



Потенциал неиспользуемых морских источников кормового белка и липидов. Часть 2

Научная статья
УДК 639.22/.23

<https://doi.org/10.36038/0131-6184-2026-2-34-45>

EDN: CIAPKF

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, ООО «С1БиоИнженерия», 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 многими факторами: 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. 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

Для цитирования: Ageev A.V., Zakhartsev M.V., Zilanov V.K. Потенциал неиспользуемых морских источников кормового белка и липидов. Часть 2 // Рыбное хозяйство. 2026. № 2. С.34-45. <https://doi.org/10.36038/0131-6184-2026-2-34-45>

POTENTIAL OF UNUSED MARINE SOURCES OF FEED PROTEIN AND LIPIDS. PART 2

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, LLC «C1BioEngineering», 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 2 // Fisheries. No. 2. Pp. 34-45. <https://doi.org/10.36038/0131-6184-2026-2-34-45>

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

ЭКОНОМИКА АНТАРКТИЧЕСКОГО КРИЛЯ

Экономические модели бизнеса компаний на промысле антарктического криля существенно различаются, это определяется разными техническими характеристиками судов, организацией их эксплуатации, снабжения и транспортировки продукции, технологического и промыслового оснащения, типа готовой продукции и ее продвижением на рынок.

Лидером в сегменте промысла и переработке криля является норвежская рыболовная и биотехнологическая компания «Aker BioMarine», добившаяся выдающихся результатов и фактически сформировавшая рынки кормовых и оздоровительных крилевых продуктов.

Экономическая модель бизнеса компании «Aker BioMarine» основана: на промысле криля высокопроизводительными крупнотоннажными траулерами-заводами; осуществлении глубокой переработки уловов в море на борту судов; поддержке промысла вспомогательным судном и логистическим центром в порту Монтевидео; реализации первичной продукции производителям кормов для аквакультуры и домашних питомцев; переработке на биофармацевтической фабрике части первичной продукции на оздоровительную.

Китайские компании на промысле криля эксплуатируют 4 современных траулера-процессора, частично перерабатывая уловы и первичную продукцию на пищевую и ингредиенты нутрицевтиков, однако ограниченный опыт промысла в Антарктике и использование технологий глубокой переработки антарктического криля, а также – недостаточные компетенции не позволяют достичь производительности норвежских судов.

Компании других стран промысел криля осуществляют устаревшими универсальными крупнотоннажными траулерами, часто дополняя его промыслом пелагических видов рыб

у побережья Западной Африки; используют традиционную траловую систему; на борту судов выпускают в основном мороженный криль, который частично перерабатывают на компоненты пищевой и оздоровительной продукции на береговых предприятиях.

Промысловые и технологические инновации компании «Aker BioMarine», инвестиции в исследования ресурсов и объекты производственной цепочки, высокий уровень компетенций в отношении промысла и маркетинга обусловили увеличение, за период 2018-2023 годов, объемов вылова криля и производства продукции на 38%, дохода из тонны криля – на 55%, выручка от продаж продукции выросла в 2,1 раза, прибыль – на 59% (табл. 1) [1; 2].

Успешная деятельность компании «Aker BioMarine» основана на масштабных инвестициях в научные исследования экологической системы Антарктики, разработку и внедрение эффективных и экологически безопасных технологий промысла и переработки криля, создание новых продуктов с высокой добавленной стоимостью и их продвижение на рынок.

На начало 2023 г. общая сумма вложений компании в CAPEX составила 700 млн долл. США, включая строительство и модернизацию судов, приобретение биотехнологических мощностей [1].

Вложения в исследования экологической системы Антарктики, промышленные и технологические инновации и продвижение продукции оцениваются в 300-400 млн долл. США. Величина рабочего капитала, варьируя по годам, в среднем составляет 100 млн долл. США.

Финансирование для строительства и модернизации рыбопромысловых судов, исследования состояния ресурсов криля, разработки инновационных способов и орудий лова, приобретение перерабатывающих предприятий, создание, испытание и продвижение крилевых

Таблица 1. Основные производственные показатели компании «Aker BioMarine», тыс. тонн, млн долл. США, % / **Table 1.** The main production indicators of Aker BioMarine, thousand tons, million US dollars, %

Показатели	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Вылов криля, тыс. тонн	207,1	250,8	245,4	241,4	297,6	285,1
Производство продукции, тыс. тонн	36,6	40,9	45,0	43,8	52,0	50,7
Выручка от продаж, млн долл. США	157	246	288	262	275	335
Доход из тонны улова криля, долл. США	758	981	1 174	1 085	924	1 175
EBITDA, млн долл. США	39	53	78	48	69	70
Рентабельность, %	25%	22%	27%	18%	25%	21%

продуктов на рынок было привлечено крупнейшей частной норвежской корпорацией «Aker Group» и путем размещения акций «Aker BioMarine» на фондовой бирже в Осло.

В 2024 г. было объявлено о продаже подразделения по производству кормовых ингредиентов за 590 млн долл. США для того, чтобы сосредоточиться на оздоровительной продукции.

Цепочка создания добавленной стоимости компании «Aker BioMarine» включает: промысел криля траулерами-заводами; накопление первичной продукции, снабжение и поддержку промысла вспомогательным судном; перевозку первичной продукции в логистический центр в порту Монтевидео; переработку части продукции, изготовленной в море на береговом предприятии в Хьюстоне, на ингредиенты оздоровительной продукции на основе компонентов крилевого жира и сбытовые подразделения по всему миру.

Рациональное сочетание в компании «Aker BioMarine» производства первичной продукции с переработкой крилевого жира позволяет изготавливать широкий ассортимент продукции, включая кормовые продукты для аквакультуры под брендом «Qrill Aqua» и домашних животных – «Qrill Pet», нутрицевтики под брендом «Superba Krill Oil», а также – функциональ-

ные продукты питания и ингредиенты для биофармацевтики (рис. 1) [1].

Начиная с 2023 г. на фармацевтической фабрике в Хьюстоне компанией начато производство концентрата омега-3 ПНЖК ДГК из масла микроводорослей под маркой «FloraMarine», а на вновь открытой фабрике в Норвегии – производство протеиновых концентратов.

