



Потенциал неиспользуемых морских источников кормового белка и липидов. Часть 1

Научная статья
УДК 639.22/.23

<https://doi.org/10.36038/0131-6184-2026-1-23-36>
EDN: QMGYXC

Агеев Андрей Владимирович – эксперт в области экономики рыболовства, ООО «С1БиоИнженерия», Москва, Россия
E-mail: aageev57@mail.ru

Захарцев Максим Владимирович – кандидат биологических наук, ФИЦ «Биотехнология» РАН, Москва, Россия
E-mail: maksim.zakhartsev@c1bioengineering.ru

Зиланов Вячеслав Константинович – кандидат биологических наук, профессор, Почетный доктор МАУ, академик МАНЭБ, Москва, Россия
E-mail: vkzilan@mail.ru

Адреса:

1. ООО «С1БиоИнженерия» – 119071, Россия, г. Москва, Ленинский проспект, дом 33, стр. 2
2. Федеральное государственное учреждение «Федеральный исследовательский центр «Фундаментальные основы биотехнологии» Российской академии наук – 119071, Россия, г. Москва, Ленинский проспект, дом 33, стр. 2
3. ФГАУ ВО «Мурманский арктический университет» – Россия, 83038, г. Мурманск, ул. Капитана Егорова, д. 15

Аннотация. В статье анализируются возможности увеличения вылова неиспользуемых промыслом водных биологических ресурсов (далее – ВБР), таких как зоопланктонные организмы и мезопелагические рыбы, в целях производства из них морских кормовых ингредиентов – рыбной муки и рыбного жира для аквакультуры и животноводства. Несмотря на огромные доступные ресурсы неиспользуемых ВБР, возможности увеличения объемов их вылова ограничены недостаточным уровнем знаний об их пространственно-временном распределении; действием мер регулирования рыболовства; недостаточной для окупаемости величиной суточных уловов и продолжительности промысла; отсутствием адекватных способов и орудий лова; совпадением со временем промысла традиционных востребованных ВБР; особенностями биохимического состава, обуславливающими сложность переработки; потребностью в огромных инвестициях для осуществления рентабельного промысла и некоторыми другими факторами. На основе анализа, ограничивающих промысел неиспользуемых ВБР факторов, сделан вывод о маловероятности в обозримом будущем увеличения в значимых масштабах использования этих ресурсов для производства морских кормовых ингредиентов.

Ключевые слова: водные биоресурсы, зоопланктон, антарктический криль, мезопелагические рыбы, аквакультура, морские кормовые ингредиенты, рыбная мука, рыбный жир

Принятые сокращения: АСВ – абсолютно сухое вещество; АА – аминокислоты; ВБР – водные биологические ресурсы; ОДУ – Общий допустимый улов; ПНЖК – полиненасыщенные жирные кислоты; ДГК – докозогексаеновая ЖК, ЭПК – эйкопентаеновая ЖК; BSCP – одноклеточный бактериальный белок; CCAMLR – комиссия по сохранению живых морских ресурсов Антарктики; FAO – Международная продовольственная организация Объединенных Наций; IFFO – международная торговая организация, представляющая индустрию морских ингредиентов; OECD – Организация экономического сотрудничества и развития.

Для цитирования: Ageev A.V., Zakhartsev M.V., Zilanov V.K. Потенциал неиспользуемых морских источников кормового белка и липидов. Часть 1 // Рыбное хозяйство. 2026. № 1. С. 23-36. <https://doi.org/10.36038/0131-6184-2026-1-23-36>

POTENTIAL OF UNUSED MARINE SOURCES OF FEED PROTEIN AND LIPIDS

Andrey V. Ageev – Expert in fisheries economics, LLC «C1BioEngineering», Moscow, Russia
Maksim V. Zakhartsev – Doctor of Sciences, Federal State Institution «Federal Research Center «Fundamentals of Biotechnology» of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia
Vyacheslav K. Zilanov – Candidate of Biological Sciences, Professor, Honorary Doctor of Murmansk Arctic University, Academician of MANEB, Moscow, Russia

Addresses:

1. LLC «C1BioEngineering» – Russia, 119071, Moscow, Leninsky Prospekt, 33, building 2
2. Federal State Institution «Federal Research Center «Fundamentals of Biotechnology» of the Russian Academy of Sciences – Russia, 119071, Moscow, Leninsky Prospekt, 33, building 2
3. Murmansk Arctic University – Russia, 83038, Murmansk, Kapitana Egorova str., 15

Annotation. The article examines the potential for increasing the harvest of underutilized aquatic biological resources (ABR), including zooplankton and mesopelagic fish, for the production of marine-derived feed ingredients such as fishmeal and fish oil for use in aquaculture and livestock production. Despite the substantial biomass of these currently unexploited ABR, the prospects for expanding their catch volumes remain constrained by several factors: (i) limited knowledge of their spatiotemporal distribution; (ii) low daily catch volumes and short fishing seasons, which, in combination with current product price levels, render investments economically unviable; (iii) the absence of specialized fishing methods and gear; (iv) overlap with the fishing periods of commercially valuable species; (v) specific features of their biochemical composition that complicate processing; (vi) and the high capital investment required to establish economically sustainable harvesting operations. Based on a comprehensive analysis of these constraints, the study concludes that a significant increase in the utilization of underexploited ABR for the production of marine feed ingredients is unlikely in the near term.

Keywords: aquatic bioresources, zooplankton, Antarctic krill, mesopelagic fish, aquaculture, marine feed ingredients, fishmeal, fish oil

For citation: Ageev A.V., Zakhartsev M.V., Zilanov V.K. 2026. Potential of unused marine sources of feed protein and lipids. Part 1 // Fisheries. No. 1. С. 23-36. <https://doi.org/10.36038/0131-6184-2026-1-23-36>

Рисунки и таблицы – авторские / The drawings and tables were made by the author

ВВЕДЕНИЕ

Морские кормовые ингредиенты

Белки и жиры животного происхождения играют важнейшую роль в полноценном питании населения, поскольку многие, незаменимые для здоровья человека, питательные вещества в растительных продуктах содержатся в малых количествах или отсутствуют совсем.

Наиболее ценными из всех продуктов животного происхождения являются водные биологические ресурсы (ВБР), высокая пищевая ценность которых обусловлена содержанием большого количества легко усвояемого белка, содержащего все незаменимые аминокислоты в оптимальном количестве и соотношении. В них содержатся все необходимые для организма минеральные элементы: фосфор, кальций, калий, натрий, магний, сера, железо, медь, марганец, йод и др., а также – водорастворимые витамины В1, В2, В6, В12, Н и РР.

Липиды ВБР состоят из ограниченных в природе, длинноцепочечных полиненасыщенных жирных кислот омега-3 ПНЖК, особенно ЭПК и ДГК, фосфолипидов, антиоксидантов и других веществ, незаменимых для снижения рисков возникновения сердечно-сосудистых и воспалительных заболеваний, которые в организме человека не синтезируются или синтезируются в малых количествах, и поэтому могут поступать только с пищей.

Наиболее эффективным способом производства рыбной продукции является аквакультура, объемы которой в 2024 г. составили 96,0 млн тонн. Прогнозируется, что в 2034 г. объемы аквакультуры достигнут 117,6 млн т (табл. 1) [1]. Рост объемов аквакультуры потребует дополнительных аквакормов и кормовых ингредиентов.

Морские кормовые ингредиенты (рыбная мука и рыбный жир) – наиболее эффективные источники кормового белка, липидов и других питательных веществ, однако сырьевой потенциал их производства, по природным причинам, ограничен.

