

# ПЕРЕКИСНОЕ ЧИСЛО В РЫБНОЙ МУКЕ: НУЖЕН ЛИ ОТРАСЛИ ДАННЫЙ ПОКАЗАТЕЛЬ?

**Резюме.** Статья посвящена обсуждению значимости показателя перекисного числа, который согласно проекту ТР ЕАЭС «О безопасности кормов и кормовых добавок» будет регламентирован в муке кормовой из рыбы на уровне не более 0,1 % йода. Такой низкий допустимый уровень может привести к искусственному дефициту высококачественной рыбной муки на внутреннем рынке. Рассмотрены нормативные документы и различные методические подходы к определению перекисного числа. Сделан вывод о том, что, являясь регламентированным показателем качества, перекисное число не всегда объективно отражает реальную степень окисления липидов рыбной муки. Кроме того, использование разных методов и условий анализа приводит к завышенным или необъективным значениям перекисного числа. Предложено использовать более подходящие для регулярного контроля показатели качества рыбной муки, в частности содержание малонового диальдегида.

**Ключевые слова:** рыбная мука, показатели качества, перекисное число, малоновый диальдегид.

## PEROXIDE VALUE IN FISHMEAL: DOES THE INDUSTRY NEED THIS INDICATOR?

**Abstract.** The article is devoted to the discussion of the significance of the peroxide number indicator, which, according to the draft TR EAEU "On the safety of feed and feed additives", will be regulated in fish meal at a level of no more than 0.1% of iodine. Such a low permissible level can lead to an artificial shortage of high-quality fish meal in the domestic market. Regulatory documents and various methodological approaches to the determination of the peroxide number are considered. Regulatory documents and various methodological approaches to the determination of the peroxide number are considered. It is concluded that, being a regulated indicator of the quality of fish meal, the peroxide number does not always objectively reflect the real degree of lipid oxidation. In addition, the use of different methods and conditions of analysis leads to overestimated or biased values of the peroxide number. It is proposed to use more suitable for regular control indicators of the quality of fish meal, in particular the content of malonic dialdehyde.

**Key words:** fish meal, quality indicators, peroxide value, malondialdehyde.

Кормовая рыбная мука — один из наиболее ценных белковых компонентов комбикормов для сельскохозяйственных животных и объектов аквакультуры. Но если для птицы, свиней и крупного рогатого скота ее содержание в рецептах кормов не превышает 10%, то для ценных видов рыб оно варьирует от 15% (в продукционных) до 50% (в стартовых кормах). Вследствие этого качество рыбной муки может оказывать огромное влияние на качество кормов и физиологическое состояние рыбы [1, 8].

В отличие от остальных видов сырья животного происхождения, жиры рыбной муки содержат до 35% полиненасыщенных жирных кислот, являющихся незаменимыми факторами питания для большинства рыб. Однако именно из-за этих соединений, которые очень чувствительны к воздействию кислорода, света и тепла, липиды муки чрезвычайно быстро окисляются. В процессе окисления, в зависимости от условий, в них могут образовываться вещества, свидетельствующие об одновременном протекании процессов гидролитического распада

УДК 639.3.043.2:636.087.63

**Научная статья**

DOI 10.69539/2413-287X-2025-11-4-253

**ВАЛЕРИЯ ВЛАДИМИРОВНА  
ГЕРШУНСКАЯ<sup>1</sup>,**

кандидат технических наук,  
ведущий научный сотрудник  
отдела кормов  
и кормовых компонентов

ORCID: 0000-0001-8989-495X

E-mail: gershunskaya@vniro.ru

**РОМАН ВИКТОРОВИЧ  
АРТЕМОВ<sup>1</sup>,**

кандидат технических наук,  
доцент, директор департамента  
прикладных исследований  
комбикормов и научного  
сопровождения производств

ORCID: : 0000-0003-0428-0225

E-mail: artemov@vniro.ru

**ЮЛИЯ АЛЕКСАНДРОВНА  
БАСКАКОВА<sup>1</sup>,**

кандидат технических наук,  
ведущий научный сотрудник  
отдела кормов  
и кормовых компонентов

