарктический криль (*Euphausia superba*, Dana 1850) – высокоценный ресурс Атлантики и один из самых экологически чистых высокобелковых пищевых продуктов на планете. По сочетанию потенциала вылова и потребительских свойств он считается крупнейшим (более 300 млн т) и самым перспективным биоресурсом Мирового океана. Возобновление масштабного промысла криля – одна из важных задач по расширению ресурсной базы отечественного рыболовства [2]. В настоящее время в вылове криля ежегодно участвуют 11–14 судов разных стран, фактический ежегодный вылов составляет менее 8 % от его общего допустимого вылова (5,61 млн. т) [3].

Представители *E. superba* дрейфуют в водах в форме массовых скоплений, плотность которых достигает 20–30 тыс. экз./м³. Чаще всего рачки встречаются на глубине 100–200 м, но в осенний сезон опускаются глубже [4].

Криль – незаменимое звено в пастбищных цепях питания, основной источник пищи для морских птиц и млекопитающих. Ввиду уникального химического состава, высокой питательной ценности и легкости добычи скоплений вид *E. superba* приобрел значимость в качестве сырьевого ресурса для пищевой промышленности, биотехнологических разработок, фармацевтики и аквакультуры.

E. superba отличается самой большой среди видов семейства Euphausiacea поверхностью фильтрующего аппарата, что позволяет ему эффективно питаться нано- и микропланктоном и достигать значительных темпов роста. Хотя фитопланктон (в частности диатомовые водоросли) – основной продукт питания, протейшие и мелкие веслоногие рачки потребляются крилем в пищу и представляют собой важный дополнительный источник энергии круглый год [1].

Несмотря на многочисленные исследования биологии антарктического криля как ценного и перспективного промыслового объекта, его питание в исследуемых важных промысловых районах не изучено. Основные литературные данные о составе пищи в желудках особей криля устарели и требуют современных уточнений и дополнений [1–7].

В настоящей статье представлены результаты исследований, посвященные изучению пищевого рациона антарктического криля *E. superba* в двух важных промысловых районах Южной Атлантики. В работе использована уникальная методика анализа питания гидробионтов.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Проанализирован материал, включающий 12 проб *E. superba*, общее количество – 2128 особей. Материал был собран сотрудниками Института океанологии им. П. П. Ширшова в ходе 79-й экспедиции научно-исследовательского судна

«Академик Мстислав Келдыш» в январе–начале февраля 2020 г. Отбор проб осуществлялся в районе бассейна Пауэлла и пролива Брансфилд, разделяющего Южные Шетландские острова и Антарктический полуостров (табл. 1, рис. 1).

В ходе исследования были задействованы различные орудия лова, среди которых разноглубинные тралы Айзекса-Кидда в модификации Самышева и Асеева (РТАКСА), а также трал Сигсби. Для отлова значительного количества молоди применялись сети Бонго и Джели. Сбор материала осуществлялся с глубин от 200 до 50 м и от 50 до 0 м при использовании формальдегида (4–6 %).

Таблица 1. Материал для исследования питания антарктического криля, 2020 г.
Table 1. Material for the study of Antarctic krill nutrition, 2020

Место сбора	Дата	Станция	Орудие лова	Глубина, м	Фиксация	Количество особей, экз.
Пролив Брансфилд	21.01	6589	сеть Бонго	223	р-р формальдегида 4–6 %	250
		6591		237		78
	29.01	6614		265		60
	31.01	6618		235		107
Бассейн Пауэлла	23.01	6597	трал Айзекса-Кидда	220		82
	25.01	6601		234		54
		6602		219		132
	26.01	6604	трал Сигсби	242		30
	28.01	6607	сеть Джели	216		187
		6609	сеть Бонго	265		321
	31.01	6617		265		636
	01.02	6619	трал Айзекса-Кидда	269		191
ИТОГО						2128

До исследования содержимого желудков ракообразные подвергались лабораторному биологическому анализу по оригинальной методике [6, с коррекцией], включающему в том числе определение пола особей, их общей длины тела, стадии зрелости самцов и самок по первичным и вторичным половым признакам.

Оценка состояния экзоскелета особей (степени его твердости, соответствующей стадии линочного цикла) проводилась по 3-балльной шкале:

стадия 1 – линяющие особи, не имеющие панциря или с чрезвычайно тонким и мягким панцирем;

стадия 2 – особи, недавно совершившие линьку, с чистым, упругим панцирем, который легко прогибается при нажатии;

стадия 3 – межлиночные особи с утолщенным, негибким панцирем, на котором могут присутствовать эпибионты.