В частности, в 2022-2024 годах, по оценкам FAO, из общего объема продукции рыболовства ежегодно только 16,5 млн т [1] было использовано в качестве сырья для производства морских кормовых ингредиентов в сравнении

с 21-22 млн т в 2010-х годах и 26 млн т в 1990-х годах. Уменьшение объема рыбного сырья, используемого в кормовых целях, обусловило сокращение после 2000-х годов объемов производства рыбной муки и рыбного жира в 1,3-1,5 раза [2].

Согласно прогнозу OECD-FAO, с 2025 г. по 2034 г. объемы уловов ВБР, направленные на производство рыбной муки и рыбного жира, в зависимости от воздействия природного явления Эль-Ниньо, составят от 15,2 до 17,1 млн т в год (табл. 1) [1].

В результате этого объемы производства рыбной муки и рыбного жира, в зависимости от явления Эль-Ниньо и использования рыбных отходов, будут варьировать в пределах от 5,2 до 5,9 млн т и от 1,3 до 1,5 млн т, соответственно [1].

Сокращение объемов производства морских кормовых ингредиентов, в условиях роста спроса на них со стороны аквакультуры, обусловило уменьшение доли их включения в аквакорма. В частности, по данным IFFO, доля включения морских ингредиентов в аквакорма уменьшилась после 2000 г. в 2,4 раза – до 10% веса корма в 2023 г. и была заменена кормовыми продуктами растительного происхождения (рис. 1) [3; 4].

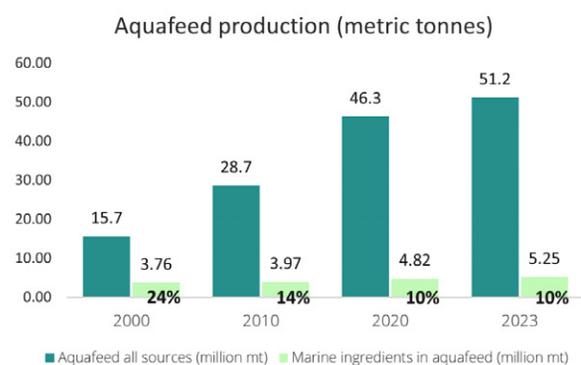


Рисунок 1. Доля включения морских ингредиентов в аквакорма, млн т, % [3; 4]

Figure 1. Proportion of marine ingredients in aquaculture feed, million tons, % [3; 4]

Таблица 1. Прогноз производства и потребления ВБР и морских кормовых ингредиентов и цен на них, млн т, долл.США/та [1] / **Table 1.** Forecast of production and consumption of RBF and marine feed ingredients and prices for them, million tons, \$/ta [1]

Показатели	Среднее 2022-2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034
Водные биоресурсы											
Производство, млн т	189,1	195,6	197,6	197,1	200,3	202,6	204,5	204,0	207,0	209,8	211,6
Рыболовство, млн т	91,1	92,9	92,9	91	92,6	93,3	93,5	91,4	92,8	93,9	94
Аквакультура, млн т	98,0	102,7	104,7	106,1	107,7	109,3	111,0	112,6	114,2	115,9	117,6
Потребление, млн т	191,2	196,7	198,6	198,1	201,2	203,6	205,4	204,8	207,8	210,5	212,3
Пищевое, млн т	170,1	175,5	177,6	178,6	180,6	182,7	184,5	185,5	187,6	189,8	191,7
Непищевое, млн т	16,5	16,6	16,6	15,2	16,4	16,8	16,9	15,4	16,5	17,1	17,1
Цены аквакультуры, долл.США/та	2 993,1	3 065,0	2 964,7	2 959,2	3 010,0	3 050,3	3 094,4	3 133,0	3 177,0	3 216,5	3 254,9
Цены рыболовства, долл.США/та	1 970,6	2 053,9	2 018,0	2 027,8	2 027,8	2 075,0	2 100,7	2 130,9	2 153,2	2 176,5	2 202,0
Морские ингредиенты											
Рыбная мука, млн т	5,3	5,5	5,2	5,5	5,7	5,7	5,4	5,7	5,7	5,9	5,9
Из уловов рыбы, млн т	3,7	3,9	3,5	3,8	3,9	4,0	3,6	3,8	3,9	4,0	4,1
Рыбный жир, млн т	1,4	1,4	1,4	1,3	1,4	1,4	1,4	1,4	1,5	1,5	1,5
Цена рыбной муки, долл.США/та	1 700,7	1 473,6	1 483,5	1 695,2	1 575,6	1 637,0	1 699,0	2 016,0	1 772,5	1 826,0	1 871,2
Цена рыбного жира, долл.США/та	4 024,7	3 038,8	2 967,9	2 981,2	2 877,9	3 207,2	3 291,9	3 601,1	3 326,3	3 617,9	3 722,7

В то же время возможности дальнейшего уменьшения содержания морских кормовых ингредиентов в аквакормах ограничены их незаменимостью на стадии выращивания личинок и молоди, особенно для плотоядных видов рыб и креветок.

Поскольку замена морских кормовых ингредиентов, особенно производимая ниже научно-обоснованного уровня, приводит к замедлению роста объектов аквакультуры, таких как атлантический лосось, форель, морские рыбы, угри, креветки и другие ракообразные, снижению иммунитета и устойчивости к болезням и стрессу, ухудшению природного вкуса, цвета и консистенции, а также – снижению пищевой пользы для населения, то дальнейшая замена морских ингредиентов в аквакормах растительными компонентами ограничена.

Ограниченные возможности снижения содержания морских кормовых ингредиентов в аквакормах без ухудшения продуктивности и пользы пищевых продуктов, высокий уровень эксплуатации популяций массовых пелагических рыб, используемых в качестве источника сырья для кормового производства, а также ограничения природных ресурсов пахотной

земли и пресной воды для выращивания сои и других растительных культур обуславливают необходимость поиска альтернативных источников кормового сырья, например, рассматриваются неосвоенные ресурсы зоопланктона и мезопелагических рыб. Ресурсы антарктического криля, других видов криля, веслоногих рачков калянус и других видов зоопланктона, а также мезопелагических рыб представляют собой огромную кормовую биомассу Мирового океана, из которой используется лишь незначительная часть.

Близкие по аминокислотному составу к рыбной муке кормовые ингредиенты могут быть получены в результате производства одноклеточных бактериальных белков (BSCP), выращиваемых на основе доступного недорогого сырья, такого как метан, метанол, сингаз и другие.

ПРОДУКТИВНОСТЬ МИРОВОГО ОКЕАНА

Благодаря широкому международному сотрудничеству в различных районах Мирового океана были проведены исследования, позволяющие составить количественное представление о его растительном и животном населении и определить величину его биопродуктивности¹.

¹ Биопродуктивность – скорость продуцирования (прироста) биомассы за определенное время посредством фото- или хемосинтеза путем образования органических вещества из неорганических.

Таблица 2. Биомасса и продуктивность Мирового океана, млрд т [6] /
Table 2. Biomass and productivity of the World Ocean, billion tons [6]

Организмы	Биомасса, млрд т	Продуктивность, млрд т/год	Отношение продукции к биомассе
Продуценты			
Фитопланктон	1,5	550	366
Фитобентос	0,2	0,2	1
Консументы			
Зоопланктон	21,5	53	2,5
Зообентос	10	3	0,3
Нектон	1	0,2	0,2
Бактерии	0,07	70	1000
Итого	34,77	676,4	
Количество энергии, ккал 10 ¹²	16 95	220 650	
Количество органических веществ	5,635	70,538	
Количество зольных веществ	2,895	51,266	

В этих исследованиях решающую роль сыграли советские экспедиции. Результаты исследований биопродуктивности Мирового океана были отражены в работах выдающихся советских и российских ученых Л.А. Зенкевича [5], В.Г. Богорова [6], С.А. Студенецкого [7], П.А. Моисеева [8] и других.