В составе флота компании четыре рыбопромысловых судна. Общая производительность по производству первичной продукции из уловов криля составляет 565 т/сут, ёмкость трюмов готовой продукции – 57,6 тыс. т (рис. 2) [1].

Рыбопромысловые суда этой компании являются одними из самых совершенных в мировом рыболовстве, существенно превосходят по производительности другие суда на промысле криля. В частности, объемы вылова криля в 2023 г. на одно судно составляли 95,0 тыс. тонн, а судов других компаний – в несколько раз меньше (табл. 2) [3; 4].

Суточные уловы криля норвежских судов колеблются в диапазоне от 500 до 1000 т, а у судов под флагом Республики Корея, Китая, Украины и Чили – от 150 до 350 т [5].

Столь существенная разница в производительности обусловлена использованием

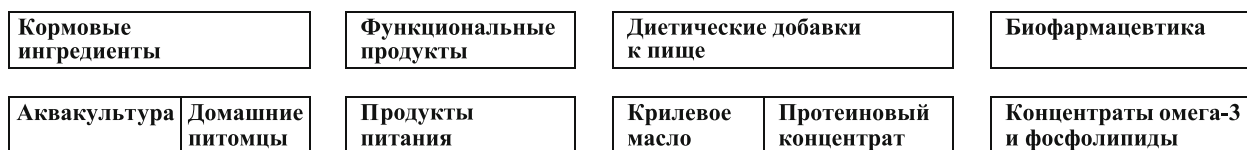


Рисунок 1. Продуктовая линейка компании «Aker BioMarine» [1]

Figure 1. The product line of the Aker BioMarine company [1]

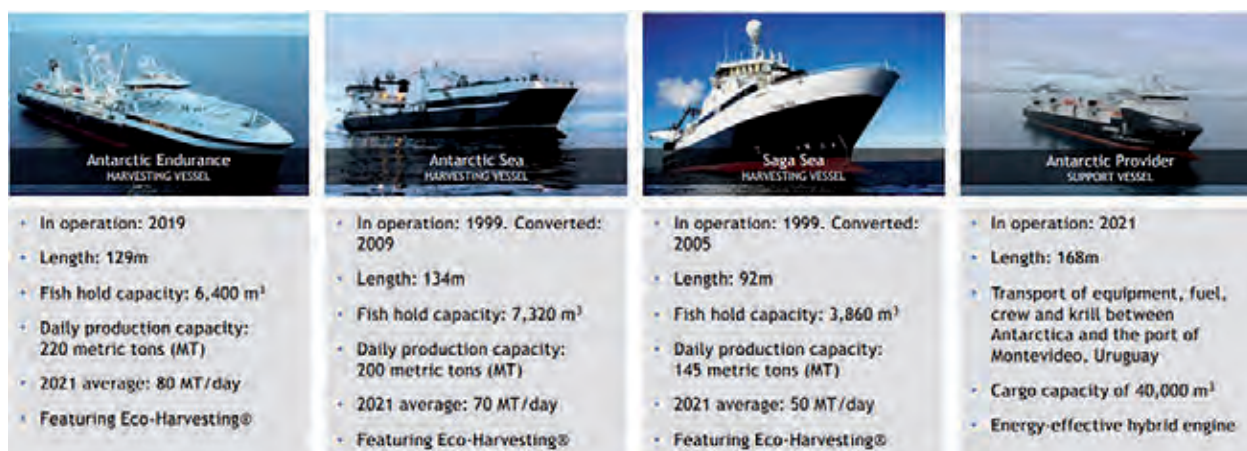


Рисунок 2. Характеристики рыбопромысловых судов компании «Aker BioMarine» [1]

Figure 2. Characteristics of Aker BioMarine fishing vessels [1]

Таблица 2. Производительность судов на промысле криля в 2023 году, тонн [3; 4] / **Table 2.** Performance of vessels in the krill fishery in 2023, tons [3; 4]

Показатель	Вылов криля за сезон, т	Число лицензированных судов, ед.	Производительность одного судна, т/г
Норвегия	285 132	3	95 044
Китай	72 591	4	18 148
Корея, Чили, Украина	66 480	5	13 296

инновационной системы траления и орудий лова, специализированных судов, большой ёмкостью трюмов и производством продукции с высокой степенью переработки сырья. Это позволяет норвежским судам увеличить продолжительность нахождения на промысле, величину суточных уловов и сократить объем продукции, в сравнении с судами других стран.

Глубокая переработка сырья, автономность судов, их снабжение и перевозка продукции без заходов в порт позволили норвежским судам увеличить продолжительность нахождения на промысле до 250-300 суток за сезон, в то время как другие суда на промысле криля находятся 120-190 суток.

Использование современных маркетинговых технологий, патентование инноваций и партнерские отношения с крупными игроками рынка товаров для здоровья и производителей кормов для аквакультуры и домашних животных обусловили лидирующие позиции компании «Aker BioMarine» на рынке, осуществляющей продажи кормовой и оздоровительной продукции в более чем в 80 странах, включая США, Европу, Китай и другие.

Это стало возможным благодаря маркетинговой стратегии, заключающейся в партнерстве с глобальными игроками, такими как, включенная в список «Nasdaq», компания «Shiff Nutrition» США, которая, являясь крупнейшим в мире производителем и дистрибутором функциональных продуктов питания и биологических активных пищевых добавок, выставляет нутрицевтики на полки тысяч супермаркетов и клубов («Walmart», «Costco», «Walgreens» и др.).

Еще одним партнером является компания «Mercola», которая ведет один из самых посещаемых в США сайтов о здоровье и издающая популярный бюллетень. Нутрицевтики из ингредиентов «Aker BioMarine» реализуются Mercola по интернету и в социальных – сетях.

Заключен долгосрочный договор с глобальным производителем аквакормов «BioMar» (Дания) на поставку кормовых крилевых ингредиентов под маркой «Qrill», которая на их основе изготавливает стартовые и производственные корма для лосося, форели, креветок и тилапии.