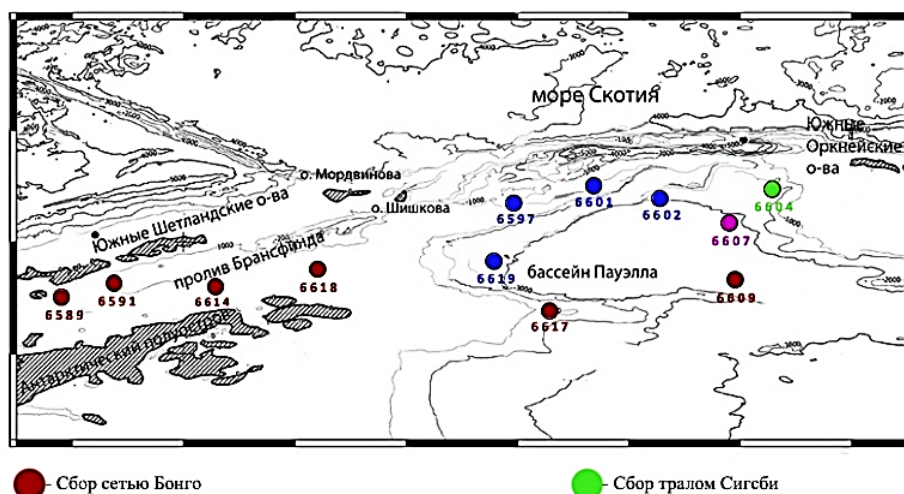


Рис. 1. Карта сбора проб антарктического криля *Euphausia superba* в Антарктическом секторе Атлантики (ориг.)

Fig. 1. Map of Antarctic krill *Euphausia superba* sample collection in the Antarctic sector of the Atlantic (orig.)

Степень наполнения желудка рачков определялась по 5-балльной шкале (табл. 2) [8, с ориг. дополнением]. В случаях низкого уровня наполнения (баллы 1 и 2) определялся исключительно состав потребленной пищи. В желудках, заполненных более чем наполовину (баллы 3 и 4), проводилась визуальная оценка объемных соотношений компонентов пищевого комка с точностью до 10 % [8].

Таблица 2. Шкала для определения степени наполнения желудка ракообразных
Table 2. Scale for determining the degree of stomach fullness in crustaceans.

Описание	Балл
Желудок пустой	0
Желудок наполнен пищей менее чем на 50 %	1
Желудок наполнен пищей примерно на 50 %	2
Желудок наполнен пищей более чем на 50 %	3
Желудок полностью наполнен пищей	4

При анализе состава пищи образец пищевого комка, выбранный из желудка особи, на чашке Петри помещался в каплю воды. Во всех желудках с содержимым, независимо от степени наполнения, рассчитывались следующие показатели: 1) частота обнаружения каждого компонента пищи (представленная в процентах от общего числа исследованных желудков с пищей, в которых был идентифицирован данный компонент); 2) доля данного компонента в объеме усредненного виртуального пищевого комка (в %), что позволяло оценить его значение в рационе *E. superba*. Виртуальный пищевой комок представляет собой совокупность средних долей каждого компонента пищевого комка, выраженную в процентах от общего объема [8]. Определение видовой принадлежности остатков пищи выполнено с использованием ряда определителей [9–11], номенклатура таксонов – по [12].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Краткая биологическая характеристика исследованных особей

В общем среди исследованных 2128 рачков, собранных летом 2020 г. в бассейне Пауэлла и проливе Брансфилд, численно доминировали ювенильные особи (49 %), доля самок и самцов была в 1,6–2,2 раза меньше. Общая длина тела (ДТ) ювенильных особей составила 13,2–32,0 мм ($25,4 \pm 1,5$ мм), самок – 26,9–47,3 мм ($35,8 \pm 2,8$ мм), самцов – 27,0–50,2 мм ($37,4 \pm 3,1$ мм).

*Питание *E. superba*, особенности и состав пищи*

Анализ содержания желудков у 545 исследованных особей показал, что у большинства степень наполнения желудка не превышала 50 %. У 27 % особей желудка были заполнены приблизительно наполовину. Степень наполнения желудка более 50 % отмечена у 8 % исследованных рачков, а у 2 % ракообразных желудка были полностью заполнены пищей. На основании данных, представленных на рис. 2, можно увидеть, что у многих ювенильных особей в желудках было мало пищи (балл наполнения 1).

Среди самцов и самок полупустые желудки чаще имели особи с неразвитой и слабо развитой репродуктивной системой (42–64 %), нежели созревающие и зрелые самцы и созревающие и предзрелые самки (суммарная доля 10–31 %). У большей части ювенильных особей, как у самцов и самок со слабо развитой репродуктивной системой (доли 13 % и 6 % соответственно), желудки были наполнены пищей примерно наполовину. Аналогичной была картина у двух созревающих самок. Единичные ювенильные особи, часть самцов и самок на стадиях зрелости II и III имели практически полный желудок (3 балла). Полностью наполненные желудки наблюдались только у единичных самок.

Связь состояния покровов и питания криля

На основании установленной для некоторых десятиногих ракообразных корреляции между линочным циклом и интенсивностью питания [13–15] была проведена первичная оценка взаимосвязи между степенью наполнения желудка и стадией линочного цикла у 545 особей криля разного пола и в различном репродуктивном состоянии. В пробах, собранных в январе–феврале 2020 г., были обнаружены как линяющие особи, так и рачки в межлиночном состоянии, при этом степень наполнения желудка варьировала. Все исследованные ювенильные особи находились в состоянии линьки, при этом у большинства из них желудки были полупустыми, у многих других особей – наполнены пищей наполовину, а у единичных (4 %) – практически полными (табл. 3).