ORCID: 0009-0009-2095-1763

E-mail: baskakova@vniro.ru

**МАКСИМ ВЛАДИМИРОВИЧ  
АРНАУТОВ<sup>1</sup>,**

кандидат технических наук,  
начальник отдела кормов  
и кормовых компонентов

ORCID: 0000-0003-3699-1451

E-mail: arnautov@vniro.ru

**ИРИНА ДМИТРИЕВНА  
РОДИОНОВА<sup>1</sup>,**

специалист отдела кормов  
и кормовых компонентов

ORCID: 0009-0009-4299-9709

E-mail: rodionova@vniro.ru

<sup>1</sup>Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии  
105187, г. Москва, Окружной проезд, 19

Поступила в редакцию:  
15.09.2025

Одобрена после рецензирования:  
10.10.2025

Принята в публикацию:  
23.10.2025

UDC 639.3.043.2:636.087.63

**Research article**

DOI 10.69539/2413-287X-2025-11-4-253

**VALERIYA V. GERSHUNSKAYA<sup>1</sup>,**Candidate of Technical Sciences,  
Leading Researcher of Feed  
and Feed Components  
Department

ORCID: 0000-0001-8989-495X

E-mail: gershunskaya@vniro.ru

**ROMAN V. ARTEMOV<sup>1</sup>,**Candidate of Technical Sciences,  
Associate Professor, Director  
of the Department of Applied Research  
of Feed and Scientific Support  
of Production

ORCID: 0000-0003-0428-0225

E-mail: artemov@vniro.ru

**YULIA A. BASKAKOVA<sup>1</sup>,**Candidate of Technical Sciences,  
Leading Researcher of Feed  
and Feed Components  
Department

ORCID: 0009-0009-2095-1763

E-mail: baskakova@vniro.ru

**MAKSIM V. ARNAUTOV<sup>1</sup>,**Candidate of Technical Sciences,  
Head of Feed and Feed Components  
Department

ORCID: 0000-0003-3699-1451

E-mail: arnautov@vniro.ru

**IRINA D. RODIONOVA<sup>1</sup>,**Specialist of Feed and Feed Components  
Department

ORCID: 0009-0009-4299-9709

E-mail: rodionova@vniro.ru

<sup>1</sup>Russian Federal Research Institute  
Of Fisheries and Oceanography  
105187, Moscow, Okruzhnoy proezd, 19Received by editor office:  
09.15.2025Approved in revised:  
10.10.2025Accepted for publication:  
10.23.2025

(гидролиза) и окисления или преобладания одного из них [10, 12]. Первичным промежуточным продуктом окисления является перекисный радикал, образующийся при взаимодействии радикала липида с кислородом. В результате реакции его с неокисленными молекулами жирной кислоты возникают гидроперекиси. Гидроперекиси — это неустойчивые соединения, их количество вначале возрастает, а через несколько месяцев снижается с образованием вторичных продуктов окисления — альдегидов, кето- и оксикислот, а также многочисленных продуктов дальнейших превращений [4]. Таким образом, накопление перекисей в процессе окисления не происходит непрерывно, и кинетика их образования в липидах различной природы неодинакова. В связи с этим ученые, исследовавшие жиры рыб, настаивали на том, что информативна только комплексная оценка первичных и вторичных продуктов окисления и гидролитической порчи.

В таблице 1 приведены сводные данные о показателях, характеризующих качество липидов комбикормов и сырья, используемого для их производства, а также названия документов, в которых можно найти методы определения этих показателей.

Для анализа кормовых продуктов, вырабатываемых рыбной промышленностью, разработали инструкцию [7], согласно которой в рыбной муке определяли кислотное число, перекиси и оксикислоты. Краткое описание способа