ДРУГИЕ ВИДЫ ЗООПЛАНКТОНА

Северный криль

Родственные антарктическому крилю эвфаузииды широко распространены в морских водах Северной Атлантики. Ресурсы северных морских эвфаузиид состоят из *Meganupistiphanes norvegica* (далее – северный криль) с примесью рода *Thysanoessa*. Северный криль, как считается, составляет основную биомассу криля в Северном полушарии, а ее общая биомасса эквивалентна антарктическому крилю и оценивается в 380 млн т [6; 7].

Северный криль играет важную роль в морской экосистеме Северной Атлантики, являясь ключевым звеном в пищевой цепи. Этот рачок богат белком и жирными кислотами, необходимыми для морских популяций, и служит основным источником пищи для китов, морских хищников, многих видов рыб, таких как треска, лосось, и морских птиц.

Хотя северный криль часто встречается в прибрежных зонах, он также может мигрировать в открытое море на глубину до 1000 метров. Он совершает суточные вертикальные миграции, поднимаясь на поверхность ночью. По всему ареалу обитания северный криль часто встречается и на поверхности, его слои могут простираться на десятки километров.

Объемы вылова северного криля в настоящее время малозначимы, максимальная величина вылова в 299,5 т была получена в 2019 г. [8]. В настоящее время его добыча в норвежских водах запрещена, хотя в Исландии и Норвегии эпизодически проводится опытный промысел для изучения его коммерческого потенциала.

Северный криль содержит много белка, эфиров астаксантина, большое количество хитина, фтора, меди и кадмия. Протеин в биохимическом составе северного криля в среднем составляет 53,7% АСВ, липиды – 19,4%, зола – 17,2% [9; 10]. Белки и липиды северного криля претерпевают сезонные изменения, связанные с типом преобладающего рациона питания и доступностью пищи (табл. 3).

Общее содержание липидов северного криля, в зависимости от местообитания и сезона, существенно колеблется. Содержание липидов в северном криле растет с увеличением широ-

ты, что является следствием адаптации к более холодной воде (табл. 4).

Доля омега-3 ПНЖК в липидах северного криля, в зависимости от пола рачков, сезона и района обитания, находится в диапазоне 21,8-37,45%; среди омега-3 ПНЖК преобладают ЭПК (20:5n-3) – от 9,40 до 21,10% и ДГК (22:6n-3) – от 10,37 до 22,09%.

Несмотря на то, что северный криль не является значимым объектом рыболовства, предполагается, что его можно добавлять в корма аквакультуры, особенно для плотоядных рыб, помимо этого его липиды могут быть востребованы в фармацевтике и косметологии.

Тихоокеанский криль

Тихоокеанский криль распространен только в северной части Тихого океана. Тихоокеанский криль активно мигрирует по вертикали; глубина обитания обычно составляет около 300 м, но у взрослых особей в дневное время может достигать 1000 метров. По результатам исследований, проведенных ТИНРО в Охотском море в 1984-2011 годах, суммарные ресурсы всех видов криля оцениваются в 78,7 млн т [11].

Тихоокеанский криль обладает удивительными способностями к адаптации к окружающей среде, что делает его одним из наиболее распространенных видов в своей экосистеме. Ресурсы тихоокеанского криля обеспечивают основной источник пищи для китов и морских птиц. Лосось, минтай, треска, скумбрия и окунь также активно питаются тихоокеан-

ским крилем, что прямо влияет на рыбные запасы и промысловую деятельность.

Несмотря на обильные запасы, промысел тихоокеанского криля исторически осуществлялся только в водах Японии, на основе лицензирования, и в меньших масштабах – в водах Канады. Период промысла тихоокеанского криля обычно длился с февраля по июль на континентальном шельфе недалеко от берега на небольшой глубине [12].

Долгое время годовой вылов тихоокеанского криля неуклонно рос, чему способствовало использование специализированных орудий лова и появление рыбных насосов, достигнув максимума в 100 тыс т в 1992 г., но в настоящее время промысел не ведется.

Тихоокеанский криль может успешно использоваться в качестве источника белка, энергии и каротиноидов в кормах аквакультуры [13]. Его использование в качестве белкового компонента стартового корма способствует повышению устойчивости к болезням у смолта лососей, что объясняется потребностью для развития иммунной системы.

Жир тихоокеанского криля содержит вещества, которых нет в рыбьем жире, в частности – фосфолипидную форму омега-3 ПНЖК ЭПК и ДГК, которая встраивается в плазму быстрее, чем триглицериды ЭПК и ДГК, а также – антиоксидант астаксантин (табл. 5) [14]. Лосось, выращенный на рационе, содержащем каротиноиды тихоокеанского криля, обладает превосходным вкусом, естественной окраской и упругой консистенцией.

Таблица 3. Состав северного криля в зависимости от района и времени года, % [9; 10] / **Table 3.** Composition of northern krill depending on the area and season, % [9; 10]

Регион	Сезон	Протеин	Липиды	Хитин	Зола
Каттерат	Весна-лето	55,9	14,9	4,1	17,2
	Зима	48,2	46,5	3,0	13,9
Баллс-фьорд	Весна-лето	36,8	35,4		15,8
	Зима	36,1	42,4		13,4
Уллс-фьорд	Осень	44,2	25,8		12,8

Таблица 4. Состав липидов северного криля в разных районах, % АСВ [10] / **Table 4.** Composition of lipids of northern krill in different areas, % DIA [10]

Регион	Широта N	Сезон	Содержание липидов, %
Средиземное море	43	сентябрь-декабрь	9,1
Воды Шотландии	55	январь-ноябрь	17,2
Каттерат	57	март-сентябрь	19,4
Западное побережье Норвегии	60	ноябрь-май	18,4
Северная Норвегия	70	ноябрь-июль	37,0

Таблица 5. Жирно-кислотный состав липидов тихоокеанского криля, мг/г [14] /
Table 5. Fatty acid composition of Pacific krill lipids, mg/g [14]

Пальметиновая C16:0	Пальмито- леиновая C16:1	Олеиновая C18:1	α -линолевая C18:3	Арахидоновая C20:4	Эйкопентаено- вая C20:5	Докозгек- саеновая C22:6
385,9-559,6	12,6-125,0	168,5-605,0	2,0-23,0	36,5-215,7	559,0-2561,3	239,4-380,6

Веслоногий рачок калянус

Морские веслоногие рачки – многочисленный вид зоопланктона с биомассой, считающейся одной из крупнейших возобновляемых и пригодных для добычи биомассой зоопланктона. Разные виды веслоногих рачков обитают в Северном и Баренцевом морях, северной части Атлантического океана и Северном Ледовитом океане, в проливе Лабрадор, вдоль побережья США и в море Ирмингера. Из всех видов веслоногих рачков самый коммерчески привлекательный – веслоногий рачок *Calanus finmarchicus* (далее – калянус) [15].