Наименьшей активностью питания (баллы наполнения 1–2) отличались многие самцы и самки со слабо развитой репродуктивной системой, реже – в начале созревания. Всего пять линяющих особей (репродуктивно слабо развитые самки – стадия II) можно было отнести к сытым и наиболее активно питающимся.

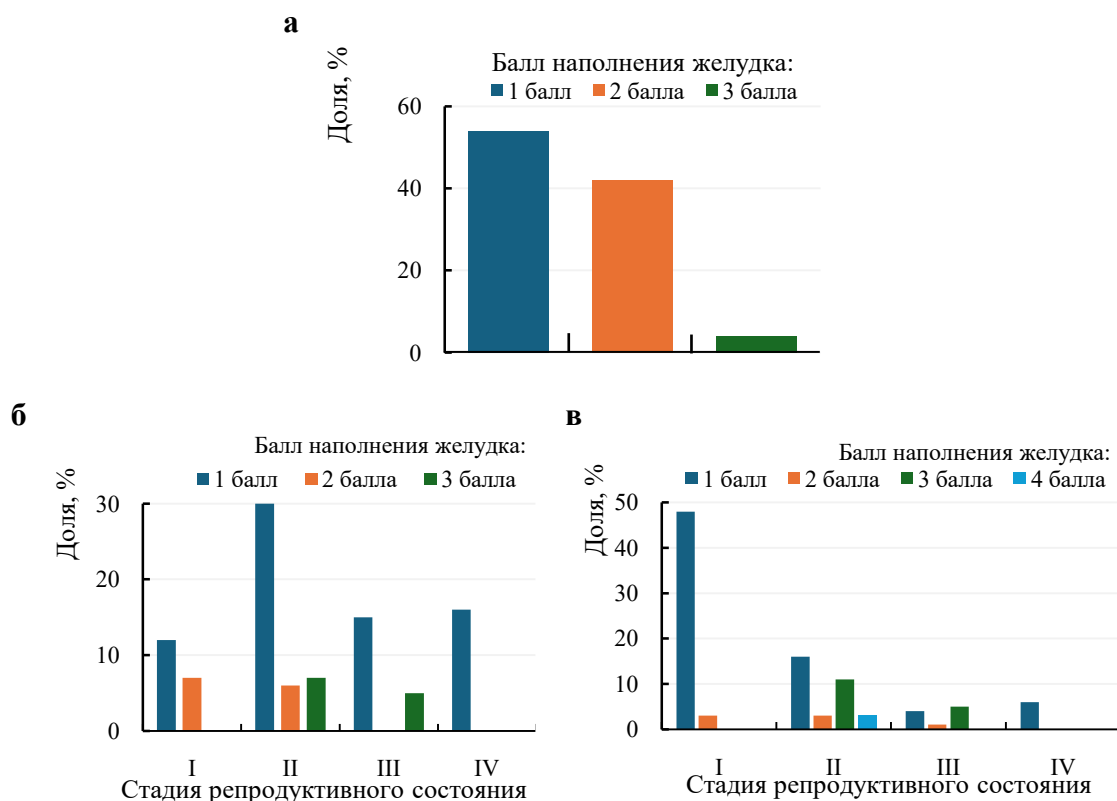


Рис. 2. Связь активности питания (степени наполнения желудков 1–4 балла) и репродуктивного состояния у *Euphausia superba*: а – ювенильные особи; б – самцы; в – самки (стадии зрелости гонад: I–IV у самцов и I–IV у самок)

Fig. 2. Relationship between feeding activity (stomach fullness – 1–4 points) and reproductive condition in *Euphausia superba*: а – juveniles; б – males; в – females (gonads maturity stages: I–IV in males and I–IV in females)

Небольшое количество созревающих и зрелых самцов и созревающих и предзрелых самок было обнаружено в межлиночном состоянии. Это может указывать на то, что, подобно многим видам креветок [16], самки и самцы антарктического криля в период созревания гонад прекращают линьку и рост, сосредотачиваясь на репродуктивных процессах. Большинство особей в межлиночном состоянии имели слабо заполненные желудки (1 балл), лишь у пяти самок, находящихся на ранней стадии созревания, желудки были почти полностью или полностью наполнены пищей.

Состояние желудков у большинства ювенильных особей, самцов и самок демонстрировало общую низкую активность питания как у линяющих рачков, так и у особей в межлиночном состоянии. Возможно, это обусловлено общими для популяции криля факторами, влияющими на пищевое поведение ракообразных. Можно отметить, что малочисленные предзрелые и зрелые самцы и предзрелые самки чаще демонстрировали низкую активность питания.

Таблица 3. Связь степени наполнения желудка особей *E. superba*, стадии личиночного цикла, пола и репродуктивного состояния самцов и самок, бассейн Пауэлла, пролив Брансфилд, 2020 г.