**Таблица 1. Показатели качества липидов кормовых продуктов**

Показатель	Продукты распада	НД или методика	Объект исследования
Кислотное число	Продукты гидролитической порчи	Егорова, Трещева, 1970; Временная инструкция, 1987	Рыбная мука
		ГОСТ 7636-1985	Жир из рыбы
		ГОСТ 13496.18-85	Комбикорма, комбикормовое сырье
Перекисное число	Первичные продукты окисления (гидроперекиси и пероксиды)	ГОСТ 7636-85	Жир из рыбы
		ГОСТ ISO 27107-2016	Жиры и масла животные и растительные
		ГОСТ 26593-85	Масла растительные
		ГОСТ 31485-2012	Комбикорма
		МВИ.МН 3506-2010	Корма животного и растительного происхождения, рыбная мука
Альдегидное число	Вторичные продукты окисления (коричный альдегид)	Егорова, Трещева, 1970; Временная инструкция, 1987	Рыбная мука
		Временная инструкция, 1987	Жир из рыбы
Анизидиновое число	Вторичные продукты окисления (ненасыщенные альдегиды)	ГОСТ 31482-2012	Комбикорма
		ГОСТ 31756-2012	Жиры и масла животные и растительные
Оксикислоты	Вторичные продукты окисления	Егорова, Трещева, 1970	Рыбная мука
		ГОСТ Р 53862-2010	Комбикорма, белково-витаминно-минеральные концентраты

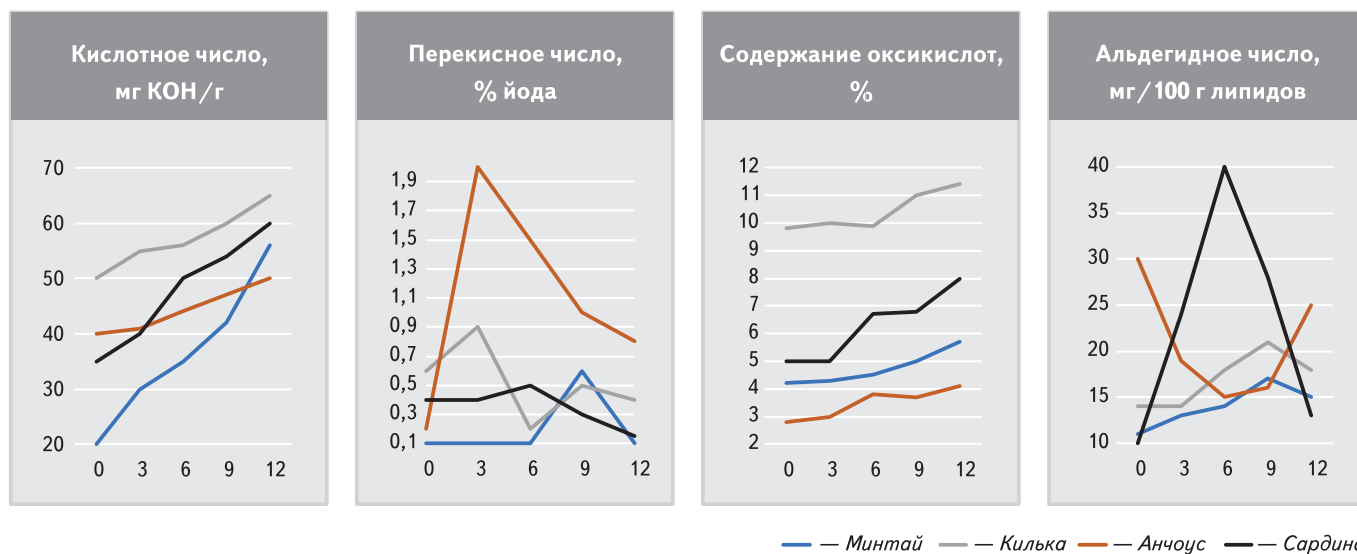
определения перекисей приведено в таблице 2. В 1982 г. разработали стандарт на рыбную муку ГОСТ 2116 «Мука кормовая из рыбы, морских млекопитающих, ракообразных и беспозвоночных. Технические условия», который не устанавливал требований к показателям, характеризующим процессы окисления и прогоркания. Однако в 1984 г. утвердили «Технические требования на рыбную муку для комбикормовых заводов Минрыбхоза СССР», в которых были установлены следующие показатели и нормы: массовая доля жира — не более 8%, кислотное число — не более 30 мг КОН на 1 г жира, перекисное — не более 0,15% йода. В дальнейшем главное ветеринарное управление Минсельхозпрода России предложило еще больше ужесточить эти требования: кислотное число — не более 20 мг КОН/г, перекисное — не более 0,1% йода [4]. В связи с этим лаборатория кормовых, технических продуктов и жиров ВНИРО по поручению Роскомрыболовства провела исследования с целью определения объективных показателей качества липидов кормовой рыбной муки. Во всех рыбопромышленных объединениях было отобрано в целом 120 образцов рыбной кормовой муки, выработанной из различного сырья (минтай, кильки, сардины, анчоуса, сельди). В пробах определяли общий химический состав, кислотное и перекисное числа, а также вторичные продукты окисления — альдегиды и оксикислоты по методикам, принятым в рыбной промышленности [15]. Часть проб была оставлена на хранение в течение 12 месяцев.