Были установлены качественные зависимости типа и величины биомассы Мирового океана и характера ее распределения по районам обитания и глубинам: на суше биомасса² растений в тысячу раз превышает биомассу животных, а в океане, наоборот – биомасса водных животных в 20 раз превышает биомассу растений. Общая биомасса пелагиали Мирового океана (без микрофлоры) оценивается примерно в 35-38 млрд т, из них 30-35% приходится на водоросли и 65-70% – живые организмы [9].

Биомасса Мирового океана распределена неравномерно. Глубины от поверхности до 200 м составляют всего 7,6% всей площади Мирового океана, но на них приходится 82,6% всей биомассы. Глубины в 200-3 000 м занимают 15,4% площади Мирового океана, на них приходится 16,6% общей биомассы Мирового океана, площадь глубин более 3000 м составляет 77% общей площади, но содержит лишь 0,8% всей биомассы.

Общая биомасса Мирового океана оценивается в 34,77 млрд т (табл. 2), а годовая биологическая продуктивность – в 676,4 млрд тонн. Биомасса зоопланктона составляет около 21,5 млрд т, около 2/3 зоопланктона приходится на слой от поверхности до глубины в 500 м

с резким уменьшением на большей глубине [6]. Биомасса мезопелагических рыб оценивается примерно в 1 млрд т, однако недавно оценки увеличились на порядок [10].

Важнейшим потенциальным источником кормового белка может стать зоопланктон – разнообразные водные организмы, в основном мелкие, которые свободно дрейфуют в толще воды вплоть до максимальной глубины, но не способные двигаться против течения.

Зоопланктон включает бактерии, моллюски, ракообразные, икру и мальков рыб, личинки, беспозвоночных и другие живые организмы, которые, непосредственно или через промежуточные звенья пищевой цепи, являются пищей для большинства водных животных.

Пик биомассы зоопланктона находится в Арктике, но в сторону экватора постепенно снижается. Вблизи экватора, особенно в восточной части Индийского океана, наблюдается второй пик биомассы зоопланктона, которая по мере приближения к Южному океану снижается, а биомасса зоопланктона снова возрастает и становится максимальной [11].

Важную роль в зоопланктоне играет криль – мелкие морские планктонные ракообразные размером 10-65 мм, образующие большие скопления в поверхностных водах умеренных и высоких широт. Из 85 существующих видов криля только 3 имеют практическое значение для промышленного рыболовства и производства кормовых ингредиентов [12].

Совокупный вылов криля в 2022 г. составил 404,1 тыс. т [13]. В настоящее время только ре-

² Биомасса – количество живого вещества, выраженное в единицах массы (веса).

сурсы антарктического криля используются в коммерчески значимых масштабах, на промысле криля преобладает Норвегия. Также возможен промысел других видов криля в Северной Атлантике, на шельфе восточной Канады и в водах Норвегии, ранее осуществлялся промысел тихоокеанского криля в водах Японии и Канады.

Другим многочисленным ресурсом зооплктона, привлекательным для рыболовства, являются веслоногие ракообразные (копеподы) – ракообразные из класса *Hexanauplia*. Хотя объемы вылова в настоящее время находятся на низком уровне, в Норвегии разработаны правила рыболовства данного ресурса и выделены для продажи лицензии на промысел [14].

Еще одним, неиспользуемым промыслом, массовым живым биоресурсом Мирового океана являются мезопелагические рыбы, обитающие в мезопелагической зоне – слое холодной воды, простирающемся на глубине от 200 до 1000 м от поверхности, биомасса которых оценивается в 1 млрд т (по более поздним данным – до 10 млрд т) [15; 16].

Политическая платформа «Hurdalsplattformen», принятая правительством Норвегии в 2021 г., поставила цель по замене традиционных кормовых ингредиентов к 2030 г. на экологически рациональные ресурсы, не затрагивающие природные ресурсы, пригодные для использования в пищу. Будущие кормовые ингредиенты подразделены на новые морские и растительные ингредиенты, выращенные организмы и малоиспользуемые ресурсы.

Совокупная биомасса криля, веслоногих рачков калянус и мезопелагических рыб составляет от 2 до 12 млрд т, из которой в настоящее

время используется лишь малая часть (табл. 3). Хотя «новые» морские кормовые ингредиенты (novel marine ingredients) из неиспользуемых биоресурсов Мирового океана являются привлекательными в качестве источника кормового белка и липидов, они «... имеют потенциал только для долгосрочного использования, но вряд ли станут основной частью рынка кормовых ингредиентов к 2030 году.» [17; 18].

АНТАРКТИЧЕСКИЙ КРИЛЬ

Ресурсы и промысел

Антарктический криль – питающийся планктоном рачок, обитает в холодных водах Южного океана, является основой пищи для более высоких трофических уровней обитателей этого региона. Антарктический криль имеет значительные достоинства, вследствие уникального биохимического состава, доступных для промысла больших концентраций и обитания в наиболее чистых защищенных от загрязнений циркумполярным течением в холодных водах Антарктики. Продукты его переработки используются в коммерческих целях в качестве ингредиентов кормов для аквакультуры и субстанций биофармацевтики.

Значительный вклад в изучение и освоение биоресурсов Антарктики был внесен советскими и российскими учеными С.А. Студенецким, В.П. Быковым, К.В. Шустом и другими. Опыт советских научных и промысловых экспедиций позволил определить районы и сроки формирования скоплений криля и мезопелагических рыб, провести оценку запасов и допустимых уловов. На СССР до 1992 г. приходилось 93% общих уловов криля [21].

Таблица 3. Основные неиспользуемые промыслом живые водные биоресурсы Мирового океана для использования в качестве ингредиентов кормов аквакультуры и животноводства / **Table 3.** The main unused living aquatic biological resources of the World Ocean for use as feed ingredients for aquaculture and animal husbandry

Вид	Запасы ресурса	Объемы вылова	Местообитание	Ссылки
Антарктический криль (<i>Euphausia superba</i>)	379 млн т	404-450 тыс. т	Южный океан, циркумполярно вокруг Антарктики	[19]
Тихоокеанский криль (<i>Euphausia pacifica</i>)	78,7 млн т*	-	Тихий океан, в т.ч. Охотское море, воды Японии и Канады	[20]
Северный криль (<i>Meganyctiphanes norvegica</i>)	380 млн т	299,5	Моря Северной Атлантики, особенно воды Норвегии	[18]
Веслоногий рачок калянус (<i>Calanus finmarchicus</i>)	193-290 млн т	1,4 тыс. т	Северное и Норвежское море, Северная Атлантика	[18]
Мезопелагические рыбы (<i>Mesopelagic fishes</i>)	1-10 млрд т	**	Повсеместно, более всего ближе к полюсам и экватору	[15], [16]
Итого новые неиспользуемые морские биоресурсы	2-12 млрд т	≤500 тыс. т		

Примечания: *Только в Охотском море, данные по другим районам Тихого океана недоступны;

**Актуальные данные по вылову мезопелагических рыб или их прилова при других промыслах неизвестны

Отечественные ресурсные экспедиционные исследования криля и ограниченный промысел в настоящее время возобновились. В частности, результаты рейса № 69 СТМ «Атлантида» (ноябрь 2019-май 2020 гг.) продемонстрировали, что состояние ресурсов криля в рамках подрайонов 48.1 и 48.2 позволяет вести эффективный промысел российским судам.

В 2024 г. российский траулер «Командор» компании АО «АКРОС» осуществлял промысел криля в районе Южных Оркнейских островов и в проливе Брансфилд с использованием традиционных траловых орудий лова. Величина суточных выловов позволила обеспечить полную загрузку судовых мощностей по производству крилевой муки [22].