Table 3. Relationship of stomach filling rate of *E. superba* individuals, larval cycle stage, sex and reproductive condition of males and females, Powell Basin, Bransfield Strait, 2020

Пол	Стадия личиночного цикла / длина тела, мм	Стадия зрелости гонад	Количество особей (N, экз.; доля, %) с разной степенью наполнения желудка								Всего N, экз.
			1 балл		2 балла		3 балла		4 балла		
			N	%	N	%	N	%	N	%	
Ювениль-ные особи	линяющие / 13,2-32,1	—	158	54	125	42	9	4	—	—	292
Самцы	линяющие / 27,0-48,3	I	12	12	7	7	—	—	—	—	97
		II	29	30	6	6	7	7	—	—	
		III	8	8	—	—	5	5	—	—	
		IV	—	—	—	—	—	—	—	—	
	в межличин-ном состоя-нии / 36,1-50,2	I	—	—	—	—	—	—	—	—	
		II	—	—	—	—	—	—	—	—	
		III	7	7	—	—	—	—	—	—	
		IV	16	17	—	—	—	—	—	—	
Самки	линяющие / 26,9-42,1	I	75	47	5	3	—	—	—	—	156
		II	23	14	4	3	17	11	5	3	
		III	3	2	—	—	4	3	—	—	
		IV	—	—	—	—	—	—	—	—	
	в межличин-ном состоя-нии / 35,0-47,3	I	—	—	—	—	—	—	—	—	
		II	—	—	—	—	—	—	—	—	
		III	5	2	2	1	3	2	—	—	
		IV	10	6	—	—	—	—	—	—	

Состав пищи: все пищевые объекты, встреченные в желудках *E. superba*, показаны в табл. 4.

В рационе криля можно выделить группы объектов, отличающихся по степени их значимости, определенной на основе частоты встречаемости в желудках. В числе доминирующих объектов выделялись перидиниевые водоросли рода *Peridinium* (см. табл. 4; рис. 3а). Часто встречались диатомовые водоросли родов *Fragilaria* (в том числе *Fragilaria capucina* (Kützinger) Lange-Bertalot, 1980 и *F. curta* Skvortzow, 1936) и *Synedra* (*S. ulna* (Nitzsch) Ehrenberg, 1836) (рис. 3ж, 3з). Среди обнаруженных объектов питания диатомовые водоросли рода *Actinocyclus* и веслоногие ракообразные рода *Calanus* встречались примерно в два раза реже.

Исследование пищевого рациона криля выявило интересные особенности его питания, подтверждающие существование каннибализма в популяции, особенно в периоды массовой линьки, что было отмечено ранее другими авторами [1]. В ходе анализа содержимого желудков у 17 % рачков обнаружены многочисленные остатки тел других особей *E. superba*. Эти остатки включали фрагменты

карапакса, тельсона, плавательных ног (плеоподов) и значительное количество фильтрующих щетинок.

Остальные объекты, встречающиеся реже, чем доминирующие, классифицировались как редкие или случайные. К ним относятся диатомовые водоросли родов *Distephanus*, *Rhizosolenia*, *Chaetoceros*, *Coscinodiscus*, *Navicula*, *Stephanopyxis*, *Asteromphalus*, *Skeletonema* (предположительно *S. costatum* (Greville) Cleve, 1873), веслоногие рачки рода *Cyclops*, в частности вид *Oittonida atlantica*, а также форамениферы из рода *Globigerina*. Стоит отметить, что зоопланктонные членистоногие никогда не обнаруживались в желудках целиком, присутствовали лишь фрагментированные части тел – сегменты абдомена, обрывки антенн, фуркальные ветви со щетинками, грудные и брюшные плавательные ножки. Сильное повреждение этих фрагментов затрудняло точное определение видовой принадлежности.