Установлено, что показатели степени окисления липидов муки варьировали в следующих пределах: кислотное число — 30–100 мг КОН/г, перекисное число — 0,03–2,8% йода, альдегидное число — 5–35 мг коричневого альдегида в 100 г, оксикислоты — от 3 до 13%. Изучение динамики изменения показателей порчи липидов в рыбной муке из различного сырья в течение 12 месяцев хранения в лабораторных условиях показало, что толь-

ко кислотное число и частично содержание оксикислот равномерно возрастали при хранении муки, а изменения перекисного и альдегидного чисел носили дискретный (синусоидальный) характер (см. рисунок). При проведении дальнейших исследований [2, 13, 16], в том числе биологических испытаний на птице, был сделан вывод о том, что перекисное и альдегидное числа не являются объективными показателями качества липидов, оксикислоты слишком сложны в определении, и в результате в межгосударственный стандарт на муку кормовую из рыбы [5] внесена норма только по кислотному числу — не более 55 мг КОН/г.

Сотрудники ГосНИОРХ провели комплексные исследования, включающие определение качества липидов кормовых компонентов, кормов и изучение влияния кормов с разным содержанием продуктов окисления на рыбопродукционные физиологические показатели у карпа и форели [4]. При проведении анализов они обратили внимание на существенные изменения перекисных чисел в зависимости от времени настаивания проб с йодистым калием и предложили модифицировать метод, отделив таким образом первичные гидроперекиси от пероксидов. В этих исследованиях в рыбной муке кислотное число колебалось от 6 до 87 мг КОН/г, содержание гидроперекисей — от 0,04 до 7,7% йода, пероксидов — от 0,09 до 9,8% йода, альдегидов — от 0,15 до 15 мг. В результате были разработаны рекомендации по предельно допустимому содержанию продуктов гидролиза и окисления в рыбной муке: кислотное число — не более 30 мг КОН/г, содержание гидроперекисей — 0,1% йода, пероксидов — 0,4% йода. То есть в соответствии с этими рекомендациями перекисное число, представляющее собой комплексный показатель, включающий гидроперекиси и пероксиды, не должно превышать 0,5% йода.

В таблице 2 представлена информация о методах определения перекисного числа согласно имеющейся норматив-



**Изменения кислотного, перекисного, альдегидного чисел, содержания оксикислот липидов при хранении рыбной муки, изготовленной из различного сырья (Цит. по [15])**

ной базе и научным публикациям. Следует отметить, что в нормативной документации использованы разные единицы измерения показателя (% йода, мэкв/кг, ммоль/кг), и для правильной оценки полученных результатов необходимо применять формулы пересчета, приведенные в ГОСТах и обобщенные в публикации [14].

Следует отметить, что в настоящее время имеются два подхода. *Первый подход* применяется преимущественно для чистых жиров и масел: колбу с жиром взбалтывают с раствором уксуса, хлороформа и йодистого калия, выдерживают в темном месте в течение 1–5 мин, добавляют раствор крахмала и немедленно титруют. Однако согласно методическим указаниям, действующим в Республике Беларусь, перекисное число в кормах и рыбной муке определяют аналогичным методом [9]. Ряд зарубежных авторов для определения перекисного числа в кормовой рыбной муке, выработанной без использования антиоксидантов или хранившейся при температуре 30°C, использовали метод АОАС 965.33, который также подразумевал однократное выдерживание и титрование. Максимальные значения перекисных чисел при этом не превышали 20 мэкв/кг (0,13% йода) [17, 18].