Ресурсы и распределение антарктического криля изучены недостаточно, промысел ограничен несколькими небольшими по площади районами Юго-Западной части Атлантического океана. По оценке Комиссии по сохранению живых морских ресурсов Антарктики (далее – CCAMLR), биомасса антарктического криля составляет 379 млн т [23].

Каждый год киты, тюлени, пингвины, кальмары и рыба съедают более половины этой биомассы, которая ежегодно восстанавливается посредством размножения антарктического криля. При коротком жизненном цикле популяция антарктического криля характеризуется высокой продуктивностью, вдвое превышающей исходную биомассу.

Хотя промыслом изымается около 0,1% биомассы антарктического криля его доступность для промысла ограничена международными условиями регулирования. Ожидается, что доступность уменьшится если ЕС, при поддержке США, добьется создания у берегов Антарктиды морских охраняемых районов общей площадью около 3 млн кв. км, в которых будет запрещена любая хозяйственная деятельность, в том числе рыболовство.

Антарктический криль распространен во всех районах Южного океана циркумполярно вокруг Антарктиды (рис. 2). Он обитает в водах при температуре от -0,3 до +4 °С и пассивно переносится с токами воды, образуя скопления в виде стай, объединяющихся в большие концентрации. Плотные скопления антарктического криля долгое время находятся в одном районе и достигают 100 м в высоту и несколько км в длину [24].

В настоящее время ОДУ антарктического криля в основных промысловых районах Атлантического сектора Антарктики составляет 5,6 млн т [23]. По решению CCAMLR для этих районов установлен пороговый уровень вылова в 620 тыс. т, распределенный по промысловым подрайонам, при достижении которого он будет распределен на национальные квоты вылова.

Объемы вылова антарктического криля в разные периоды колебались в широком диапазоне, а в 2019-2023 годах стабилизировались на значениях 380-450 тыс. т (рис. 3) [25]. Промысел антарктического криля начинается в декабре-январе и продолжается до авгу-

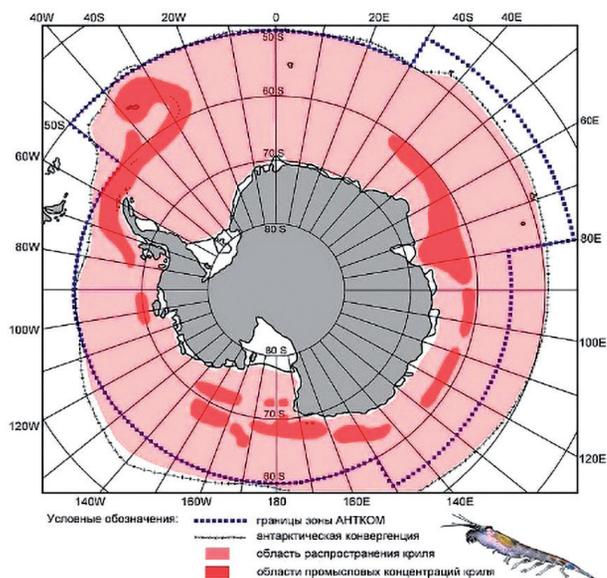


Рисунок 2. Ареал обитания антарктического криля [24]

Figure 2. Antarctic krill habitat [24]

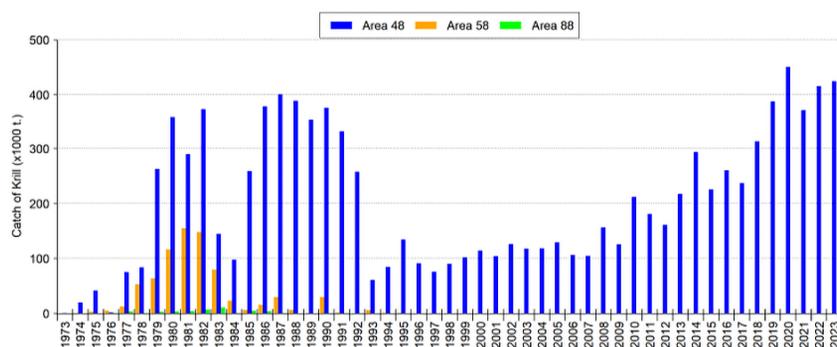


Рисунок 3. Динамика объемов вылова антарктического криля [25]

Figure 3. Dynamics of Antarctic krill catch [25]

ста-сентября. В зависимости от гидрометеорологических условий конкретного года сроки и продолжительность промысла криля могут сдвигаться на 1-1,5 месяца.

В последнее десятилетие свыше 70% общего вылова антарктического криля приходится на траулеры-заводы норвежской компании «Aker BioMarine». Это обусловлено использованием специализированных судов, инновационных способов и орудий лова и большим опытом экипажей. Другими добывающими криль в Антарктике странами являются Китай, Республика Корея, Украина, Чили и Россия (с 2024 г.) [26].

Возможности увеличения масштабов промысла антарктического криля, в сравнении с текущим уровнем, ограничены удаленностью Антарктики от портов и коммуникаций, суровыми природными условиями региона, требованиями системы международного регулирования и охраны природных ресурсов, отсутствием у большинства стран необходимых промысловых компетенций, специализированных судов и опытных экипажей, а также – необходимости значительного финансирования для организации промысла и продвижения продукции.

Неоднородность, пористость и низкая плотность антарктического криля, высокая протеолитическая активность ферментов, малая подвижность рачков и перенос их с током воды обуславливают необходимость использования специализированных промысловых систем.

В целях уменьшения повреждаемости криля и сохранения в нем полезных веществ разработана экологически безопасная технология «непрерывного лова» (eco-harvesting system), основанная на системе насосов, закачивающих воздух в бим-трал через шланг.

Находящийся под давлением воздух увеличивается в объеме и смешивается в траловом мешке с водой, не давая давиться крилю. Создаваемое в шланге, с помощью палубных и встроенных в трал погружных насосов, давление постоянно перекачивает воду и криль, в живом виде без повреждения, из трала на борт судна для переработки.

Применение этой технологии позволяет не повреждать криль, как это происходит при использовании традиционных орудий лова, сохранять все полезные компоненты, снизить трудоемкость промысловых операций, не требует многочисленных экипажей и значительно увеличивает продолжительность траления без подъема улова на борт, что позволяет, в расчете на один траулер, за сезон вылавливать и перерабатывать около 100 тыс. т криля.

Биохимический состав

Биохимический состав антарктического криля зависит от климатических условий конкретного года, пола рачков, статуса и периода жизни, времени года, района промысла и существенно колеблется по содержанию основных питательных веществ.

Содержание белка в криле находится в диапазоне 9,7-16,3%, липидов – 1,2-11,7%, углеводов – 0,3-0,9% и золы – 2,3-4,0% [24]. Криль характеризуется высокой активностью ферментов, что определяет нестабильность сырья и ограничивает сроки его хранения до поступления в переработку.

Биологическая ценность белков антарктического криля соответствует традиционным животным белкам – мясу сельскохозяйственных животных и птиц, молоку, рыбе, яйцу, при большем содержании незаменимых аминокислот (табл. 4) [24].

Специфической особенностью липидов антарктического криля является значительное содержание фосфолипидов – в пределах 16,1-29,2%, в основном лецитина (фосфотидилхолина и кефалина), и каротеноидов, а также высокая степень ненасыщенности жирных кислот, что является следствием адаптации криля к обитанию в холодных водах Антарктики.

Содержащиеся в липидах криля омега-3 ПНЖК, в основном С20:5 в количестве 13,7% массы и С22:6 – 8,0%, в форме фосфолипидов, достигая 48% суммы липидов, усваиваются быстрее и эффективней, чем омега-3 ПНЖК в форме триглицеридов рыбного жира.