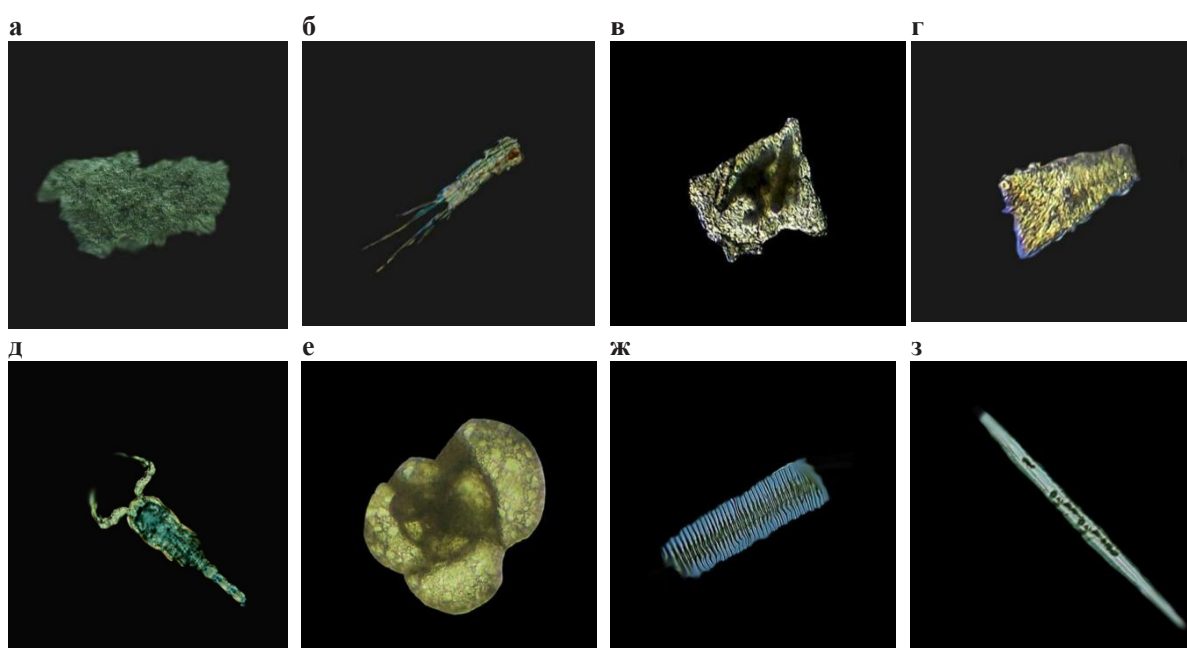


Рис. 3 Объекты пищи *Euphausia superba* [ориг.]

а – пучки перидиниевых водорослей р. *Peridinium*; б – фрагменты ракообразного р. *Cyclops*; в, г – песчинки крупным планом; д – представитель ракообразного *Oittonida atlantica*; е – представитель морских раковинных амёб р. *Globigerina*; ж – диатомовая водоросль *Fragilaria capucina* var. *vaucheriae*; з – диатомовая водоросль *Synedra ulna*

Fig. 3 Food objects of *Euphausia superba* [orig.]

а – assemblage of peridinium algae of (*Peridinium*); б – fragments of crustacean r. *Cyclops*; в, г – close-up of sand grains; д – representative of crustacean *Oittonida atlantica*; е – representative of marine shell amoebae *Globigerina*; ж – diatom alga *Fragilaria capucina* var. *vaucheriae*; з – diatom alga *Synedra ulna*

В части исследованных образцов были обнаружены неопознанные органические структуры. Эти фрагменты (обрывки тел, части панцирей) не поддались таксономической идентификации, и их пищевая ценность остается неизвестной.

В 8 % образцов присутствовали песчинки – несъедобные остатки. Размер песчинок варьировал от 1 до 20 μm . Попадание песчинок в пищеварительный тракт пелагических видов криля, вероятнее всего, носит случайный характер. Гипотеза о связи наличия песчинок с частыми сильными штормами в Антарктическом секторе Атлантики, во время которых криль захватывает песчинки вместе с пищей, подтверждается исследованиями других ученых [5] (рис. 3в, 3г).

Таблица 4. Состав пищи у особей *E. superba*, бассейн Пауэлла, пролив Брансфилд, 2020 г.

Table 4. Food composition of *E. superba* individuals, Powell Basin, Bransfield Strait, 2020

Пищевой объект		Частота встречаемости объекта, %	Количество особей объекта, экз. (диапазон ($m \pm sd$))	Доля объекта в объеме усредненного виртуального пищевого комка, %	
название	таксон			диапазон	m
<i>Peridinium</i> spp. Ehrenberg, 1830	Peridinea	72,1	18–57 (29 ± 2)	14,3–42,2	28,3
<i>Fragilaria</i> spp. Lyngbye, 1819	Bacillariophyta	60,5	19–27 (23 ± 2)	9,5–24,9	17,2
<i>Synedra</i> spp. Ehrenberg, 1830	Bacillariophyta	47,8	8–15 (11 ± 1)	8,7–12,5	10,6
<i>Actinocyclus</i> spp. Ehrenberg, 1837	Bacillariophyta	32,3	9–14 (11 ± 2)	7,1–9,2	8,2
<i>Calanus</i> spp. Leach, 1816	Copepoda	29,1	5–7 (6 ± 1)	5,0–7,2	6,1
<i>Euphausia</i> spp. Dana, 1850	Euphausiacea	17,2	4–9 (6 ± 1)	4,8–7,0	5,9
<i>Distephanus</i> spp. E. Stöhr, 1880	Bacillariophyta	14,3		2,9–6,1	4,5
неопределенные органические остатки	—	11,5	—	—	—
<i>Skeletonema</i> spp. Greville, 1865	Bacillariophyta	11,2	1–3 (2 ± 1)	1,6–4,9	3,2
<i>Rhizosolenia</i> spp. Brightwell, 1858	Bacillariophyta	10,9	4–6 (4 ± 1)	2,7–3,5	3,1
<i>Chaetoceros</i> spp. Ehrenberg, 1844	Bacillariophyta	9,7	2–4 (3 ± 1)	1,1–4,6	2,8
<i>Otonida atlantica</i> Farran, 1908	Copepoda	8,6	4–6 (3 ± 1)	1,9–3,2	2,6
<i>Coscinodiscus</i> spp. Ehrenberg, 1839	Bacillariophyta	8,1	1–6 (3 ± 1)	1,3–2,6	1,9