Широкая распространенность калянуса объясняется его приспособленностью к разным условиям обитания. Этот рачок можно встретить на разных глубинах: от поверхности океана до 4 тыс. м, в воде с температурой от -2°C до +22 °C, он может обитать при солёности воды 18-36 °C и содержании кислорода 1-9 мл/л.

Калянус – ключевое звено пищевой сети субарктических вод Атлантики, обеспечивает пропитание морских организмов, включая китов, тюленей, рыб, кальмаров и креветок. Величина ресурсов калянуса подвержена сезонным колебаниям и зависит от методики оценки. Размер доступных запасов калянуса был определен Норвежским институтом морских исследований в диапазоне от 193 до 290 млн т [7].

Коммерческий промысел калянуса начался в Норвегии в 2019 г. с установленной годовой квотой вылова в размере 254 тыс. т на глубинах более 1000 м и 3 тыс. т – ближе к побережью на глубинах менее 1000 метров. В рамках этих квот Норвежским институтом морских исследований были выданы 10 лицензий на промысел калянуса.

В течение испытательного промысла был разработан устойчивый метод траления калянуса с использованием специализированно разработанной сети, позволяющей минимизировать прилов и на 2/3 снизить расход топлива, по сравнению с обычным промыслом.

Основная проблема при осуществлении промысла калянуса – низкая производительность, из-за недостаточных концентраций, и рентабельность. Вследствие высоких затрат на промысел при существующих ценах, для рентабельной работы судов необходима производительность не менее 40 т при нынешнем показателе в 3,5 т [14].

Другой проблемой является совпадение периода лова калянуса по времени с сезонами промысла традиционных видов рыб. В частности, сезон промысла некоторых видов скумбрии и сельди совпадает по времени с периодом добычи калянуса в весенние и летние месяцы.

Несмотря на передачу разрешений в продажу, промысел калянуса, в условиях низкой производительности, неопределенной цены и использования судов на промысел традиционных рентабельных объектов, развит слабо. Объемы норвежского вылова калянуса крайне нестабильны, максимум уловов был получен в 2022 г. в объеме 1350 тонн.

Калянус – хороший кандидат на роль нового белкового сырья и кормовых липидов, поскольку содержит оптимальное количество питательных веществ для водных животных и может устойчиво добываться в больших объёмах. Эффективность использования калянуса в аквакультуре обусловлена тем, что это естественная пища для большинства видов рыб, особенно на ранних стадиях их жизни.

Калянус содержит 20-23% сухого вещества, из которого 18% приходится на белок (примерно 80% сухого веса) и 5% – на липиды (примерно 20% сухого веса). В липидах калянуса омега-3 ПНЖК составляют 20-30% общей суммы жирных кислот, в основном представлены сложными эфирами воска [16].

В настоящее время продукты переработки калянуса – белковый гидролизат и масло, ограничено используют в кормах аквакультуры [17]. В частности, производитель аквакормов компания «Skretting» белковый гидролизат калянуса использует в качестве стимулирующего питательного ингредиента в стартовых кормах морской рыбы и личинок креветок.

Несмотря на ограничения, связанные с высоким содержанием эфиров воска, результаты испытаний гидролизата калянуса подтверждают возможность использования липидов калянуса в качестве альтернативы или дополнения к рыбному жиру в рационе лосося.

Помимо хороших питательных свойств, гидролизаты калянуса являются потенциальными источниками специфических биоактивных пептидов, которые стимулируют рост рыб и креветок и повышают эффективность использования корма.

Сравнение стимулирующего эффекта гидролизата калянуса с гидролизатами сардины, тунца и лосося показало, что значимых различий в выживаемости объектов кормления, составе тела или потреблении корма с разными гидролизатами не наблюдается.

В то же время масса тела, скорость роста и эффективность использования белка выше при включении гидролизата калянуса в корм рыб, при этом расход корма, включающего гидролизат калянуса, был меньше, чем у кормов с рыбными гидролизатами.

Из коммерческих продуктов наиболее известен белковый гидролизат калянуса «Zoоса» норвежской компании «Calanus AS», который содержит необходимые аквакультуре аминокислоты, повышает потребление корма, способствует росту и выживанию, улучшает здоровье и иммунный ответ. Масло калянуса «Zoоса» содержит большое количество омега-3 ПНЖК и астаксантина, который усиливает природную пигментацию и способствует росту.

В ходе эксперимента по кормлению личинок креветок 12 рационами с разным содержанием рыбной муки и гидролизата калянуса показали, что добавление гидролизата калянуса в рацион креветок ускоряет потребление корма, обеспечивает лучшую выживаемость креветок – 99,6% и более высокую скорость роста – 4,18% в день [18].

МЕЗОПЕЛАГИЧЕСКИЕ РЫБЫ

Ресурсы и промысел

В мезопелагической зоне Мирового океана – слое холодной воды, простирающемся на глубине от 200 до 1000 м от поверхности, обитает большое число мезопелагических рыб, включающих 30 семейств, являющихся связующим звеном между живыми объектами низкого трофического уровня с высшими хищниками. Доминирующими семействами являются гоностомовые (*Gonostomatidae*) и миктофидовые (*Mystophidae*) рыбы.

Мезопелагические рыбы семейства *Mystophidae* (далее – миктофиды) представлены 250 видами, которые обитают от поверхности до глубин 1000-1200 м и адаптированы к морским водам с минимальным содержанием кислорода. Миктофиды распространены в Мировом океане почти повсеместно, однако уровень их концентрации по районам различается. Миктофиды являются хищниками, питаются они преимущественно в ночное время, во время суточной вертикальной миграции, зоопланктоном, а также – фитопланктоном.

Гоностомовые (*Gonostomatidae*) – семейство глубоководных лучеперых рыб, называемые также колючкоротыми, насчитывающее 32 вида.

