



Качество кормовой рыбной муки, используемой при производстве комбикормов для объектов аквакультуры

<https://doi.org/10.36038/0131-6184-2025-6-123-131>

EDN: KPWXNI

Научная статья УДК 664.957:639.3.043.2

Усков Тимур Николаевич – кандидат технических наук, старший научный сотрудник отдела кормов и кормовых компонентов, Москва, Россия

E-mail: uskov@vniro.ru

Арнаутов Максим Владимирович – кандидат технических наук, начальник отдела кормов и кормовых компонентов, Москва, Россия

E-mail: arnautov@vniro.ru

Артемов Роман Викторович – кандидат технических наук, доцент, директор Департамента прикладных исследований комбикормов и научного сопровождения производств, Москва, Россия

E-mail: artemov@vniro.ru

Государственный научный центр Российской Федерации Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии» (ГНЦ РФ ФГБНУ «ВНИРО»)

Адрес: Россия, 105187, г. Москва, Окружной проезд, 19

Аннотация. Проведено комплексное исследование качественных характеристик 100 образцов кормовой рыбной муки отечественного производства, используемой в комбикормах для объектов аквакультуры. Методом кластерного анализа образцы разделены на пять групп по химическому составу: наибольшая группа ($>50\%$) характеризовалась содержанием сырого протеина $70,2 \pm 0,2\%$, сырого жира $9,40 \pm 0,17\%$, золы $13,7 \pm 0,13\%$. Аминокислотный анализ выявил полноценность белкового состава: сумма незаменимых аминокислот составляла $28,38-31,65 \text{ г/100 г}$ продукта, заменимых – $34,55-38,02 \text{ г/100 г}$ продукта. Анализ соотношений незаменимых аминокислот подтвердил отсутствие фальсификации в исследованных образцах. Липидный профиль характеризовался высоким содержанием эйкозапентаеновой и докозагексаеновой жирных кислот, сумма которых составляла не менее 25% от общего содержания жирных кислот. Кислотное число жира в 95% образцов не превышало 20 мгКОН/г, что свидетельствует о высоком качестве липидов. Полученные данные могут служить основой для разработки нормативов качества рыбной муки для использования в кормах для объектов аквакультуры.

Ключевые слова: рыбная мука, комбикорма для рыб, аминокислотный состав белка, показатели качества, кластерный анализ, жирные кислоты, фальсификация, аквакультура

Для цитирования: Усков Т.Н., Арнаутов М.В., Артемов Р.В. Качество кормовой рыбной муки, используемой при производстве комбикормов для объектов аквакультуры // Рыбное хозяйство. 2025. № 6. С. 123-131. <https://doi.org/10.36038/0131-6184-2025-6-123-131>

QUALITY OF FISH MEAL AS A COMPONENT OF AQUACULTURE FEED QUALITY OF FISH MEAL AS A COMPONENT OF AQUACULTURE FEED

Timur N. Uskov – Candidate of Technical Sciences, Senior researcher, VNIRO.

Maksim V. Arnautov – Candidate of Technical Sciences, Head of department, VNIRO.

Roman V. Artemov – Candidate of Technical Sciences, Director of department, VNIRO.

State Science Center of the Russian Federation Research Institute of Fisheries and Oceanography (VNIRO)

Address: Russia, 105187, Moscow, Okruzhnoy proezd, 19

Annotation. A comprehensive study of 100 samples of fish meal produced in Russia in 2022-2024 and used in the production of compound feeds for aquaculture was conducted. The samples were divided via cluster analysis into five groups according to chemical composition: the largest group ($>50\%$) was characterized by crude protein content $70.2\pm0.2\%$, crude fat $9.40\pm0.17\%$, ash $13.7\pm0.13\%$. Amino acid analysis revealed high value of protein composition: the sum of essential amino acids was $28.38\text{-}31.65\text{ g}/100\text{ g}$ of product, non-essential – $34.55\text{-}38.02\text{ g}/100\text{ g}$ of product. Analysis of essential amino acid ratios confirmed the absence of falsification in the studied samples. The lipid profile was characterized by the sum of eicosapentaenoic and docosahexaenoic acids at least 25% of the total fatty acid content. The acid value of fat in 95% of samples did not exceed 20 mgKOH/g , indicating high lipid quality. The obtained data can serve as a basis for developing specialized quality standards for fish meal for aquaculture feeds.

Keywords: fish meal, fish compound feeds, amino acid composition of protein, quality indicators, cluster analysis, fatty acids, falsification, aquaculture

For citation: Uskov T.N., Arnautov M.V., Artemov R.V. (2025). Quality of fish meal as a component of aquaculture feed // Fisheries. No. 6. Pp. 123-131. <https://doi.org/10.36038/0131-6184-2025-6-123-131>

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

ВВЕДЕНИЕ

Кормовая рыбная мука является одной из важнейших составляющих комбикормов для объектов аквакультуры. Она служит уникальным источником полноценного сбалансированного по аминокислотному профилю белка, жира, содержащего незаменимые полиненасыщенные жирные кислоты, такие как эйкозапентаеновая и докозагексаеновая, широкого спектра макро- и микроэлементов, прежде всего – кальция и фосфора, витаминов группы В [1]. Кормовая ценность муки зависит от вида рыбы, использованной для переработки, технологии, места вылова, сезона года [2]. Мировое производство рыбной муки находится на уровне 5 млн т за последние 20 лет [3]. В России производство рыбной муки последние 10 лет показывает стабильный рост [4; 5; 6], при этом объем производства колеблется в зависимости от сезона года, например, в июне 2024 г. произвели 13,0 тыс. т рыбной муки, что больше на 25,2%, чем за предыдущий

месяц, и на 8,6% больше, чем в июне 2023 г. [7]. Рост производства муки напрямую связан с увеличением вылова водных биоресурсов, например, в 2023 г. российский вылов составил 5,3 млн т, превысив на 8,7% показатель 2022 г., в частности вылов сардины иvasi в 2023 г. был в 1,9 раза больше, чем в 2022 [8; 9]. Динамика объемов производства рыбной муки в мире и России за период 2014-2024 гг. представлена на рисунке 1.