<i>Navicula</i> spp. Saint-Vincent, 1822	Bacillariophyta	7,0	2–4 (3±1)	1,4–1,8	1,6
<i>Cyclops</i> spp.	Copepoda	6,7	1–6 (3±1)	0,9–2,2	1,5
<i>Stephanopyxis</i> spp. Ehrenberg, 1845	Bacillariophyta	5,4	1–3 (2±1)	0,8–1,2	1,0
<i>Globigerina</i> spp. d'Orbigny, 1826	Foramenifera	4,9	1–2	0,5–1,1	0,8
<i>Asteromphalus</i> spp. Ehrenberg, 1844	Bacillariophyta	3,9		0,6–0,9	0,7

Примечание: m – среднее значение; sd – стандартное отклонение.

Анализ пищевого комка

Более детальный анализ пищевого комка показал, что основу рациона *E. superba* составляют фитопланктонные водоросли. Наиболее значительную долю в пищевом комке занимали водоросли рода *Peridinium*, известные своей высокой питательной ценностью и распространенностью в антарктических водах. За ними следовали диатомовые водоросли, с преобладанием представителей родов *Fragilaria* и *Synedra* (табл. 4). Таким образом, водоросли различных видов являются главным источником пищи для антарктического криля, обеспечивая его необходимыми питательными веществами. Небольшая, но все же значимая доля пищевого комка состояла из остатков родственных особей *E. superba*.

Остальная часть комка (0,8–7 %) содержала разнообразные органические остатки. К ним относятся фрагменты веслоногих рачков родов *Calanus* и *Cyclops* – важных представителей зоопланктона в антарктической экосистеме (более крупных и калорийных пищевых объектов, не считая родственных особей). Также были обнаружены фрагменты различных видов диатомовых водорослей. В пищевых комках присутствовали фораминиферы рода *Globigerina* – одноклеточные организмы, играющие важную роль в морских пищевых цепях. Среди других найденных компонентов – веслоногие рачки рода *Oithona*, а также неопределенные органические остатки и минеральные песчинки.

Сравнительный анализ пищевых предпочтений антарктического криля с другими видами семейства Euphausiidae оказался затруднён из-за недостаточного количества исследовательских данных. Наиболее полные сведения имеются для видов *Thysanoessa taschii* (M. Sars, 1863) и *T. inermis* (Krøyer, 1846) Японского моря. Анализ их рациона показал преобладание диатомовых и нитчатых водорослей, планктонных ракообразных, динофлагеллят и инфузорий [1].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Настоящее исследование расширило понимание пищевых предпочтений *E. superba*, обитающего в важных промысловых районах бассейна Пауэрла и пролива Брансфилд. В летний период 2020 г. было установлено, что основу рациона криля составляют различные виды планктонных водорослей, преимущественно перидиниевые (*Peridinium*), с частотой встречаемости 72 % и долей до 28 % в пищевом комке, а также диатомовые водоросли родов *Fragilaria*, *Fragilariopsis* и *Synedra* (частота 47–60 %, доля 10–17 %).

Примечательно, что в период массовой линьки в рационе криля отмечен выраженный каннибализм (17 % образцов, до 6 % в пищевом комке), что объясняется высокой энергетической ценностью линяющих сородичей (крупные, обильные и легкодоступные линяющие особи представляют собой высокобелковый источник питания). В меньших количествах (4–14 % по частоте встречаемости и 0,7–4,5 % по объему) в рационе присутствовали другие виды диатомовых водорослей, веслоногие раки и фораминиферы, что подтверждает полифагический характер питания вида.

Анализ показал низкую общую активность питания криля независимо от пола (у 85 % самцов и 81 % самок был низкий уровень наполнения желудков). Отмечено, что особи с гонадами на ранних стадиях созревания чаще имели наполненные желудки (62 % самцов и 84 % самок), тогда как у зрелых особей процент наполненности желудков существенно снижался (36 % самцов и 16 % самок).

Таким образом, *E. superba* демонстрирует адаптивный характер питания, основанный на потреблении наиболее доступных и энергоемких пищевых ресурсов, с сезонными изменениями рациона, включающими каннибализм в период линьки, и снижением пищевой активности в период полового созревания.

При планировании сроков промысла криля следует учитывать возможную в периоды его активного питания фитопланктоном разнокачественность сырья – из-за накопления тканями тела хлорофилла может меняться цвет и химический состав сырья, что важно, так как при производстве пищевой продукции криль-сырец подвергается обязательной сортировке в соответствии с качеством, смешивание различных партий по качеству запрещается. Результаты анализа роли фитопланктона в питании рачков, в том числе во временном аспекте, способны составить часть рекомендаций о целесообразности проведения промысла антарктического криля в определенные периоды времени.

Работа была выполнена в рамках индивидуального плана научно-исследовательской работы Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Калининградский государственный технический университет» «Систематика, зоогеография и экология ракообразных Мирового океана», зарегистрированного под номером 13.13.029.2 (ОНИОКР УНИД КГТУ). Исследование также было проведено в рамках научного сотрудничества и по заказу Института океанологии Российской академии наук, г. Москва.