Фосфолипиды повышают гибкость и проницаемость клеточных оболочек, что позволяет увеличить накопление энергии, и осуществляют транспортировку питательных веществ в ткани. Сумма эссенциальных жирных кислот липидов составляет 5% (табл. 5) [24].

Кроме того, липиды антарктического криля содержат большое количество астаксантина – самого мощного природного антиоксиданта каротеноидного типа и пигмента красного цвета. Содержание фосфолипидов в мороженом криле составляет 15-77 мг/кг, крилевой муке – 100-128 мг/кг, крилевом жире – 727-1080 мг/кг. В антарктическом криле содержатся витамины А (312 мг/кг сырого криля), В (894 мг/кг) и Е (51 мг/кг) (табл. 6) [24].

Концентрация минеральных элементов в антарктическом криле многократно превосходит их содержание в овощах и злаках и сопоставима с мясом теплокровных животных. В нем в большом количестве содержатся основные минеральные элементы: железо (в среднем 16 мг/кг криля), кальций (900 мг/кг криля), калий (124 мг/кг криля), медь (24 мг/кг

Таблица 4. Содержание незаменимых аминокислот в продуктах, г на 100 г белка [24] / **Table 4.** The content of essential amino acids in foods, g per 100 g of protein [24]

Незаменимые аминокислоты	Криль	Треска	Яйцо	Молоко	Говядина	Куры
Аргинин	7,1	6,8	6,4	3,6	5,6	6,7
Гистидин	3,0	2,9	2,6	2,6	4,1	2,0
Изолейцин	7,4	4,6	5,8	6,1	4,2	5,0
Лейцин	9,6	9,0	9,0	9,7	7,8	7,6
Лизин	12,8	10,3	6,7	7,6	8,4	7,5
Метионин	3,8	2,8	3,0	2,3	2,3	2,6
Фенилаланин	9,7	4,8	5,3	5,0	4,5	3,7
Треонин	4,7	5,2	5,3	4,5	4,2	4,0
Триптофан	1,4	1,3	1,8	1,4	1,1	0,8
Валин	9,4	5,5	7,2	6,9	6,7	5,1
Итого	68,9	53,2	53,1	49,7	48,9	45,0

Таблица 5. Состав липидов антарктического криля, % общей суммы [24] / **Table 5.** Composition of Antarctic krill lipids, % of total amount [24]

Фракции	Содержание	Основные кислоты	Содержание
Фосфолипиды	16,1-39,2	C14:0 Миристиновая	16,6
Моно и диглицериды	2,2-6,2	C16:0 Пальметиновая	20,4
Стерины	6,2-8,6	C18:1 Олеиновая	20,0
Триглицериды	32,2-51,6	C18:2 Линолевая	2,5
Свободные жирные кислоты	11,4-16,1	C18:4 Стеаридоновая	2,8
Эфиры стерин	6,0-10,1	C20:5 Эйкопентаеновая	13,7
Общие липиды	2,5-5,2	C22:6 Докозгексаеновая	8,0

криля), а также фосфор, магний, йод, медь, цинк, марганец, всего 30 макро- и микроэлементов [24].

КРИЛЕВАЯ МУКА

На начальном этапе освоения ресурсов антарктического криля основной продуктовой формой был сыро-мороженный криль, который напрямую использовался в кормах сельскохозяйственных и непродуктивных животных.

В 2000-х годах, по мере развития технологий и увеличения спроса со стороны аквакультуры, продуктовая форма изменилась: основные объемы криля стали использоваться для производства крилевой муки и крилевого масла.

Крилевая мука производится несколькими способами и из разного сырья: в море на борту судов – из свежего криля и на береговых предприятиях – из замороженного в море сырья.

Таблица 6. Среднее содержание витаминов в сыром антарктическом криле, мг/100 г сырой массы [24] / **Table 6.** Average vitamin content in raw Antarctic krill, mg/100 g of raw weight [24].

Витамины	Содержание	Витамины	Содержание
Витамин А	50-700	В12 Цианкобаламин	16-18
Бета-каротин	10-30	Пантотеновая кислота	1 500
Астаксантин	600-9700	Ниацин	7 000
В1 Тиамин	12-37	Биотин	10
В2 Рибофлавин	100-520	Фолиевая кислота	66-70
В6 Пиридоксин	100-110	Токоферол	144-781

В зависимости от способа и назначения крилевая мука подразделяется на несколько видов: (1) полножирная мука, содержащая до 25-30% крилевого жира, изготавливается на борту судов из свежего криля; (2) традиционная крилевая мука также изготавливается на борту судов из свежего криля, но содержит меньше крилевого жира; (3) обезжиренная крилевая мука – путем переработки замороженного на судах целого криля при переработке на береговых предприятиях. Полножирная крилевая мука изготавливается в основном норвежской компанией «Aker BioMarine», традиционная и обезжиренная крилевая мука – компаниями других стран.

Химический состав и выход крилевой муки из сырья существенно зависит от технологии переработки и типа сырья. В зависимости от этих факторов содержание белка в крилевой муке находится в диапазоне 53,7-64,0%, липидов – 11,7-19,3% (табл. 7) [24].

Выход крилевой муки в зависимости от типа сырья, использования подпрессовых бульонов, технологии и рыбомучного оборудования находится в диапазоне от 16 до 17% [27].

Требования к кормовой муке из антарктического криля в РФ определены в ГОСТ Р 2116-2000 «Мука кормовая из рыбы, морских млекопитающих, ракообразных и беспозвоночных. Технические условия», согласно которому массовая доля сырого протеина должна быть не менее 42,0%, влаги – не более 10,0%, жира – не более 18,0%, фосфора – не более 5,5%; остальные требования аналогичны требованиям, предъявляемым к рыбной муке.

По структуре и содержанию незаменимых аминокислот крилевая мука близка к рыбной муке, но в некоторых аспектах ее превосходит. В крилевой муке, при меньшем в сравнении с рыбной мукой из мелких пелагических рыб, содержании белка в несколько раз больше липидов, омега-3 ПНЖК, фосфолипидов и астаксантина (табл. 8) [24].

Биохимический состав крилевой муки, изготавливаемой компанией «Aker BioMarine» (сокращенно АКВМ) на норвежских судах, несколько отличается от отечественной крилевой

муки, изготавливаемой по традиционной технологии. В частности, в крилевой муке АКВМ, в зависимости от степени обезжиривания, содержится от 54 до 65% протеина; липиды крилевого жира занимают, в зависимости от типа крилевой муки, от 15 до 30% ее веса, содержат 0,5-1,5% холестерина, 1,1-1,4% холина, 114 ppm антиоксиданта астаксантина, $\geq 40\%$ фосфолипидов, 8-15% омега-3 ПНЖК в оптимальном соотношении с омега-6 ПНЖК [28].

Результаты использования крилевой муки при откорме животных, птицы, рыб и креветок свидетельствуют о том, что по биологическому действию крилевый белок равноценен белку рыбной муки, а по своей питательной и биологической ценности его превосходит. Особую ценность крилевая мука представляет для стартовых кормов рыб и кормов молодняка животных, имеющих высокие темпы роста и уровень обменных процессов.

Поскольку питательные вещества в крилевой муке имеют низкую молекулярную массу, повышающую привлекательность и вкусовые качества корма, то являются более вкусными, чем в рыбной муке и растительных кормах и лучше поглощаются рыбами и креветками [29; 30; 31]. Поэтому крилевая мука особо эффективна в странах с низкими вкусовыми характеристиками кормов аквакультуры, содержащими чрезмерно много растительных белков.