В мировой практике рыбная мука в основном используется при производстве кормов для сельскохозяйственных животных, например, в 2021 г. 86% пришлось на комбикорма для аквакультуры, 2% – для свиноводства, 8% – для птицеводства и 4% – для прочих животных, в том числе непродуктивных (рис. 2) [10].

Из произведенного объема рыбной муки в производственном цикле России используется около 20%, основная часть ее экспортируется, например, в 2023 г. экспорт составил 82% (143 тыс. т), в 2024 г. экспорт со-

ставил уже 89,4% (173 тыс. т) [11; 12]. В связи с тем, что большая часть муки идет на экспорт, на внутреннем рынке присутствует определенная доля низкокачественной продукции [13]. Учитывая, что потребности птиц и свиней по уровню белка составляют от 12 до 25%, а нормы ввода кормовой рыбной муки в рецепты варьируют от 2 до 10%, в кормах для сельскохозяйственных животных допускается использовать рыбную муку различного качества, в том числе – с низким уровнем белка (50%) и высоким уровнем золы, что недопустимо при производстве комбикормов для аквакультуры [14].

Поскольку в комбикормах для аквакультуры доля ввода рыбной муки составляет 10-55%, она является одним из основных компонентов, который формирует качество готовой продукции, поэтому к ней предъявляются более жесткие требования.

В связи с этим целью работы являлось исследование показателей качества рыбной муки, используемой при производстве комбикормов для аквакультуры.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В отделе кормов и кормовых компонентов ФГБНУ «ВНИРО» было исследовано 100 образцов рыбной муки, произведенной в 2022-2024 годах в России. При оценке качества кормовой рыбной муки проводили анализ таких показателей как сырой протеин, жир, зола, влага, аминокислотный профиль белков и жирнокислотный состав липидов, а также – кислотное число жира. При исследовании химического состава в образцах определяли содержание влаги, согласно ГОСТ Р 54951-2012, золы – по ГОСТ 32933-2014, сырого протеина по методу Кельдаля с использованием автоматического анализатора Kjeltec Foss-8400 (Швеция) по ГОСТ 32044.1-2012, липидов по методу Сокслета на автоматическом экстракторе фирмы VELP SER 148/6 по ГОСТ 32905-2014. Кислотное число жира определяли титрованием по ГОСТ 13496.18-85. Для определения жирнокислотного состава липидов в образцах предварительно экстрагировали жир хлороформом, после чего подвергали его прямому метилированию с использованием раствора гидроокиси калия в метаноле, в соответствии с ГОСТ 31665-2012. Полученные метиловые эфиры жирных кислот анализировали на хроматографе Кристалл 5000.2 (ЗАО СКБ Хроматэк) по ГОСТ 31663-2012 на капиллярной колонке CR-FAME 100 м × 0,25 мм × 0,2 мкм (ЗАО СКБ Хроматэк). Идентификацию проводили сравнением со стандартной смесью (Supelco 37 component FAME MIX). При обработке резуль-

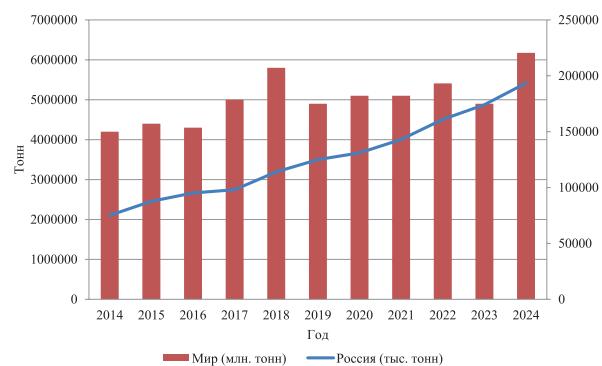


Рисунок 1. Объемы производства рыбной муки в мире и России с 2014 по 2024 годы

Figure 1. Fishmeal production in the world and Russia from 2014 to 2024

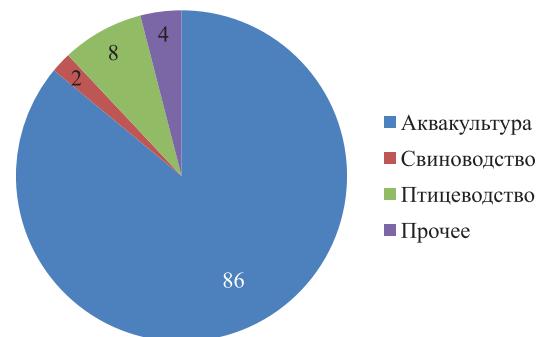


Рисунок 2. Распределение рыбной муки по основным направлениям кормопроизводства

Figure 2. Distribution of fishmeal by main directions of feed production

татов измерений использовали метод внутренней нормализации по площади пика. Аминокислотный состав белка определяли с помощью автоматического аминокислотного анализатора Aracus (membraPure, Германия) методом постколоночной дериватизации с нингидрином с фотометрическим детектированием на длинах волн 440 нм и 570 нм. Статистическая обработка данных была проведена с помощью программ Microsoft Excel и STATISTICA. Данные представлены в виде средних значений и стандартных ошибок среднего. Минимальный уровень значимости составлял $p < 0,05$.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Ценность кормовой рыбной муки, как и других кормовых компонентов, характеризуется уровнем питательных веществ, а именно – общим химическим составом (содержанием сырого протеина, сырого жира, золы и влаги).