*Второй подход* подробно описан в работе Васильева [3], а также в ранее упоминавшейся инструкции [4]. Методика основана на различной реакционной способности перекисных соединений. Предложено двукратное определение перекисного числа после 20-минутной и 2-часовой экспозиции в уксуснохлороформенном растворе, при котором достигалось определение как быстрореагирующих (гидроперекиси), так и трудно извлекаемых (пероксиды) перекисных соединений. Кроме того, подобран экстрагент (диэтиловый эфир) для максимального извлечения перекисных соединений из компонентов и комбикормов. В результате был разработан и утвержден ГОСТ 31485-2012. Изложенный в нем метод применяют в большинстве аккредитованных испытательных лабораторий для определения перекисного числа в комбикормах и кормовой рыбной муке.

Таким образом, при использовании разных подходов можно получить разные величины перекисного числа в рыбной муке.

В отделе кормов и кормовых компонентов ГНЦ РФ ФГБНУ «ВНИРО» в течение последних пяти лет исследовали свыше 500 образцов отечественной рыбной муки с различным содержанием протеина и жира. Согласно результатам анализов перекисное число, определенное в соответствии с ГОСТ 31485-2012, варьировало от 0,01 до 0,9% йода (табл. 3). В процессе хранения при стабильной величине кислотного числа изменения перекисного числа носили волнообразный характер, значения увеличивались от 0,01 до 1,0% йода, а затем опять снижались до минимума, независимо от свежести использованного рыбного сырья и технологических процессов производства кормовой рыбной муки. По результатам исследований в нашей лаборатории уровень перекисного числа в

рыбной муке, с высоким содержанием сырого протеина, хорошими органолептическими и микробиологическими показателями, с кислотным числом не выше 30 мг КОН на 1 г жира, в среднем не превышал 0,3% йода.

В настоящее время идет внутригосударственное согласование проекта технического регламента ЕАЭС «О безопасности кормов и кормовых добавок» [11]. В Приложении 1 «Показатели безопасности кормов и кормовых добавок» к проекту ТР ЕАЭС в п. 2.4 «Мука кормовая из рыбы, морских млекопитающих, ракообразных и беспозвоночных» установлено максимальное значение перекисного числа не более 0,1% йода. По нашему мнению, такой низкий показатель может привести к искусственному дефициту высококачественной рыбной муки на внутреннем рынке. При этом в начале разработки технического регламента данный показатель был установлен на уровне 23,6 1/2 О ммоль/кг, что соответствует 0,3% йода.

Перекисное число на уровне не более 0,1% йода в рыбной муке на сегодняшний день регламентируется только одним нормативным документом — Постановлением Министерства сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь от 10 февраля 2011 г. № 10 «Об утверждении Ветеринарно-санитарных правил обеспечения безопасности в ветеринарно-санитарном отношении кормов и кормовых добавок». Видимо, из этого документа норматив по перекисному числу и был перенесен в последнюю редакцию проекта ТР ЕАЭС «О безопасности кормов и кормовых добавок». Возможно, такое жесткое нормирование перекисного числа, предложенное белорусской стороной, связано с использованием методов анализа, основанных на однократном титровании и, соответственно, на получении более низких значений перекисного числа в рыбной муке [9]. При этом необходимо отметить, что показатель «перекисное число» регламентируется нормативными документами и для иных продуктов, которые используются в качестве сырья при производстве комбикормов для объектов аквакультуры: ГОСТ 59296-2021 «Мука кормовая животного происхождения для производства кормов для непродуктивных животных» — не более 0,13% йода и ГОСТ 17483 «Жир животный кормовой» — не более 0,1% йода.

Таким образом, на российском кормовом рынке перекисное число, несмотря на дискретный характер изменения его значений в процессе хранения сырья, — это основной показатель, характеризующий окислительную порчу липидов для многих продуктов, в том числе для рыбной муки. В мировой практике перекисное число не используется для оценки ее качества или безопасности. Например, в Китае, который является крупнейшим импортером кормовой рыбной муки из Российской Федерации и лидирующим производителем продукции аквакультуры, согласно стандарту КНР GB/T 19164-2021 норма по уровню перекисного числа отсутствует [6]. Оцениваются показатели порчи белков (гистамин, азот летучих