Список источников

1. Пономарева, Л. А. Эвфаузииды антарктических вод / Л. А. Пономарева. – Калининград: Изд-во АтлантНИРО, 1969. – 50 с. – ISBN 5-0200-5379-1.
2. Касаткина, С. М. Биомасса и распределение антарктического криля в Антарктической части Атлантики в январе–феврале 2020 года / С. М. Касаткина, А. М. Абрамов, М. Ю. Соколов // Труды АтлантНИРО. – 2021. – Т. 5, № 2. – С. 49–61. – ISBN 2541-9692.
3. Kasatkina, S. M. Characteristics of the Antarctic krill (*Euphausia superba*) fishery (2010 to 2022) in the Atlantic Antarctic Area. Prospects for the development of

the Russian krill fishery / S. M. Kasatkina, K. V. Bandurin // Fisheries. – 2023. – V. 1. – С. 7–15.

4. Быкова, В. М. Антарктический криль / В. М. Быкова; под ред. В. М. Быковой. – Москва: Изд-во ВНИРО, 2001. – 207 с. – ISBN 5-85382-231-4.

5. Павлов, В. Я. Морские биологические ресурсы Антарктики / В. Я. Павлов // Труды ВНИРО. – Москва: Пищевая промышленность, 1969. – Т. 66. – С. 206–22. – ISBN 656-291.

6. Судник, С. А. Комплексная методика лабораторного анализа криля *Euphausia superba* (Dana, 1850) (Euphausiacea: Euphausiidae) / С. А. Судник, А. Д. Колесникова // Всерос. науч.-практич. конф. (6 фев. 2022): материалы. – Ульяновск: УГПУ им. И. Н. Ульянова, 2022. – С. 225–233.

7. Методические указания по сбору и первичной обработке в полевых условиях материалов по биологии и распределению антарктического криля / сост. Р. Р. Макаров, М. В. Серебрякова, В. А. Спиридонов, В. В. Шевцов. – Москва: ВНИРО, 1982. – 102 с. – ISBN 3-633-941.

8. Буруковский, Р. Н. Креветки: состав пищи и пищевые взаимоотношения / Р. Н. Буруковский. – Санкт-Петербург: Проспект Науки, 2022. – 568 с. – ISBN 978-5-6046442-5-6.

9. Быховский, Б. Е. Полевой определитель планктона / Б. Е. Быховский. – Москва: Изд-во Зоологич. инст. АН СССР, 1984. – 178 с.

10. Динофлагелляты (Dinophyta) дальневосточных морей России и сопредельных акваторий Тихого океана / под ред. Г. В. Коноваловой. – Москва: Изд-во РАН, 1998. – 297 с. – ISBN 5-7442-1102-0.

11. Гогорев, Р. М. Таксономический состав планктонных и ледовых водорослей в водах Антарктики (по результатам исследований в 2006–2007 гг.) / Р. М. Гогорев // Новости систематики низших растений. – 2009. – С. 36. – ISBN 978-5-87317-619-9.

12. WoRMS Editorial Board (2025). World Register of Marine Species. – URL: <https://www.marinespecies.org> (дата обращения: 28.01.2025).

13. Distribution and demography of Antarctic krill and salps in the Atlantic sector of the Southern Ocean during austral summer 2021–2022 / D. G. Bitiutskii, E. Z. Samyshev, N. I. Minkina [et. al.] // Water. – 2022. – V. 12, N 14. – P. 1–21.

14. Macro- and mesozooplankton in the Powell Basin (Antarctica): Species Composition and Distribution of Abundance and Biomass in February 2020 / V. A. Yakovenko, V. A. Spiridonov, K. M. Gorbatenko [et. al.] // Antarctic Peninsula Region of the Southern Ocean. – 2021. – P. 409–420.

15. Solomatina, A. S. Trace element concentration in Antarctic krill reflecting their distribution in the Weddell Sea / A. S. Solomatina, L. L. Demina, V. A. Spiridonov // Russian Journal of Earth Sciences. – 2021. – V. 21, N 4. – P. 12.

16. Судник, С. А. О связи линчного и репродуктивного циклов у самок креветок (Crustacea, Decapoda, Natantia) // IX Всерос. науч. конф. (26. сент. 2013 г.): материалы. – Калининград: Калининградский государственный технический университет, 2013. – С. 290–293.