ги), аминокислотным профилем белков, жирнокислотным составом и качеством липидов. Производство комбикормов для ценных видов рыб, таких как осетровые, сиговые и лососевые, требует использования высококачественной рыбной муки. В связи с этим, для оценки качества исследуемой кормовой рыбной муки, на первом этапе был изучен общий химический состав образцов, результаты представлены в виде графической интерпретации (кластеров) на рисунке 3.

Из данных, представленных на рисунке 3, видно, что в результате кластерного анализа исследуемая рыбная мука была разделена на 5 основных групп, что свидетельствует о различном ее качестве. Самая большая группа проб рыбной муки (кластер 1), доля которых превышала 50%, имела значения сырого про-

дукта (табл. 1), а также – высокое содержание пролина и глицина, равное 5,05 г и 4,24 г/100 г продукта, соответственно, что является маркером, характеризующим коллагеновое сырье [15; 16; 17]. Таким образом, данные аминокислотного профиля указывают на то, что кормовая рыбная мука из первой группы, вероятнее всего, производилась из отходов переработки рыбной продукции.

Таким образом, согласно проведенным исследованиям, при производстве комбикормов для объектов аквакультуры в основном используется кормовая рыбная мука с высокой питательной ценностью, которая в большинстве случаев соответствует ранее рекомендованным характеристикам: содержание сырого протеина – не менее 65%, сырого жира – не более 12%, сырой золы – не более 17% [14].

Кормовая рыбная мука является источником сырого протеина, качество которого характеризуется полноценностью и сбалансированностью его аминокислотного состава. В связи с этим был исследован аминокислотный профиль белков в кормовой рыбной муке, результаты представлены на рисунке 4 и в таблице 1.

Графическая интерпретация данных (рис. 4) указывает на то, что, в результате кластерного анализа аминокислотного состава белков кормовой рыбной муки, было сформировано 5 основных групп. Отличительной особенностью первой группы является минимальный уровень суммы незаменимых аминокислот – 28,38 г/100 г про-

дукта (табл. 1), а также – высокое содержание пролина и глицина, равное 5,05 г и 4,24 г/100 г продукта, соответственно, что является маркером, характеризующим коллагеновое сырье [15; 16; 17]. Таким образом, данные аминокислотного профиля указывают на то, что кормовая рыбная мука из первой группы, вероятнее всего, производилась из отходов переработки рыбной продукции.

Вторая группа кормовой рыбной муки характеризуется наибольшей суммой замени-

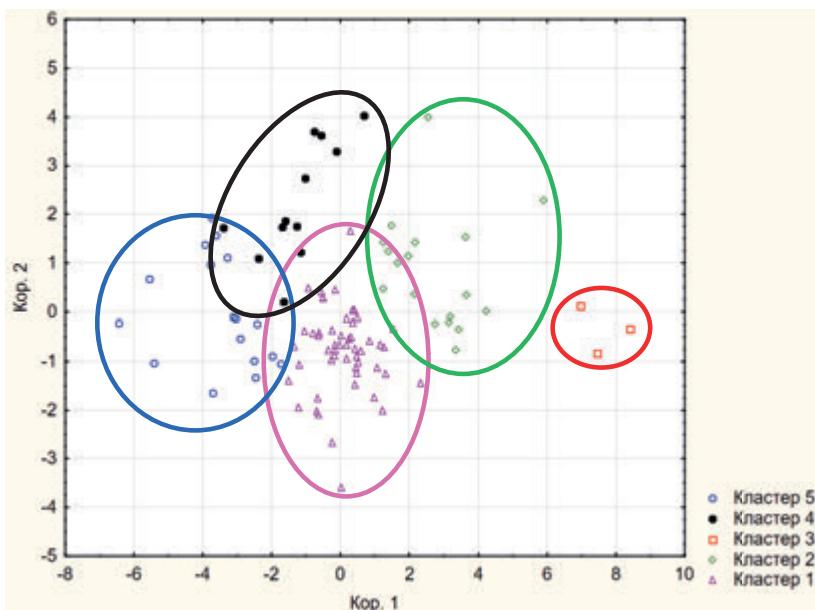


Рисунок 3. Результаты кластерного анализа химического состава кормовой рыбной муки

Figure 3. Cluster analysis results of the chemical composition of fish meal

тина $70,2 \pm 0,2\%$, сырого жира – $9,40 \pm 0,17\%$, сырой золы – $13,7 \pm 0,13\%$, влаги – $5,00 \pm 0,11\%$. Вторая группа (кластер 2) составила 18% от всех образцов и имела сопоставимый уровень сырого протеина $70,03 \pm 0,42\%$, более низкое содержание сырого жира $7,69 \pm 0,16\%$ и более высокий уровень сырой золы $17,6 \pm 0,39\%$. Наименьшая группа кормовой рыбной муки составила 3% (кластер 3) и характеризовалась низким уровнем сырого протеина $64,0 \pm 0,54\%$, средним содержанием сырого жира и высо-