Таблица 2. Методы определения перекисного числа в компонентах и комбикормах

НД и методики	Объект исследования	Описание метода исследования
Инструкция по проведению анализа кормовых продуктов, вырабатываемых рыбной промышленностью (Егорова, Трещева, 1970) [7]	Рыбная мука Жир из рыбы	Навеску жира в колбе растворяют в 30 см <sup>3</sup> смеси, состоящей из 12 см <sup>3</sup> хлороформа и 18 см <sup>3</sup> ледяной уксусной кислоты. К раствору приливают 1 см <sup>3</sup> насыщенного раствора йодистого калия и смесь равномерно взбалтывают точно 2 мин. В колбу добавляют 100 см <sup>3</sup> дистиллированной воды, 1 см <sup>3</sup> раствора крахмала (1%) и немедленно титруют выделившийся йод 0,01 н. раствором тиосульфата натрия до исчезновения синего окрашивания. Одновременно проводят контрольный анализ без жира
ГОСТ 7636-85 «Рыба, морские млекопитающие, морские беспозвоночные и продукты их переработки. Методы анализа»	Жир из рыбы	
ГОСТ 3960-2020 «Жиры и масла животные и растительные. Определение перекисного числа. Йодометрическое (визуальное) определение по конечной точке»	Жиры и масла животные и растительные	Навеску жира в колбе Эрленмейера растворяют в 50 см <sup>3</sup> раствора ледяной уксусной кислоты/изооктана (3/2) при осторожном перемешивании. Добавляют 0,5 см <sup>3</sup> насыщенного раствора йодида калия. Закрывают колбу и перемешивают на магнитной мешалке или вручную без аэрации в течение точно 60 с. Затем добавляют 100 см <sup>3</sup> деминерализованной воды, перемешивают круговыми движениями и титруют выделяемый йод 0,01 н. стандартным раствором тиосульфата натрия до окраски раствора от желто-оранжевой до бледно-желтой, а после добавления 0,5 см <sup>3</sup> раствора крахмала (1%) — от фиолетовой до бесцветной. Заканчивают титрование, как только раствор остается бесцветным в течение 30 с. Если перекисное число ниже 1, то раствор крахмала можно добавлять в начале титрования
ГОСТ 26593-85 «Масла растительные. Метод измерения перекисного числа»	Масла растительные	Пробу отвешивают в колбу, добавляют 10 см <sup>3</sup> хлороформа, 15 см <sup>3</sup> уксусной кислоты и 1 см <sup>3</sup> раствора йодистого калия, колбу закрывают, перемешивают содержимое в течение 1 мин и оставляют на 5 мин в темном месте при температуре 15–25°C. Затем добавляют 75 см <sup>3</sup> воды, перемешивают и добавляют раствор крахмала до появления слабой фиолетово-синей окраски. Выделившийся йод титруют 0,002 н. раствором тиосульфата натрия до молочно-белой окраски, устойчивой в течение 5 с. Если предполагаемое значение перекисного числа более 6,0 ммоль/кг, после добавления воды, крахмала и перемешивания выделившийся йод титруют 0,01 н. раствором тиосульфата натрия до молочно-белой окраски в конце титрования
Методические указания по диагностике и профилактике токсической дистрофии у птиц [9]	Корма животного и растительного происхождения	Сырой жир переносят в коническую колбу с притертой пробкой емкостью 200–250 мл, приливают 10 см <sup>3</sup> хлороформа и 10 см <sup>3</sup> ледяной уксусной кислоты. Затем в колбу быстро приливают 0,5 см <sup>3</sup> свежеприготовленного насыщенного раствора йодистого калия и закрывают пробкой. Вращательным движением перемешивают содержимое колбы и ставят в темное место на 3 мин. По окончании выдержки в колбу приливают 100 см <sup>3</sup> дистиллированной воды, в которую заранее добавлен 1 см <sup>3</sup> 1%-ного раствора крахмала, и немедленно титруют раствором 0,01 н. гипосульфита натрия до исчезновения окраски
ГОСТ 8285-91 «Жиры животные топленые. Правила приемки и методы испытания»	Жиры животные топленые	
Временная инструкция по определению степени окисления липидов в кормах и оценке влияния качества кормов на рыб, 1987 [4]	Рыбная мука Жир из рыбы	Липиды растворяют в 10 см <sup>3</sup> хлороформа, переносят в коническую колбу емкостью 250 см <sup>3</sup> , приливают 15 см <sup>3</sup> ледяной уксусной кислоты, 1 см <sup>3</sup> насыщенного раствора йодистого калия и сразу же закрывают пробкой. Содержимое колбы перемешивают вращательными движениями и ставят в темное место на 20 мин. В 100 см <sup>3</sup> дистиллированной воды растворяют 1 см <sup>3</sup> раствора крахмала и по истечении выдержки этот раствор приливают к содержимому в колбе. Выделившийся йод немедленно титруют 0,01 н. раствором тиосульфата натрия до исчезновения синей окраски. После определения гидроперекисей колбу оставляют на 2 ч. По истечении указанного времени выделившийся йод снова титруют раствором тиосульфата натрия для определения пероксидов
ГОСТ 31485-2012 «Комбикорма, белково-витаминно-минеральные концентраты. Метод определения перекисного числа (гидроперекисей и пероксидов)»	Комбикорма	