Количество антиоксидантов, в основном астаксантина, в липидах крилевой муки также превышает их содержание в рыбной муке: содержание всех антиоксидантов в крилевом жире в среднем составляет 125 мг/кг, в рыбьем жире – 2 мг/кг. Это делает антиоксидантную активность крилевого жира, содержащегося в крилевой муке, в 50 раз сильнее рыбного жира.

Поскольку астаксантин в крилевом жире является тем же типом каротиноида, что и в корме природных лососей и креветок, то использование крилевого жира повышает плотность мяса и увеличивает природную пигментацию мяса выращиваемых лососей, форели и креветок.

Таблица 7. Биохимический состав кормовой муки из антарктического криля, % [24] / **Table 7.** Biochemical composition of Antarctic krill feed meal, % [24]

Тип	Влага	Белок	Липиды	Зола
Мука из свежего криля	11,3	53,7	19,3	15,0
Мука из мороженого криля	10,0	55,2	11,7	20,0
Мука из жомы криля	7,6	64,0	12,1	12,9

РЫНОК КРИЛЕВОЙ МУКИ

Особенности биохимического состава антарктического криля и более высокая, в сравнении с рыбной мукой, стоимость определяют крилевую муку как нишевый продукт, который используется для кормления тех объектов, где он показывает максимальную эффективность, позволяющую получить доходы, компенсирующие более высокие затраты на корма.

К отраслям, где крилевые кормовые ингредиенты являются наиболее эффективными, относятся выращивание лососевых рыб и креветок, на эти два коммерчески самых развитых сегмента аквакультуры приходится 4/5 объемов потребления крилевой муки; также они используются в кормах морских рыб и домашних питомцев (рис. 4) [28].

Объемы продаж крилевой муки в 2020 г. составили 72 тыс. т на сумму 163,6 млн долл. США, прогнозируется, что к 2028 г. продажи крилевой муки вырастут до 255,7 млн долл. США [32].

Из общего количества крилевой муки 3/4 объемов изготавливается норвежской компанией «Aker BioMarine». Другими производителями крилевой муки являются «Rimfrost» (Норвегия), «Krill Canada» (Канада), «Shandong Luhua» и «Qingdao Kangjing» (оба – Китай).

Средняя цена полноценной крилевой муки в 2020 г. составляла 3135 долл. США/та, обезжиренной крилевой муки – 1922 долл. США/та [32]; что, соответственно, на 34% и в 2,2 раза дороже стандартной рыбной муки из перуанского анчоуса [33].

Более высокая стоимость крилевой муки, в сравнении с рыбной мукой, обусловлена лучшими питательными свойствами и большими капитальными вложениями, и операционны-

ми затратами на промысел в суровых условиях удаленных районов Антарктики в сравнении с промыслом анчоуса недалеко от побережья Перу, а также – использованием крилевой муки преимущественно в сегментах востребованных и наиболее дорогостоящих объектов аквакультуры (лососи, креветки) и в кормах домашних питомцев (рис. 4).

Несмотря на преимущества крилевой муки и огромную биомассу антарктического криля существенно увеличить объемы ее производства, в сравнении с текущим уровнем, невозможно, вследствие действующих экологических ограничений; установления ограничительного значения добычи криля в Атлантической части Антарктики; низкого уровня исследований ресурсов криля в Индоокеанской и Тихоокеанской части Антарктики; потребности в значительных



Рисунок 4. Основные направления потребления кормовой крилевой муки [28]

Figure 4. Main directions of consumption of krill meal feed [28]

Таблица 8. Показатели и аминокислотный состав крилевой и рыбной муки, % [24; 27] / **Table 8.** Indicators and amino acid composition of krill and fish meal, % [24; 27]

Показатели	Крилевая мука	Рыбная мука	Аминокислоты	Крилевая мука	Рыбная мука
Сырой протеин, % веса	60,1	67,6	Фенилаланин	24,1	24,3
Липиды, % веса	25,0	7,6	Лизин	32,4	35,6
Омега-3 ПНЖК, % липидов	22,1	4,3	Гистидин	13,6	14,9
Фосфолипиды, % липидов	22,7	1,0	Аргинин	31,8	34,6
Астаксантин, мг/кг веса	125,0	-	Аспаргин	78,4	74,6
Аминокислотный профиль (% от общего содержания аминокислот)			Серин	21,0	23,5
Валин	32,6	30,7	Глютамин	95,8	96,0
Метионин	36,9	34,9	Пролин	28,6	36,7
Изолейцин	36,7	30,1	Глицин	22,3	23,3
Лейцин	50,3	49,1	Аланин	16,1	14,4
Треонин	23,1	17,4	Тирозин	34,2	32,8

инвестициях для строительства или модернизации судов и продвижения продукции на рынок; распоряжения правительства Норвегии, ограничивающего число судов под норвежским флагом на промысле антарктического криля 4-мя единицами.

ЭФФЕКТЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КРИЛЕВОЙ МУКИ

Лососи

Состав и питательные свойства криля при кормлении лососей обуславливают преимущества рационов, включающих, на рекомендованном уровне, кормовые ингредиенты криля, в сравнении с диетой на основе рыбной муки и рыбного жира. Кормовые ингредиенты криля наиболее важны в стартовых кормах и на начальном этапе выращивания, поскольку обеспечивают лучшую выживаемость, больший на 18% конечный вес тела рыб, лучшее поглощение корма, более высокий выход и лучшее качество филе (рис. 5) [28].

Исследования, проведенные «Nofima» в 2019 г., показали, что уже через три месяца после начала использования кормов с 7 и 15% добавками крилевой муки «Qrill Aqua» у атлантического лосося проявляются положительные

эффекты без ущерба для здоровья рыб в отношении потребления корма и темпов роста и качества филе [34].

В этом испытании 800 лососей начальной массой 2270 г кормили рационом, включающим 15% рыбной муки или рационом, в котором рыбную муку частично заменили на крилевую муку «Qrill Aqua». Корма были произведены «Nofima», с учетом пищевых потребностей атлантических лососей, и сбалансированы по питательным веществам.

Кормление растущего и заканчивающего рост атлантического лосося рационами с крилевой мукой обеспечивает сопоставимую скорость роста рыб в сравнении с контролем, выход мяса, рыбы стали более устойчивыми к заболеваниям, улучшилась плотность филе (табл. 9).

Креветки

Проведенные кормовые испытания крилевой муки подтвердили ее эффективность и для креветок ваннами *Litopenaeus vannamei*. Серия исследований по включению в корма креветок ваннами крилевых ингредиентов была проведена в лаборатории морской биологии (Labomar) Федерального Университета Бразилии под руководством доктора А. Нунеса.