Таблица 1. Аминокислотный состав белков кормовой рыбной муки (средние значения) /
Table 1. Protein amino acid composition of fish meal (average values)

Наименование аминокислоты	Номер группы				
	Группа 1	Группа 2	Группа 3	Группа 4	Группа 5
Аспарагиновая кислота	6,68±0,08	7,63±0,07	6,78±0,04	6,87±0,03	7,25±0,10
Треонин	3,06±0,06	3,34±0,05	3,07±0,03	3,03±0,04	3,39±0,06
Серин	3,10±0,07	3,39±0,04	3,17±0,03	2,87±0,02	3,24±0,05
Глутаминовая кислота	10,32±0,24	12,85±0,12	11,44±0,09	10,99±0,09	10,72±0,15
Глицин	4,24±0,13	3,98±0,09	4,51±0,08	4,09±0,05	4,32±0,12
Аланин	4,49±0,09	4,57±0,05	4,30±0,03	4,17±0,03	4,53±0,08
Цистин+цистеин	0,46±0,05	0,52±0,03	0,58±0,03	0,61±0,03	0,55±0,04
Валин	3,16±0,09	3,72±0,05	3,43±0,03	3,59±0,03	3,85±0,05
Метионин	1,50±0,06	2,20±0,08	2,28±0,03	2,27±0,04	2,00±0,05
Изолейцин	3,12±0,06	3,31±0,03	2,88±0,03	3,01±0,04	3,32±0,04
Лейцин	5,61±0,11	5,97±0,05	5,41±0,04	5,53±0,03	5,93±0,06
Тирозин	1,99±0,09	2,63±0,05	2,33±0,02	2,47±0,02	2,33±0,08
Фенилаланин	2,69±0,07	3,18±0,04	2,86±0,02	2,94±0,02	3,08±0,03
Гистидин	1,60±0,08	1,80±0,02	1,75±0,02	2,13±0,05	1,98±0,08
Лизин	6,01±0,15	6,49±0,10	5,74±0,05	5,99±0,05	6,24±0,07
Аргинин	4,33±0,07	4,84±0,13	4,70±0,07	4,20±0,02	4,82±0,06
Пролин	5,05±0,21	2,97±0,09	3,41±0,05	3,09±0,05	3,17±0,05
Сумма незаменимых аминокислот	28,38	31,65	29,27	29,71	31,31
Сумма заменимых аминокислот	35,87	38,02	35,94	34,55	35,56

мых и незаменимых аминокислот. Незаменимые аминокислоты представлены высокими значениями лизина (6,49 г/100 г продукта), тирозина (2,63 г/100 г продукта), фенилаланина (3,18 г/100 г продукта), которые в среднем больше на 7%, по сравнению с содержанием в других группах, при этом отмечаются сниженные значения глицина и пролина, характерные для коллагенового сырья, что может свидетельствовать о высоком качестве белка в рыбной муке.

Третья группа кормовой рыбной муки по содержанию аминокислот сопоставима с четвертой группой, за исключением сниженного уровня гистидина на 18% (1,75 г/100 г продукта), повышенного на 10% уровня аргинина (1,75 г/100 г продукта), на 9% пролина (3,41 г/100 г продукта) и глицина (4,51 г/100 г продукта).

Четвертая группа кормовой рыбной муки значительно не отличается по аминокис-

лотному профилю от третьей, за исключением максимальных значений суммы цистин+цистеин (0,61 г/100 г продукта) и гистидина (2,13 г/100 г продукта). Минимальные значе-

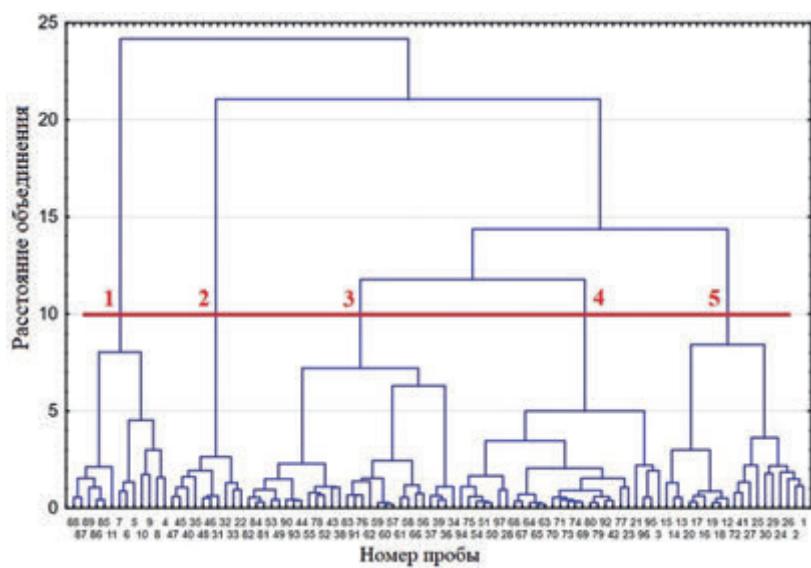


Рисунок 4. Результаты кластерного анализа аминокислотного состава белков кормовой рыбной муки

Figure 4. Cluster analysis results of the amino acid composition of fish meal proteins

ния у треонина, серина, аланина и аргинина ниже среднего на 4, 9, 5 и 8%, соответственно. Основной незаменимой аминокислотой, образующей четвертую группу, является фенилаланин, доля которого составляет 2,94 г/100 г продукта. Заменимые аминокислоты, образующие группу – серин, аспарагиновая и глутаминовая кислоты.