Большинство представителей семейства гоностомовых рыб обитает на глубине от 130 до 1500 метров. Питаются они в основном мелкими ракообразными и прочими зоопланктонными организмами. Одни рыбы этого семейства ведут стайный образ жизни в толще воды и совершают значительные вертикальные миграции, другие виды держатся на более или менее постоянной глубине. Характерной чертой рыб этого семейства является наличие у них органов свечения.

В связи с увеличением численности населения и спроса на морскую пищевую и кормовую продукцию, в условиях высокого уровня эксплуатации традиционных видов ВБР Мирового океана, существенно возрос интерес к освоению биоресурсов мезопелагической зоны.

Совокупные ресурсы мезопелагических рыб в Мировом океане оцениваются почти в 1 млрд т (табл. 6) [19], наиболее продуктивным районом является Индийский океан, на него приходится около половины ресурсов мезопелагических рыб.

В масштабе Мирового океана доскональных исследований величины биомассы мезопелагических рыб не проводилось. Полученные акустические записи о концентрациях этих рыб и данные экспериментальных тралений в отдельных районах Мирового океана автоматическими переносились на обширные просторы и на всю вертикальную толщу вод.

Взаимосвязь между биомассой в открытой части Мирового океана и первичной продуктивностью, а также эффективность передачи энергии от фитопланктона к мезопелагическим рыбам позволили пересмотреть их роль в океанических экосистемах и численность.

Акустические наблюдения, проведенные в ходе кругосветной экспедиции «Malaspina» в 2010 г., показали, что биомасса мезопелагических рыб может быть на порядок больше, чем до тех пор было принято считать, и может достигать 10 млрд т [20].

В 1970-1980-х годах было исследовано несколько многообещающих мезопелагических запасов и проведено множество экспериментальных промыслов в Южном океане, Северной и Южной Атлантике, Оманском и Аравийском морях (рис. 2) [19].

Официально зарегистрированные FAO уловы мезопелагических рыб, в период с 1950 по 2018 год, в общей сложности составили 2,7 млн т, из которых наибольшая часть приходилась на Великобританию (Южная Георгия и Сандвичевы острова) – 47% общего улова, Южную Африку – 37% и Исландию – 13%. На рыбу-фонарь (*Lampanyctodes hectoris*) и электрону (*Electrona carlsbergi*) приходится, соответственно, 45,7 и 33,9% вылова [19].

Таблица 6. Биомасса мезопелагических рыб по районам FAO, млн тонн [19] / **Table 6.** Biomass of mesopelagic fish by FAO area, million tons [19]

Промысловый район	Биомасса, млн т	Промысловый район	Биомасса, млн т
Северная часть Атлантики	37,9	Северная часть Тихого океана	80,3
Восточная часть Атлантики	80,7	Центр Тихого океана	120,4
Южная часть Атлантики	53,8	Южная часть Тихого океана	154,8
Западная часть Индийского океана	263,2	Прочие районы	5,3
Восточная часть Индийского океана	202,6	Итого	999,0

Большинство мезопелагических рыбных промыслов были экспериментальными и оказались малопродуктивными и убыточными. В настоящее время специализированный промышленный промысел мезопелагических видов рыб почти полностью прекращен.

В частности, в конце 1970-х начале 1980-х годов норвежские учёные проводили исследования ресурсов мезопелагических рыб в Оманском и Аденском заливах Аравийского моря с использованием трала для добычи криля, который позволил вылавливать в среднем 37,0 т/сутки. Республика Иран, во время промысла светящихся анчоусов в 1996 г. в Оманском заливе, достигала уловов в размере 30 т/сутки. Низкие уловы были признаны экономически нецелесообразными, что привело к закрытию этих промыслов.

Аналогично коммерческое рыболовство светящегося анчоуса, включающее ограниченные операции у берегов Южной Африки и в субантарктических водах, было прекращено в середине 1980-х годов [21]. В водах Исландии во время экспериментального промысла *M. muelleri* было выловлено 46,0 тыс. т в 2009 г., после чего объёмы вылова сократились, а в 2016 г. этот промысел по экономическим причинам был полностью прекращен.

Значительная часть исследований запасов и опытных промыслов мезопелагических рыб, осуществлявшихся СССР в Южном океане в 1980-х годах, показали на большей части, охваченной съёмками площади траления, низкое количество рыбы. Плотные концентрации миктофид, состоящие в основном из одного вида электроны (*Electrona carlsbergi*) встречались лишь в ограниченном числе районов антар-

ктической конвергенции [22]. Пойманная мезопелагическая рыба использовалась в качестве корма для пушных зверей.

Последний раз состояние запаса светящегося анчоуса вида *Electrona carlsbergi* было оценено в 1994 г., в результате оценки CCAMLR установил предохранительное ограничение на вылов в размере 109 тыс. тонн. Общий вылов светящихся анчоусов в 2000 г. составил всего 65 тонн. Поскольку данные о промысловой оценке запасов устарели, то, по рекомендации Рабочей группы по оценке запаса CCAMLR, этот промысел остается закрытым [23].

Высокие операционные расходы, характерные для мезопелагических промыслов, связаны с удаленностью мест обитания, разреженностью скоплений и/или ограниченностью периода лова. Промысел осуществлялся пелагическими тралами с мелкочаистыми сетями, не позволяющими эффективно задерживать без повреждений мелкие и хрупкие организмы мезопелагических рыб. На этом промысле требуется много топлива при тралении, за счет фильтрации больших объёмов воды на глубине и при прохождении трала через толщу вод.