References

1. Ponomaryova L. A. *Evfauziidy antarkticheskikh vod* [Euphausiids of Antarctic waters]. Kaliningrad, AtlantNIRO Publ., 1969. 50 p.
2. Kasatkina S. M., Abramov A. M., Sokolov M. Y. Biomassa i raspredelenie antarkticheskogo krilya v Antarkticheskoy chasti Atlantiki v yanvare–fevrale 2020 goda [Biomass and distribution of Antarctic krill in the Antarctic part of the Atlantic in January–February 2020]. *Trudy AtlantNIRO* [Proceedings of AtlantNIRO]. 2021, vol. 5, no. 2, pp. 49–61.
3. Kasatkina S. M., Bandurin K. V. Characteristics of the Antarctic krill (*Euphausia superba*) fishery (2010 to 2022) in the Atlantic Antarctic Area. Prospects for the development of the Russian krill fishery. *Fisheries*, 2023, vol. 1, pp. 7–15.
4. Bykova V. M. *Antarkticheskiiy kril'* [Antarctic krill]. VNIRO Publ., 2001, 207 p.
5. Pavlov V. Ya. Morskije biologicheskie resursy Antarktiki [Marine biological resources of the Antarctic]. *Trudy VNIRO* [Proceedings of VNIRO]. Moscow, Pishchevaya promyshlennost', 1969, vol. 66, pp. 206–22.
6. Sudnik S. A., Kolesnikova A. D. Kompleksnaya metodika laboratornogo analiza krilya *Euphausia superba* (Dana, 1850) (Euphausiacea: Euphausiidae) [Complex methodology of laboratory analysis of krill *Euphausia superba* (Dana, 1850) (Euphausiacea: Euphausiidae)]. *Vseros. nauch.-praktich. konf. (6 fev. 2022): materialy* [All-Russian Scientific and Practical Conference (February 6, 2022): materials]. Ul'yanovsk, UGPU im. I. N. Ul'yanova, 2022, pp. 225–233.
7. Makarov R. R., Serebryakova M. V., Spiridonov V. A., Shevtsov V. V. *Metodicheskie ukazaniya po sboru i pervichnoy obrabotke v polevykh usloviyakh materialov po biologii i raspredeleniyu antarkticheskogo krilya* [Guidelines for the collection and primary processing in the field of materials on the biology and distribution of Antarctic krill]. VNIRO Publ., 1982, 10 p.
8. Burukovskiy R. N. *Krevetki: sostav pishchi i pishchevye vzaimootnosheniya* [Shrimp: food composition and nutritional relationships]. Saint-Petersburg, Prospekt Nauki Publ., 2022, 568 p.
9. Bykhovskiy B. E. *Polevoy opredelitel' planktona* [Plankton field detector]. Moscow, Zoologich. inst. AN SSSR Publ., 1984, 178 p.
10. Dinoflagellyaty (Dinophyta) dal'nevostochnykh morey Rossii i sopredel'nykh akvatoriy Tikhogo okeana. Pod red. G. V. Konovalovoy [Dinoflagellates (Dinophyta) of the Far Eastern seas of Russia and adjacent waters of the Pacific Ocean. Ed. G. V. Konovalova]. Moscow, 1998. 297 p.
11. Gogorev R. M. Taksonomicheskiiy sostav planktonnykh i ledovykh vodorosley v vodakh Antarktiki (po rezul'tatam issledovaniy v 2006–2007 gg.) [Taxonomic composition of planktonic and ice algae in Antarctic waters (based on research results in 2006–2007)]. *Novosti sistematiki nizshikh rasteniy*. 2009, p. 36.
12. WoRMS Editorial Board (2025). World Register of Marine Species. Available at: <https://www.marinespecies.org> (accessed 03 March 2025).
13. Bitiutskii D. G., Samyshev E. Z., Minkina N. I. [et. al.]. Distribution and demography of Antarctic krill and salps in the Atlantic sector of the Southern Ocean during austral summer 2021–2022. *Water*. 2022. V. 12, N 14. P. 1–21.

14. Yakovenko V. A., Spiridonov V. A., Gorbatenko K. M. [et. al.]. Macro- and Mesozooplankton in the Powell Basin (Antarctica): Species Composition and Distribution of Abundance and Biomass in February 2020. *Antarctic Peninsula Region of the Southern Ocean*. 2021. P. 409–420.

15. Solomatina A. S., Demina L. L., Spiridonov V. A. Trace element concentration in Antarctic krill reflecting their distribution in the Weddell Sea. *Russian Journal of Earth Sciences*. 2021. V. 21. N 4. P. 12.

16. Sudnik S. A. O svyazi linochnogo i reproduktivnogo tsiklov u samok kreve-tok (Crustacea, Decapoda, Natantia) [On the relationship between lineage and reproductive cycles in female shrimp (Crustacea, Decapoda, Natantia)]. *IX Vseros. nauch. konf. (26. sent. 2013 g.): materialy* [IX All-Russian Scientific Conference (25-26.09.2013): materials]. Kaliningrad, Kaliningrad State Technical University. 2013, pp. 290–293.

Информация об авторах

А. Д. Колесникова – магистрант кафедры водных биоресурсов и аквакультуры

С. А. Судник – кандидат биологических наук, доцент кафедры водных биоресурсов и аквакультуры

Information about the authors

A. D. Kolesnikova – Undergraduate student of the Department of Aquatic Bioresources and Aquaculture

S. A. Sudnik – Candidate of Biological Sciences, Associate Professor of the Department of Aquatic Bioresources and Aquaculture

Статья поступила в редакцию 17.06.2025; одобрена после рецензирования 27.06.2025; принята к публикации 01.07.2025.

The article was submitted 17.06.2025; approved after reviewing 27.06.2025; accepted for publication 01.07.2025.