Особенностью пятой группы является относительно высокое значение суммы незаменимых аминокислот – 31,31 г/100 г продукта, из них максимальные значения у треонина (3,39 г/100 г продукта), валина (3,85 г/100 г продукта) и изолейцина (3,32 г/100 г продукта). Незаменимые аминокислоты, образующие пятую группу – лизин, фенилаланин, лейцин и изолейцин. Заменимые аминокислоты, образующие группу – тирозин и глутаминовая кислота.

Таким образом, применение кластерного анализа позволило разделить образцы на группы, отличающиеся по содержанию аминокислот, и выделить основные аминокислоты, образующие ту или иную группу.

Кормовая рыбная мука относится к продукции, подверженной фальсификации, которая осуществляется за счет добавления белковых кормовых компонентов (мясной муки, соевых продуктов, дрожжей, шротов, отходов кожевенного производства), а также – неорганических веществ (мочевины) [18]. Одним из методов оценки возможной фальсификации рыбной муки считается сравнение отношений

отдельных незаменимых аминокислот (НАК) к их сумме. В связи этим было рассчитано отношение незаменимых аминокислот к их сумме во всех исследуемых группах рыбной муки, результаты представлены в виде гистограммы на рисунке 5. Для сравнения использованы данные по фальсифицированной рыбной муке, приведенные в литературе [19].

Данные, представленные на гистограмме, свидетельствуют о том, что соотношения отдельных незаменимых аминокислот к их сумме, в исследованных образцах кормовой рыбной муки, значительно не отличаются друг от друга, в то время как в случае фальсифицированной муки эти соотношения сильно варьируют, в частности, у лизина, метионина, сумме цистин+цистеин, валина, фенилаланина и гистидина. Проба фальсифицированной муки имеет содержание лизина в среднем ниже на 63%, метионина – ниже на 69%, суммы цистин+цистеин – выше на 362%, валина – выше на 46%, фенилаланина – выше на 26%, гистидина – ниже на 39%. Известно, что при фальсификации рыбной муки перьевая мукою значительно вырастает содержание цистина и снижается уровень метионина. Также в фальсифицированной муке, как правило, снижен уровень гистидина [19]. Анализ аминокислотного профиля белка, в исследованных нами пробах рыбной муки, указывает на ее натуральное происхождение исключительно из рыбного сырья.

Высокая биологическая ценность кормовой рыбной муки обусловлена не только сбалансированным полноценным белком, но и жиром, богатым полиненасыщенными жирными кислотами. Физиологически наиболее ценными для рыб признаны эйкозапентаеновая, до-козагексаеновая и арахидоновая кислоты, которые участвуют в липидном гомеостазе, являются структурными и функциональными элементами мембран клеток и необходимы для нормального роста и развития организма рыбы, в особенности личинки и ранней молоди [20; 21]. В связи с этим, по результатам анализа жирнокислотного профиля липидов в образцах рыбной муки, при помощи кластерного анализа были получены две основные группы (кластеры), состав

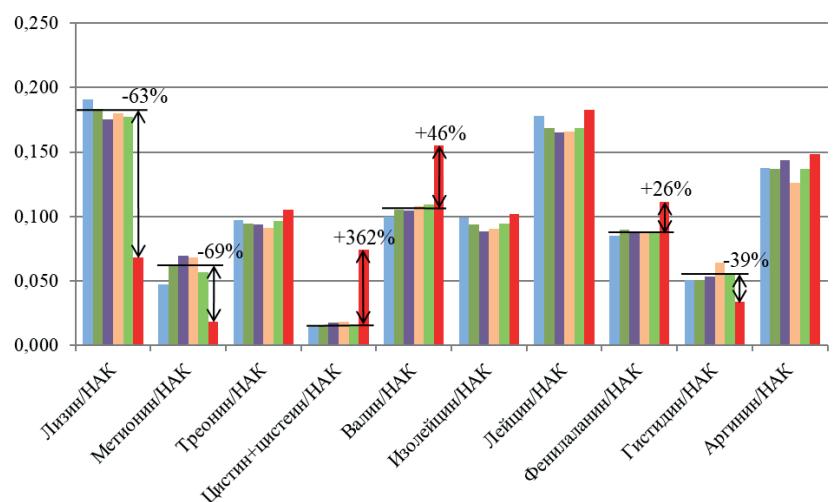


Рисунок 5. Соотношение незаменимых аминокислот к сумме НАК в исследованных образцах рыбной муки

Figure 5. The ratio of essential amino acids to the total essential amino acids in the studied fish meal samples

которых представлен на рисунке 6.

Из графика видно, что жирнокислотный профиль исследуемых образцов в обеих группах имеет схожий состав по основным кислотам, за исключением эйкозеновой (C20:1n9) и эйкозапентаеновой (C20:5n3) кислот. Содержание эйкозеновой кислоты в первой группе было ниже на 68%, при этом уровень эйкозапентаеновой кислоты был выше на 36%. Такие различия связаны, в основном, с исходным сырьем, которое используется в производстве кормовой рыбной муки.