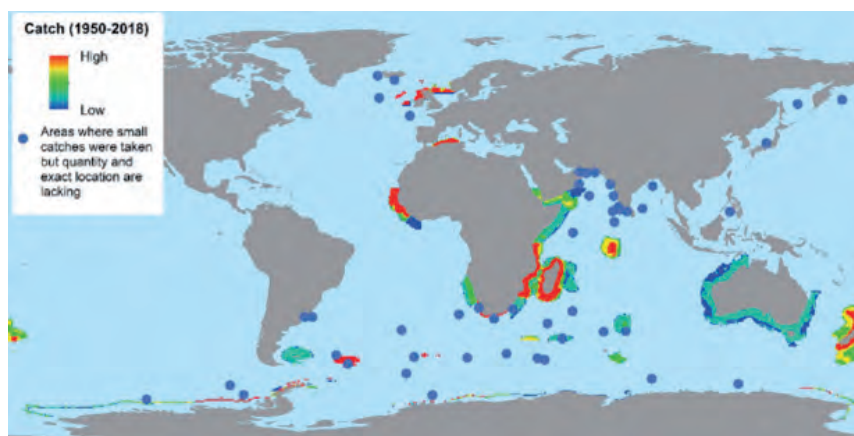


Рисунок 2. Экспериментальный и промышленный лов мезопелагических рыб [19]

Figure 2. Experimental and industrial fishing of mesopelagic fish [19]

Наряду с низкими уловами, прекращение мезопелагических промыслов вызвано ограниченными возможностями использования уловов светящегося анчоуса вследствие сложностей в переработке, вызванных высоким содержанием коллагена в белках, затрудняющих отделение жира при производстве рыбной муки и неустойчивости в хранении, вследствие окисления липидов из-за высокого содержанием жира и эфиров воска в липидах [21].

В настоящее время целесообразность мезопелагического промысла остается под вопросом, вследствие ограниченности биологических данных, знаний об устойчивости промысла, сложности хранения и переработки мезопелагических рыб и низкой рентабельности промысла, обусловленной недостаточными уловами и величиной рыночных цен [24]. Это делает промысел мезопелагических рыб экономически малопривлекательным.

Тем не менее, учитывая недостаток кормового белка животного происхождения для нужд аквакультуры, исследования мезопелагических ресурсов продолжаются. В настоящее время несколько исследовательских проектов посвящены мезопелагическим рыбам, в частности – проект «SFI Harvest», реализуемый «Nofima». Но пока результаты разработки устойчивых методов добычи в рамках этого проекта не многообещающи [25].

В ограниченном масштабе исследования мезопелагических видов в настоящее время продолжились и в РФ, в частности, – учеными ТИНРО в мезопелагиали в субарктической части Северной части Тихого океана и Атлантики в Центрально-восточной Атлантике.

Состав и свойства

Липиды – наиболее изученные кормовые компоненты мезопелагических рыб, самое высокое содержание липидов и пониженное содержание белка наблюдается у наиболее глубоко живущих мезопелагических рыб, при этом содержание липидов существенно варьирует в зависимости от места промысла и сезона. В частности, на жирность светящихся анчоусов влияет сезон и место обитания от 2,1 до 27,4% [23].

Липиды мезопелагических рыб содержат много эфиров воска, что обуславливает сложность извлечения жира в процессе производства рыбной муки и препятствует усвоению питательных веществ организмом. При употреблении в больших количествах вызывают диарею и себорею у животных, что ограничивает использование муки в кормах.

Сложность изготовления, в условиях промысла качественной рыбной муки из светящихся анчоусов, обусловлена высоким содер-

жением солерастворимых белков и коллагена – в 2-4 раза большем количестве по сравнению с традиционными промысловыми рыбами и активной ферментной системы. Высокое содержание коллагена затрудняет отделение жира при производстве рыбной муки. Активные ферменты при извлечении улова на борт судна приводят к быстрой порче светящихся анчоусов, что ухудшает качество рыбной муки.

Жизнеспособность

мезопелагического промысла

«National Institute of Aquatic Resources Technical University of Denmark» и «Danish Pelagic Producers Organization» был проведен анализ жизнеспособности мезопелагического промысла *Maurolicus muelleri* и *Benthoosema glaciale* в Северо-восточной части Атлантики в районах от 43°с.ш. до 82°с.ш. и между 16°з.д. и 35°в.д. (рис. 3), в ходе которого определены условия для рентабельного промысла в современных условиях [24; 26].

Сделанные расчеты показали, что для рентабельного мезопелагического промысла необходимы цены на рыбу в зависимости от характеристик промысла – продолжительности, величины суточных уловов и уровня цен на топливо в диапазоне от 1,6 до 5,0 €/кг.

Расчетный уровень цен в несколько раз выше актуальных цен на традиционные виды рыб с аналогичным содержанием жира. Более высокие цены на мезопелагическую рыбу необходимы для покрытия повышенных затрат, вследствие удаленности мест промысла.

По оценкам датской рыбной промышленности, для экономически выгодного промысла необходимо вылавливать 200-500 т мезопелагических рыб за сутки, что соответствует 40,0-100,0 тыс. т в течение года, при условии двух рейсов и 100 рыболовных дней в году. Эти промысловые показатели в несколько раз превышают показатели, зафиксированные в ходе предыдущих пробных мезопелагических промыслов в регионе.

Нынешняя численность мезопелагических рыб и фактически полученная величина суточных уловов недостаточны для рентабельного промысла. Для того, чтобы мезопелагический промысел датским крупнотоннажным пелагическим флотом был рентабельным при таких уловах, по мнению специалистов, цена на рыбу должна составлять не менее 1,6 €/кг. Однако зарегистрированная средняя цена атлантической скумбрии составляет всего 1,01 €/кг.

Поскольку датские крупнотоннажные пелагические суда полностью заняты промыслом традиционных видов рыб Северо-восточной Атлантики, то величина инвестиций в новое