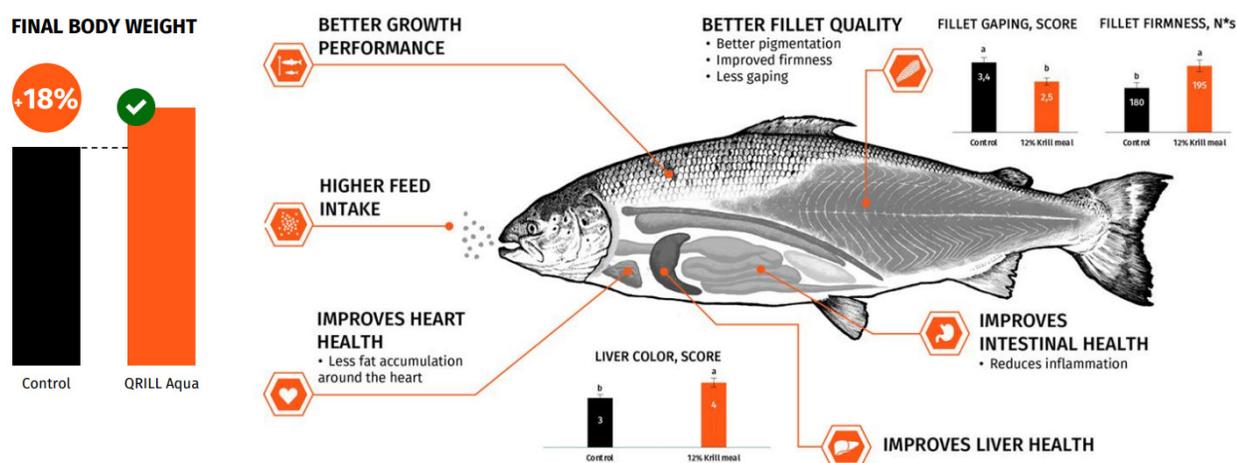


Рисунок 5. Преимущества кормления лососей крилевой мукой [28]

Figure 5. Advantages of feeding salmon with krill meal [28]

Таблица 9. Состав корма и результаты кормления лососей рационом с крилем [34] / Table 9. Feed composition and results of salmon feeding with a krill diet [34]

Белковые компоненты	Контроль	Крилевая диета	Результат кормления	Контроль	Крилевая диета
Рыбная мука	15	5	Конечный вес, г	3 833	3 923
Крилевая мука	-	12	Конверсия корма	1,06	1,07
Пшеница и клейковина	20	20	Выход филе, %	66,3	66,9
Соевая мука	14	14			

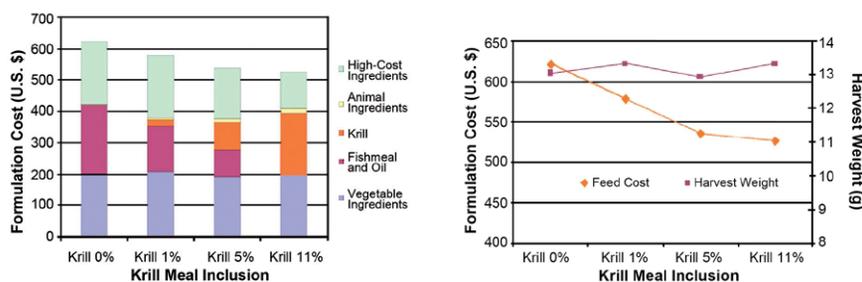


Рисунок 6. Слева: состав и стоимость традиционной рецептуры и экспериментальных рационов креветок; справа: зависимость между содержанием крилевой муки в рационе и весом креветок, выращенных на экспериментальных кормах [35]

Figure 6. On the left: the composition and cost of the traditional formulation and experimental shrimp rations; on the right: the relationship between the content of krill meal in the diet and the weight of shrimp grown on experimental feeds [35]

В этих испытаниях крилевая мука и масло криля в кормах креветок ваннами заменили на рыбную муку, частично рыбий жир и соевый лецитин. В результате замены традиционных ингредиентов контрольного корма на муку и масло из антарктического криля опытный рацион позволил снизить стоимость кормления от 7,5% до 18% (рис. 6) [35].

По завершении испытаний д-р А. Нуньес заявил: «... исследования показали, что белки и жир криля могут полностью заменить рыбную муку и соевый лецитин и удовлетворить потребность креветок ваннами в питании. ... от использования криля получена значительная экономия кормов по сравнению с базовой диетой» [35].

Сельскохозяйственные животные и птицы

Проводившиеся в советский период исследования по откорму свиней, с введением в рацион крилевой муки в размере 3-4% веса корма, показали, что среднесуточные привесы с крилевой мукой стали на 4,5-7% выше, а затраты корма на 1 кг привеса на 4,4-6,3% меньше, по сравнению с диетой на основе рыбной муки. Дегустационная оценка мяса свиней, полученного при откорме крилевой мукой, была более высокой, по сравнению с рыбной мукой [36].

Добавление крилевой муки в рационы цыплят-бройлеров, в количестве 3-5% по массе корма, повышало их выживаемость на 1,8-5,4%, в сравнении с контрольной группой, привес увеличивался на 3,7-10,8% при снижении расходов на корма [24].

Испытания крилевой муки при вскармливании цыплят в Украинском НИИ Птицеводства показали высокий результат по сохранению поголовья, увеличение убойного веса тушки и ка-

лорийности мяса цыплят, по сравнению с кормами на основе рыбной муки, повышение сохранности птицы на 5-10%, увеличение яйценоскости кур-несушек на 5-12%.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов. Вклад распределяется равномерно между всеми авторами.

The authors advertise the rejection of the conflict of interests. The contribution is distributed evenly among all the authors.

ЛИТЕРАТУРА И ИСТОЧНИКИ/ LITERATURE AND SOURCES

1. OECD-FAO Agricultural Outlook 2025-2034. – OECD/FAO, Paris and Rome, Jun. 2025. doi: 10.1787/601276cd-en.
2. Fishmeal and fish oil – Production and trade flows in the EU. – European Commission: Directorate-General for Maritime Affairs and Fisheries and EUMOFA, Office of the European Union, 2023. doi: 10.2771/47090.
3. Marine ingredients production. – IFFO: International Fishmeal and Fish Oil Organization. Accessed: Aug. 27, 2025. [Online]. Available: <https://www.iffco.com/marine-ingredients-production>
4. Marine ingredients demand. – IFFO: International Fishmeal and Fish Oil Organization. Accessed: Aug. 27, 2025. [Online]. Available: <https://www.iffco.com/marine-ingredients-demand>
5. Зенкевич Л.А. Фауна и биологическая продуктивность моря. // Советская Наука, 1951. №1.
5. Zenkevich L.A. Fauna and biological productivity of the sea. // Soviet Science, 1951. No. 1. (In Russ.)
6. Богоров В.Г. Первичная продукция океана и ее использование. Жизнь океана. Знание, 1969.
6. Bogorov V.G. Primary ocean products and their use. Ocean life. Znanie, 1969. (In Russ.)
7. Студенецкий С.А. Биологические ресурсы Мирового океана. М.: Наука. 1979.
7. Studenetsky S.A. Biological resources of the World Ocean. Moscow: Nauka. 1979. (In Russ.)
8. Моисеев П.А. Биологические ресурсы Мирового океана. Пищевая промышленность, 1969.
8. Moiseev P.A. Biological resources of the World Ocean. Food industry. 1969. (In Russ.)
9. Саускан В.И. Экология и биологическая продуктивность океана (учебное пособие)». – Калининград: КГТУ. 1996.
9. Sauskan V.I. Ecology and biological productivity of the ocean (textbook). – Kaliningrad: KSTU, 1996. (In Russ.)
10. Pauly D. et al. The biology of mesopelagic fishes and their catches (1950–2018) by commercial and experimental fisheries. // J Mar Sci Eng, vol. 9, no. 10, Aug. 2021, doi: 10.3390/jmse9101057.
11. Brandão M.C. et al. Macroscale patterns of oceanic zooplankton composition and size structure. //