Несмотря на различия в содержании эйкозапентаеновой кислоты, суммарно в исследованных образцах уровень эссенциальных жирных кислот – эйкозапентаеновой и докозагексаеновой, в среднем по группам составил 32,3% и 26,0%, соответственно, что свидетельствует о высоком качестве липидов, физиологически ценных для рыбы.

Отрицательной стороной высокого уровня полиненасыщенных жирных кислот в рыбной муке является их чувствительность к воздействию кислорода воздуха, ультрафиолетового и теплового излучения, под действием которых липиды подвержены быстрому окислению. В процессе хранения муки могут образовываться продукты окисления липидов [22], которые характеризуются такими интегральными показателями, как перекисное и кислотное число. Согласно ГОСТ 2116-2000, кислотное число жира рыбной муки не должно превышать 55,0 мгКОН/г. Во всех исследованных образцах рыбной муки было определено кислотное число жира, которое варьировало в интервале от 7,2 до 42,9 мгКОН/г, при этом у основной части проб, доля которых составляла 95%, данный показатель не превышал значения 20 мгКОН/г.

ВЫВОДЫ

На основании анализа результатов комплексных исследований следует, что при производстве комбикормов для аквакультуры используется в основном кормовая рыбная мука высокого качества, отличающаяся повышенным содержанием сырого протеина – не менее 69%, ограниченным уровнем сырой золы до 18%, сырого жира не более 12% и влаги

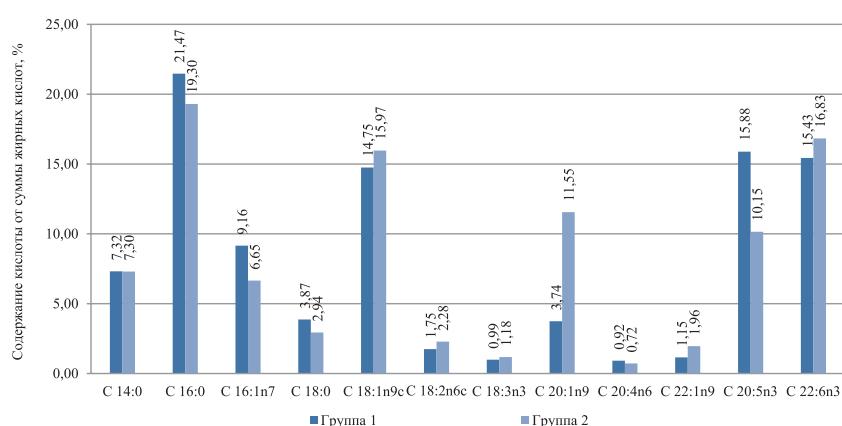


Рисунок 6. Результаты кластерного анализа жирнокислотного состава липидов кормовой рыбной муки

Figure 6. Cluster analysis results of fatty acid composition of lipids in fish meal

до 8%. Белок рыбной муки представлен полным набором незаменимых и заменимых аминокислот, доля которых составляет не менее 28 г/100 г продукта и 35 г/100 г продукта, соответственно. Эссенциальные аминокислоты рыбной муки представлены: лизином – не менее 5,7 г/100 г продукта, аргинином – не менее 4,2 г/100 г продукта, метионином – не менее 1,5 г/100 г продукта, цистин+цистеином – не менее 0,50 г/100 г продукта, изолейцином – не менее 2,9 г/100 г продукта, лейцином – не менее 5,4 г/100 г продукта, фенилаланином – не менее 2,7 г/100 г продукта, треонином – не менее 3,0 г/100 г продукта, гистидином – не менее 1,6 г/100 г продукта, валином – не менее 3,2 г/100 г продукта.

Данные по соотношению отдельных незаменимых аминокислот к их сумме, как один из возможных методов оценки, показали отсутствие фальсификации в исследованных образцах кормовой рыбной муки и соответствие аминокислотному составу сырья, использованного при ее производстве. Проба фальсифицированной муки имела значительно сниженные уровни: лизина – на 63%, метионина – на 69%, гистидина – на 39% и более высокие значения по сумме цистин+цистеин – на 362%, валина – на 46% и фенилаланина – на 26%.

Липиды кормовой рыбной муки представлены эссенциальными полиненасыщенными жирными кислотами, физиологически ценными для нормального роста и развития организма рыбы, такими как эйкозапентаеновая и докозагексаеновая, сумма которых составила не менее 25% от суммы жирных кислот. Качество жиров рыбной муки оценивалось по такому показателю, как кислотное число, уровень

Таблица 2. Рекомендуемые показатели кормовой рыбной муки высокого качества, используемой при производстве комбикормов для аквакультуры / **Table 2.** Recommended parameters for high-quality fish meal used in the production of fish feed for aquaculture

Показатель качества КРМ	Содержание аминокислот, г/100 г продукта, не менее		Соотношение незаменимых аминокислот к их сумме	
	Лизин	5,7	Лизин/НАК	0,176-0,191
	Аргинин	4,2	Аргинин/НАК	0,126-0,144
Сырой протеин	≥ 69%	Метионин	1,5	Метионин/НАК
Сырой жир	≤ 12%	Цистин+цистеин	0,5	Цистин+цистеин/НАК
Сырая зола	≤ 18%	Изолейцин	2,9	Изолейцин/НАК
Влага	≤ 8%	Лейцин	5,4	Лейцин/НАК
Сумма незаменимых аминокислот	≥ 28 г/100 г	Фенилаланин	2,7	Фенилаланин/НАК
Сумма заменимых аминокислот	≥ 35 г/100 г	Треонин	3,0	Треонин/НАК
Сумма ЭПК+ДГК от суммы жирных кислот	≥ 25%	Гистидин	1,6	Гистидин/НАК
Кислотное число жира	≤ 20 мгКОН/г	Валин	3,2	Валин/НАК

которого в основном находился в пределах до 20 мгКОН/г, что указывает на высокое качество исследованных образцов рыбной муки.