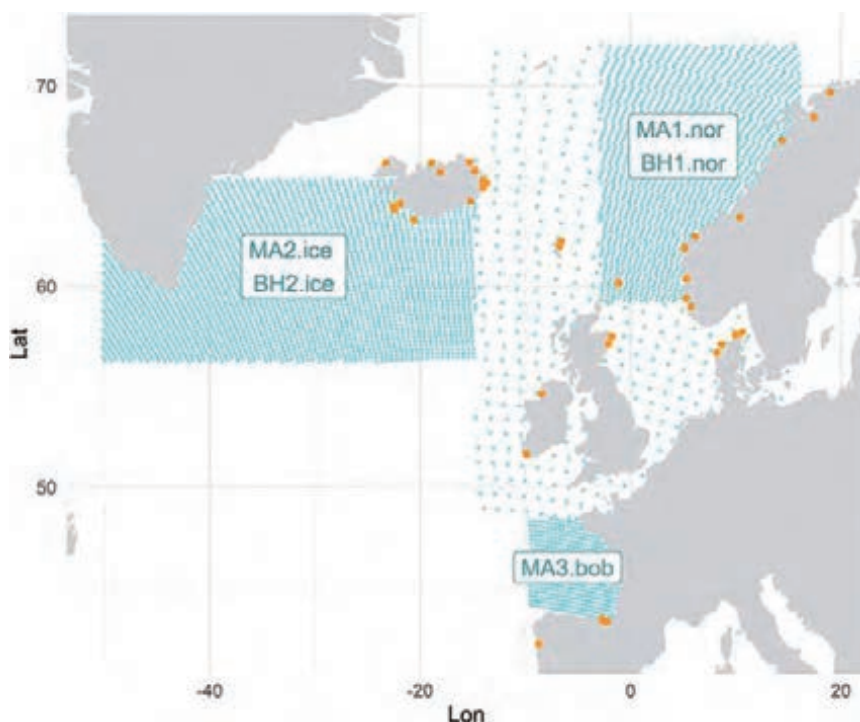


Рисунок 3. Районы промысла мезопелагических рыб в Северо-восточной Атлантике [24]

Figure 3. Fishing areas for mesopelagic fish in the Northeastern Atlantic [24]

сложность адаптации динамики рыболовства к требуемым инвестициям, необходимая для безубыточности и окупаемости инвестиций при актуальной продолжительности промысла и достигнутом размере уловов, обуславливают необходимость большего дохода, чем это возможно на сегодняшний день.

ВЫВОДЫ

Криль, рачок калянус, другие планктонные организмы и мезопелагические рыбы, несмотря на огромные неиспользуемые промысловые ресурсы, имеют ограниченный потенциал (и то лишь в долгосрочной перспективе) для организации широкомасштабного отечественного промысла в целях использования уловов для производства морских кормовых ингредиентов – рыбной муки

и рыбного жира, что обусловлено недостаточными знаниями о пространственно-временном распределении этих объектов; ограниченного периода образования концентраций и низких уловов; совпадения по времени с промыслом востребованных и рентабельных видов ВБР в своей исключительной экономической зоне; отсутствия адекватных методов лова и технологий переработки; недостаточных для окупаемости вложений уровня цен на продукцию. Вместе с тем ряд добывающих компаний зарубежных государств, таких как норвежская компания «Aker BioMarine» ведут и успешно промысел криля в водах Южного океана даже в рыночных условиях. Что касается России, то поисково-исследовательские работы, включая морские исследования, следует продолжить, сосредоточив усилия отечественных НИИ на морских районах Северного полушария, которые расположены ближе, по сравнению с Южным полушарием, к портам базирования и, в случае успеха, быстрее могут быть вовлечены в промысловое использование.

рыболовное судно, для освоения мезопелагических ресурсов, потребуют минимальной цены на рыбу в размере 2,6 €/кг, что обеспечит экономическую целесообразность осуществления промысла. В случае увеличения расходов топлива, из-за удаленности места промысла и роста цен судового топлива на 50%, потребуются повышение цены до 5,0 €/кг.

Удалённость промысловых зон обуславливает необходимость увеличения вместимости топливных танков судов для прибыльного мезопелагического промысла и улучшения способов сохранения улова до переработки. Это позволит увеличить продолжительность нахождения судна в море, которая в настоящее время ограничена 3-5 сутками из-за быстрой порчи улова.

Повышение эффективности тралового лова за счёт адаптации снастей, внедрения механизмов управления тралом, с использованием искусственного освещения и применения насосных систем для непрерывной откачки улова из трала на судно, может существенно снизить эксплуатационные расходы, но потребует значительных инвестиций.

Таким образом, неопределенность пространственно-временного распределения мезопелагических рыб, необходимость окупаемости инвестиций в новые или модернизированные для мезопелагического промысла имеющихся судов,

и рыбного жира, что обусловлено недостаточными знаниями о пространственно-временном распределении этих объектов; ограниченного периода образования концентраций и низких уловов; совпадения по времени с промыслом востребованных и рентабельных видов ВБР в своей исключительной экономической зоне; отсутствия адекватных методов лова и технологий переработки; недостаточных для окупаемости вложений уровня цен на продукцию. Вместе с тем ряд добывающих компаний зарубежных государств, таких как норвежская компания «Aker BioMarine» ведут и успешно промысел криля в водах Южного океана даже в рыночных условиях. Что касается России, то поисково-исследовательские работы, включая морские исследования, следует продолжить, сосредоточив усилия отечественных НИИ на морских районах Северного полушария, которые расположены ближе, по сравнению с Южным полушарием, к портам базирования и, в случае успеха, быстрее могут быть вовлечены в промысловое использование.