- Sci Rep, vol. 11, no. 1, p. 15714, Aug. 2021. doi: 10.1038/s41598-021-94615-5.
12. Nicol S. and Endo Y. Krill fisheries of the world. – Rome: FAO, 1997. Accessed: Jul. 24, 2025. [Online]. Available: <https://www.fao.org/4/w5911e/w5911e00.htm>
 13. Мировые уловы рыбы и нерыбных объектов промысла 2018-2022 гг. Москва: ВНИРО, 2024.
 13. World catches of fish and non-fish fishing facilities 2018-2022. – Moscow: VNIRO. 2024. (In Russ.)
 14. Hogrenning E. En studie av det norske fisket etter raudåte. Kan aktivitetsnivået i fisket påvirkes av forhold i andre fiskeri? // 2023. Accessed: Jul. 24, 2025. [Online]. Available: <https://nofima.com/publication/2156674/>
 15. Catul V., Gauns M. and Karuppasamy P K. A review on mesopelagic fishes belonging to family Myctophidae. // Rev Fish Biol Fish, vol. 21, no. 3, Pp. 339-354, Oct. 2011, doi: 10.1007/s11160-010-9176-4.
 16. Pauly D. et al. The Biology of Mesopelagic Fishes and Their Catches (1950–2018) by Commercial and Experimental Fisheries. // J Mar Sci Eng, vol. 9, no. 10, p. 1057, Sep. 2021, doi: 10.3390/jmse9101057.
 17. Future ingredients for Norwegian salmon feed. – Bergen, Oct. 2022. Accessed: Aug. 27, 2025. [Online]. Available: https://aquafeed.science/wp-content/uploads/sites/24/2022/11/Industry-Insight_Future-ingredients-for-Norwegian-salmon-feed_f.pdf
 18. Albrektsen S. et al. «Future feed resources in sustainable salmonid production: A review». // Rev Aquac, vol. 14, no. 4, pp. 1790–1812, Sep. 2022, doi: 10.1111/raq.12673.
 19. Reid K., Kawaguchi S. and Laslett L. Antarctic krill (*Euphausia superba*). CCAMLR Headquarters. – Hobart, Australia. Accessed: Nov. 18, 2025. [Online]. Available: <https://www.ccamlr.org/en/fisheries/krill-fisheries-and-sustainability>
 20. Горбатенко К.М. 2016. «Количественное распределение и питание эвфаузиид в Охотском море». // Известия ТИНРО. 2016. № 185. т. 2. с. 204-214. DOI: 10.26428/1606-9919-2016-185-204-214.
 20. Gorbatenko K. M. «Quantitative distribution and feeding of euphausiids in the Okhotsk Sea». // Izvestiya TINRO. № 185. Т. 2. с. 204-214. DOI: 10.26428/1606-9919-2016-185-204-214. (In Russ.)
 21. Шуст К.В., Бизиков В.А. Роль СССР и России в формировании международного правового режима сохранения и рационального использования морских биоресурсов Антарктики. // Труды ВНИРО. 2010. № 149. с. 438-451.
 21. Shust K.V., Bizikov V.A. The role of the USSR and Russia in the formation of the international legal regime for the conservation and rational use of Antarctic marine biological resources. // Proceedings of VNIRO. 2010. No. 149. Pp. 438-451. (In Russ.)
 22. Бандурин К.В., Касаткина С.М., Андриухин А.В. Характеристика современного промысла и переработки антарктического криля (*Euphausia superba*). Приоритетные направления отечественного освоения и использования ресурсов криля. // Рыбное хозяйство. 2025. № 2. с. 23-25. DOI:10.36038/0131-6184-2025-2-23-25.
 22. Bandurin K.V., Kasatkina S.M., Andriukhin A.V. 2025. Characteristics of modern fishing and processing of Antarctic krill (*Euphausia superba*). Priority areas of domestic development and use of krill resources. // Fishing industry. No. 2. Pp. 23-25. DOI:10.36038/0131-6184-2025-2-23-25. (In Russ.)
 23. Reid K., Kawaguchi S. and Laslett L. Krill fisheries and sustainability. // CCAMLR. Accessed: Jul. 24, 2025. [Online]. Available: <https://www.ccamlr.org/ru/node/84975>
 24. Быков В.П., Быкова В.М., Кривошеина Л.И. и др. «Антарктический криль. Справочник». – М.: ВНИРО. 2001.
 24. Bykov V.P., Bykova V.M., Krivosheina L.I. and others. Antarctic krill. Handbook. – М.: VNIRO. 2001. (In Russ.)
 25. CCAMLR Secretariat. «Fishery Report 2023: Euphausia superba in Area 48». May 2024. Accessed: Aug. 27, 2025. [Online]. Available: https://fishdocs.ccamlr.org/FishRep_48_KRI_2023.pdf
 26. CCAMLR Secretariat. «CCAMLR Statistical Bulletin, Vol. 36». 2024. Accessed: Aug. 27, 2025. [Online]. Available: <https://www.ccamlr.org/ru/document/data/ccamlr-statistical-bulletin-vol-36>
 27. Боева Н.П., Бредихина О.В., Бочкарев А.И. Технология рыбы и рыбных продуктов: кормовые продукты из водных биологических ресурсов, Учебное пособие. – Москва: ВНИРО. 2008.
 27. Boeva N.P., Bredikhina O.V., Bockharev A.I. Technology of fish and fish products: feed products from aquatic biological resources, Textbook. – Moscow: VNIRO. 2008. (In Russ.)
 28. Aker BioMarine – Company presentation. // Aker BioMarine ASA, Accessed: Aug. 27, 2025. [Online]. Available: <https://www.akerbiomarine.com/hubfs/Aker%20BioMarine%20-%20Company%20presentation%20%20-%20November%202022.pdf>
 29. Benefits for Shrimp Farming. // Aker BioMarine, 2017. Accessed: Aug. 05, 2025. [Online]. Available: <https://www.qrillaqua.com/benefits-for-shrimp-farming>
 30. Benefits for Fish Farming. // Aker BioMarine, 2015. Accessed: Aug. 05, 2025. [Online]. Available: <https://www.qrillaqua.com/benefits-for-fish-farming>
 31. Burri L. and Nunes A.J. P. Benefits of including krill meal into shrimp diets. // World Aquaculture, vol. 47, no. 3, Pp. 19-23, Sep. 2016, Accessed: Aug. 05, 2025. [Online]. Available: <https://www.was.org/>
 32. Cappell R., MacFadyen G. and Constable A. Research funding and economic aspects of the Antarctic krill fishery. // Mar Policy, vol. 143, p. 105200, 2022, doi: 10.1016/j.marpol.2022.105200.
 33. Commodities Price Data (The Pink Sheet). // World Bank, Aug. 2025. Accessed: Aug. 27, 2025. [Online]. Available: <https://www.worldbank.org/en/research/commodity-markets>
 34. Mørkøre T. et al. Dietary inclusion of Antarctic krill meal during the finishing feed period improves health and fillet quality of Atlantic salmon (*Salmo salar* L.). // British Journal of Nutrition, vol. 124, no. 4, Pp. 418-431, 2020, doi: DOI: 10.1017/S0007114520001282.
 35. Baevre-Jensen M. and Nunes A.J.P. Study finds krill meal cost-effective ingredient in shrimp feed. // Global Seafood Alliance. Accessed: Aug. 05, 2025. [Online]. Available: <https://www.globalseafood.org/advocate/study-finds-krill-meal-cost-effective-ingredient-in-shrimp-feed/>
 36. Жовнир В.Ф. Кормовые качества и эффективность использования крилевой муки при интенсивном мясном откорме свиней: Автореферат диссертации. – Тарту: Эстонский НИИ животноводства и ветеринарии им. А. Мельдера. 1986. Accessed: Aug. 05, 2025. [Online]. Available: <https://elib.nlb.by/elib/Record/BY-NLB-rr10183270000?sid=49885942>
 36. Zhovnir V.F. Feed qualities and efficiency of krill meal use in intensive meat fattening of pigs: Abstract of the dissertation. – Tartu: Estonian Research Institute of Animal Husbandry and Veterinary named after A. Melder. 1986. Accessed: Aug. 05, 2025. [Online]. Available: <https://elib.nlb.by/elib/Record/BY-NLB-rr10183270000?sid=49885942> (In Russ.)

Материал поступил в редакцию / Received 08.019.2026
 Принят к публикации / Accepted for publication 12.01.2026