Таким образом, исследованные показатели качества рыбной муки, значительно отличаются от показателей, регламентируемых в ГОСТ 2116-2000, и могут быть использованы в качестве нормируемых значений к требованиям на высококачественную рыбную муку, используемую при производстве комбикормов для аквакультуры (табл. 2).

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов. Вклад в работу авторов: Т.Н. Усков – сбор и анализ данных, подготовка материалов и оформление статьи; М.В. Арнаутов и Р.В. Артемов – концепция исследования, анализ и интерпретация данных, обработка и редактирование текста, итоговые выводы.

The authors declare that there is no conflict of interest. Contribution to the work of the authors: Uskov T.N. – gathering, analysis and systematization of data, preparation of the article; Arnautov M.V. and Artemov R.V. – research conception, analysis and interpretation of results, text correction, conclusions.

ЛИТЕРАТУРА И ИСТОЧНИКИ

- Исаев В.А. Кормовая рыбная мука. – М.: Агропромиздату 1985. – 189 с.
- Артемов Р.В., Бурлаченко И.В., Бочкирев А.И., Баскакова Ю.А. О путях повышения качества кормо-

вой рыбной муки для нужд аквакультуры в Российской Федерации // Труды ВНИРО. 2019. Т. 176. С. 152-159.

- ФАО. 2024. Состояние мирового рыболовства и аквакультуры – 2024. «Голубая трансформация» в действии. – Рим. <https://doi.org/10.4060/cd0683ru>
- Агеев А. В. Состояние и перспективы мирового и отечественного производства кормов для объектов аквакультуры, производства и потребления рыбной муки // Рыбное хозяйство. 2018. № 5. С. 81-85.
- Мировое производство рыбной продукции 2018-2022 гг. М: ВНИРО. 2024. 261 с.
- Статистические сведения по рыбной промышленности России 2022, 2023 гг. М.: ВНИРО. 2024. 84 с.
- Производство кормовой рыбной муки выросло в РФ. [Интернет ресурс]. Режим доступа: <https://agrarnayauznaika.ru/proizvodstvo-kormovoj-rybnoj-muki-vyroslo-v-rf/>. (Дата обращения: 25.09.2024)
- Россия увеличила вылов рыбы на 8,7 процента [Интернет ресурс]. Режим доступа: <https://ria.ru/20240115/vylov-1921383724.html> (Дата обращения: 25.09.2024.).
- Вылов сардины иваси в 2023 г. стал самым высоким за постсоветский период [Интернет ресурс]. Режим доступа: https://www.varpe.org/mass-media/razdel-1/vylov-ivasi-v-2023-godu-stal-samyim-vysokim-za-postsovetskiy-period/?sphrase_id=11199 (Дата обращения: 25.09.2024.).
- Захарцев М.В., Агеев А.В. Тенденции на рынке рыбной муки и перспективы ее замены// Комбикорма. 2025. №5. С. 19-27.
- Россия увеличивает экспорт рыбной муки [Интернет ресурс]. Режим доступа: <https://aemcs.ru/2024/03/07/rossiya-uvelichivaet-eksport-rybnoj-muki/> (Дата обращения: 25.09.2024).
- Российский экспорт рыбной муки вырос на 22,6% в 2024 г. [Интернет ресурс]. Режим доступа: <https://>

- fsarf.ru/news/rossiyskiy-eksport-rybnoy-muki-vyros-na-22-6-v-2024-godu/. Дата обращения: 20.06.2025 ()
13. Бекетов С. В., Козлов А. В., Прядед М. Н., Климов В. А. Качественная оценка протеина рыбной муки, используемой в аквакультуре// Рыбное хозяйство. 2019. № 6. С. 58-61.
 14. Волошин Г.В., Акимов Е.Б., Артемов Р.В., Гершунская В.В. Состояние и перспективы развития рынка комбикормов для индустриальной аквакультуры в Российской Федерации // Труды ВНИРО. 2022. Т. 190. С. 163-169.
 15. Помоз А.С. Состав и свойства отходов от переработки массовых промысловых рыб дальневосточного бассейна // Научные труды Дальрыбвтуза: сборник научных статей. – Владивосток: Дальрыбвтуз. 2012. Т.25. С. 116-122.
 16. Available amino acid content of fish meals. FAO fisheries report; no. 92. – Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 1970. 66 p.
 17. Купина Н.М., Баштовой А.Н., Павель К.Г. Исследование химического состава, биологической ценности и безопасности минтая *Theragra Chalcogramma* залива Петра Великого // Известия ТИНРО. 2015. Т. 180. С. 310-319.
 18. Филиппов М., Гроздов А., Тужикова Т., Страшилина Н. Аминокислотный профиль рыбной муки // Комбикорма. №5. 2012. С. 79-81.
 19. Клименко Т. Что важно знать при закупке рыбной муки? // Животноводство России. 2007. №10. С. 57-58.
 20. Махутова О.Н., Гладышев М.И. Незаменимые полиненасыщенные жирные кислоты в физиологии и метаболизме рыб и человека: значение, потребности, источники // Российский физиологический журнал им. И.М. Сеченова. 2020. Т. 106. Выпуск 5. С. 601-621.
 21. Ржавская Ф.М. Жиры рыб и морских млекопитающих. – М.: Изд-во «Пищевая промышленность». 1976. 473 с.
 22. Сергиенко Е.В., Боева Н.П., Бочкарев А.И., Артемова А.Г., Сытов А.М. К вопросу гармонизации отечественных и зарубежных показателей качества и безопасности кормовой рыбной муки// Рыбное хозяйство. 2013. № 3. С. 119-124.