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. Aker BioMarine – Company presentation. // Aker BioMarine ASA, Accessed: Aug. 27, 2025. [Online]. Available: <https://www.akerbiomarine.com/hubfs/Aker%20BioMarine%20-%20Company%20presentation%20-%20November%202022.pdf>
2. Vinter C.R. Financial reports and presentations. 2024. Earnings Table Q4. 2024. Accessed: Aug. 30, 2025. [Online]. Available: <https://www.akerbiomarine.com/investor-financial-reports-and-presentations>
3. 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>
4. CCAMLR Secretariat, “List of authorised vessels.” Accessed: Aug. 27, 2025. [Online]. Available: <https://www.ccamlr.org/en/compliance/list-vessel-authorisations>
5. Бандурин К.В., Касаткина С.М., Андрияхин 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.
5. Bandurin K.V., Kasatkina S.M., Andryukhin A.V. 2025. Characteristics of modern fishing and processing of Antarctic krill (*Euphausia superba*). Priority areas of domestic development and use of krill resources. // Fisheries. No. 2. Pp. 23-25. DOI:10.36038/0131-6184-2025-2-23-25. (In Russ.)
6. «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
7. Albrektsen S. et al. 2022. «Future feed resources in sustainable salmonid production: A review». // Rev Aquac. vol. 14. no. 4. Pp. 1790-1812. DOI:10.1111/raq.12673.
8. «Мировые уловы рыбы и нерыбных объектов промысла 2018-2022 гг.». – Москва: ВНИРО. 2024.
8. «World catches of fish and non-volatile fishing objects 2018-2022.» – Moscow: VNIRO. 2024. (In Russ.)
9. Mayzaud P., Virtue P., and Albessard E. 1999. Seasonal variations in the lipid and fatty acid composition of the euphausiid *Meganactiphanes norvegica* from the Ligurian Sea. // Mar Ecol Prog Ser. vol. 186. Pp. 199-210. DOI:10.3354/meps186199.
10. F. Buchholz and R. Prado-Fiedler 1987. Studies on the seasonal biochemistry of the Northern krill *Meganactiphanes norvegica* in the Kattgat // Helgoländer Meeresuntersuchungen. vol. 41. no. 4. Pp. 443-452. DOI:10.1007/BF02365404.
11. Чучукало В.И., Шебанова М.А., Дулепова Е.П., Горбатенко К.М. Жизненные циклы, соматическая продукция эвфаузиид в Охотском море. // Известия ТИНРО. 2013 № 173. Pp. 164-183.
11. Chuchukalo V.I., Shebanova M.A., Dulepova E.P., Gorbatenko K.M. Life cycles, somatic production of euphausiids in the Sea of Okhotsk. // News from TINRO. 2013 № 173. Pp. 164-183. (In Russ.)
12. Nicol S. and Endo Y. 2025. Krill fisheries of the world. – Rome: FAO. 1997. Accessed: Jul. 24. [Online]. Available: <https://www.fao.org/4/w5911e/w5911e00.htm>
13. PICES Annual Reports, “Report of Working Group 23 on Comparative Ecology of Krill in Coastal and Oceanic Waters around the Pacific Rim,” in PICES 2011 Annual Meeting, Khabarovsk, Russia: PICES: The North Pacific Marine Science Organization, Oct. 2011, pp. WG23-2011. Accessed: Aug. 05, 2025. [Online]. Available: <https://meetings.pices.int/publications/annual-reports/2011/2011-WG23.pdf>
14. Yamada. H. et al. 2017 Lipids, fatty acids and hydroxy-fatty acids of *Euphausia pacifica*. // Sci Rep. vol. 7. no. 1. p. 9944. DOI:10.1038/s41598-017-09637-9.
15. Helaouët P. and Beaugrand G. 2007. Macroecology of *Calanus finmarchicus* and *C. helgolandicus* in the North Atlantic Ocean and adjacent seas. // Mar Ecol Prog Ser. vol. 345. Pp. 147-165. DOI:10.3354/meps06775.
16. Vang B., Pedersen A.M., and Olsen R.L. 2013. Oil extraction from the copepod *Calanus finmarchicus* using proteolytic enzymes. // Journal of Aquatic Food Product Technology. vol. 22. no. 6. Pp. 619-628. Nov. DOI:10.1080/10498850.2012.686008.
17. Bøgwald I. et al. 2023. *Calanus finmarchicus* hydrolysate improves growth performance in feeding trial with European sea bass juveniles and increases skeletal muscle growth in cell studies. // Sci Rep. vol. 13. no. 1. p. 12295. DOI:10.1038/s41598-023-38970-5.
18. Bøgwald I., Herrig S., Pedersen A.M., Wubshet S.G., Eilertsen K.E. 2024. Effect of *calanus finmarchicus* hydrolysate inclusion on diet attractiveness for whiteleg shrimp (*Litopenaeus vannamei*). // Fishes. vol. 9. no. 4. p. 134, Apr., doi: 10.3390/fishes9040134.
19. Pauly D. et al. 2021. The biology of mesopelagic fishes and their catches (1950-2018) by commercial and experimental fisheries. // J Mar Sci Eng. vol. 9. no. 10. DOI:10.3390/jmse9101057.
20. Irigoien et al. X. 2014. Large mesopelagic fish's biomass and trophic efficiency in the open ocean. // Nat Commun. vol. 5. no. 1. p. 3271. Feb. DOI:10.1038/ncomms4271.
21. Catul V., Gauns M., Karuppasamy P.K. 2011. A review on mesopelagic fishes belonging to family Myctophidae // Rev Fish Biol Fish. vol. 21. no. 3. Pp. 339-354. Sep. DOI:10.1007/s11160-010-9176-4.
22. Filin A., Gorchinsky K.V., Kiseleva V.M. 1990. Biomass of myctophid in Atlantic sector of the Southern Ocean as estimated by acoustic surveys in Working Group on Fish Stock Assessment, Hobart, Australia: CCAMLR, Oct., p. WGFA990/19. Accessed: Aug. 05, 2025. [Online]. Available: https://www.ccamlr.org/en/system/files/science_journal_papers/25-Filin-et-al.pdf
23. Харенко Е.Н., Сопина А.В., Гриценко Е.А. 2019. Освоение запасов мезопелагиали – долгий путь исследований и поиска. // Труды ВНИРО. vol. 176. Pp. 41-50.
23. Kharenko E.N., Sopina A.V., Gritsenko E.A. 2019. The development of mesopelagic reserves is a long way of research and search. // Proceedings of VNIRO. vol. 176. Pp. 41-50. (In Russ.)
24. Vastenhoud B.M.J., Bastardie F., Andersen K.H., Speirs D.C., Nielsen J.R. 2023. Economic viability of a large vessel mesopelagic fishery under ecological uncertainty. // Front Mar Sci. vol. 10. DOI:10.3389/fmars.2023.1285793.
25. Kvalvik I. and Vang B. 2025. Nofima project: Harvesting and processing of lower trophic marine resources (Vision: Pioneering the lower-trophic fisheries – Innovations to unlock the blue bioeconomic potential). – Accessed: Aug. 05, [Online]. Available: <https://nofima.com/projects/sfi-harvest/>
26. Paoletti S., Nielsen J.R., Sparrevohn C.R., Bastardie F., Vastenhoud B.M.J. 2021. Potential for mesopelagic fishery compared to economy and fisheries dynamics in current large scale Danish pelagic fishery. // Front Mar Sci. vol. 8. Aug. DOI:10.3389/fmars.2021.720897.

Материал поступил в редакцию/ Received 14.02.2026
Принят к публикации / Accepted for publication 10.03.2026