LITERATURE AND SOURCES

1. Isaev V.A. (1985). Fish meal. – M.: Agropromizdat. 189 p. (In Russ.)
2. Artemov R.V., Burlachenko I.V., Bochkarev A.I., Baskakova Yu.A. (2019). About Directions of Quality Improvement for Fish Meal, Used for Aquaculture Needs at Russian Federation // Trudy VNIRO. Vol. 176. Pp. 152-159. (In Russ.)
3. FAO. 2024. The State of World Fisheries and Aquaculture. «Blue Transformation» in action. – Rome: FAO. 232 p. <https://doi.org/10.4060/cd0683ru> (In Russ.)
4. Ageev A.V. (2018). Modern status and prospects of global and domestic production and consumption of fishmeal and fodder for aquaculture facilities // Fisheries. No. 5. Pp. 81-85. (In Russ.)
5. World production of fish products 2018-2022 гг. – M: VNIRO. 2024. 261 p. (In Russ.)
6. Statistical information on the fishing industry in Russia 2022, 2023. M: VNIRO. 2024. 84 p. (In Russ.)
7. Fish meal production has increased in Russia. URL: <https://agrarnayanauka.ru/proizvodstvo-kormovoy-rybnoj-muki-vyroslo-v-rf/> (accessed: 09/25/2024). (In Russ.)
8. Russia increased fish catch by 8.7 percent. URL: <https://ria.ru/20240115/vylov-1921383724.html> (accessed: 09/25/2024). (In Russ.)
9. The Iwashi sardine catch in 2023 was the highest in the post-Soviet period. URL: https://www.varpe.org/mass-media/razdel-1/vylov-ivasi-v-2023-godu-stal-samym-vysokim-za-postsovetskiy-period/?sphrase_id=11199 (accessed: 09/25/2024). (In Russ.)
10. Zakhartsev M.V., Ageyev A.V. (2025). Trends in the fishmeal market and prospects for its replacement // Kombi-korma. No. 5. Pp. 19-27. (In Russ.)
11. Russia increases fishmeal exports. URL: <https://aem-cx.ru/2024/03/07/rossiya-velichivaet-eksport-rybnoj-muki/> (accessed: 09/25/2024). (In Russ.)
12. Russian fishmeal exports increased by 22.6% in 2024. URL: <https://fsarf.ru/news/rossiyskiy-eksport-rybnoy-muki-vyros-na-22-6-v-2024-godu/> (accessed: 06/20/2025). (In Russ.)
13. Beketov S.V., Kozlov A.V., Praded M.N., Klimov V.A. (2019). A Qualitative assessment of fishmeal protein used in aquaculture // Fisheries. No. 6. Pp. 58-61. (In Russ.)
14. Voloshin G.A., Akimov E.B., Artemov R.V., Gershunskaya V.V. (2022). The state and prospects of development of the feed market for industrial aquaculture in the Russian Federation // Trudy VNIRO. Vol. 190. Pp. 163-169. (In Russ.)
15. Pomoz A.S. (2012). Composition and properties of waste from processing of mass commercial fish of the Far Eastern basin // Scientific works of the Far Eastern Technical University of Fisheries: a collection of scientific articles. – Vladivostok: Far Eastern Technical University of Fisheries. Vol. 25. Pp. 116-122. (In Russ.)
16. Available amino acid content of fish meals. FAO fisheries report; no. 92. – Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 1970. 66 p. (In Russ.)
17. Kupina N.M., Bashtovoy A.N., Pavel K.G. (2015). Investigation of chemical composition, biological value and safety of walleye pollock *Theragra chalcogramma* from Peter the Great Bay // Izv. TINRO. Vol. 180. Pp. 310-319. (In Russ.)
18. Filippov M., Grozdov A., Tuzhykova T., Strashylina N. (2012). Amino acid profile of fish meal // Kombi-korma. No. 5. Pp. 79-81. (In Russ.)
19. Klymenko T. (2007). What is important to know when purchasing fishmeal? // Animal husbandry in Russia. No. 10. Pp. 57-58. (In Russ.)
20. Makhutova O.N., Gladyshev M.I. Essential (2020). PUFA in physiology and metabolism of fish and human: functions, needs, sources // I.M. Sechenov Russian Physiological Journal. Vol. 106. Is. 5. Pp. 601-621. (In Russ.)
21. Rzhavskaya F.M. (1976). Fish and marine mammal fats. M.: «Food Industry». 473 p. (In Russ.)
22. Sergienko E.V., Boeva N.P., Bochkarev A.I., Artemova A.G., Sytov A.M. (2013). On the matter of harmonization of domestic and foreign indices of quality and safety of fish feeding meal // Fisheries. No. 3. Pp. 119-124. (In Russ.)

Материал поступил в редакцию/ Received 17.10.2025
Принят к публикации/ Accepted for publication 05.11.2025