**Таблица 3. Химический состав и показатели качества кормовой рыбной муки (обобщенные данные)**

Образец, №	Сырой протеин, %	Сырой жир, %	Кислотное число, мг КОН/г	Перекисное число, % йода
1	64,01	7,25	11,69	0,23
2	64,71	14,04	13,14	0,50
3	65,84	9,82	18,54	0,35
4	66,24	9,98	25,80	0,12
5	68,07	8,38	25,93	0,02
6	68,96	7,09	14,36	0,30
7	69,79	13,38	10,03	0,03
8	70,73	9,37	23,57	0,03
9	71,04	7,59	20,41	0,88
10	71,30	10,02	15,63	0,01
11	71,54	8,30	20,27	0,25
12	71,55	6,58	22,00	0,06
13	71,79	9,66	11,14	0,30
14	72,18	5,54	24,54	0,25
15	72,21	11,73	7,48	0,09
16	72,52	9,72	14,22	0,21
17	72,87	10,11	12,31	0,03
18	73,56	7,00	8,83	0,04
19	73,97	7,51	16,21	0,03
20	74,28	11,69	8,31	0,14

оснований) и такой продукт вторичного окисления липидов, как малоновый диальдегид (табл. 4).

Малоновый диальдегид (МДА) широко используется в качестве биомаркера свободнорадикального окисления липидов, в первую очередь из-за его корреляции с органолептическими показателями (прогорклостью) и уровнем полиненасыщенных жирных кислот. МДА содержит две химически активные альдегидные группы, которые способствуют окислительному прогорканию жирных кислот в фосфолипидах клеточных мембран. Кроме того, МДА может повреждать клеточные белки, взаимодействуя с аминокислотными остатками в пептидных цепях, а также может повреждать ДНК или РНК, сшиваясь с их азотистыми основаниями [20]. Следовательно, это соединение не только служит индикатором степени окисления жиров в биологических объектах, продуктах питания и кормах, но и само по себе не безопасный компонент, присутствующий в составе рыбной муки и комбикормов.

В основе наиболее известных методов оценки уровня малонового диальдегида лежит его способность к дериватизации с тиобарбитуровой кислотой (ТБК), в результате чего образуется розовый хромоген, носящий название «триметиновый комплекс», с последующей количественной оценкой образовавшегося комплекса МДА-ТБК. Наиболее распространенным методом оценки является спектрофотометрический, который несмотря на преимущества (простота, доступность и экономичность), имеет некоторые недостатки — низкую специфичность и ограниченную чувствительность. Вещества, реагирующие с тиобарбитуровой кислотой и регистрируемые спектрофотометрически, носят общее название TBARS (вещества химически активные в реакции с ТБК). К ним, помимо альдегидов, относятся углеводы, аминокислоты, пиридины, пигменты и т.д. [15, 20]. По этой причине за рубежом применяются более чувствительные методы анализа биологических матриц с помощью капиллярной газовой хроматографии с электронным захватом, жидкостной хроматографии с флуориметрическим детектором и жидкостной хроматографии-масс-спектрометрии.

Таблица 4. Показатели качества и безопасности кормовой рыбной муки согласно стандарту КНР

Показатель	Рыбная мука «красная» из целой рыбы отряда Сельдеобразные			Рыбная мука «белая» из отходов от переработки тресковых рыб	
	Высший сорт	1 сорт	2 сорт	1 сорт	2 сорт
Сырой протеин, %	>66,0	>62,0	>58,0	>64,0	>58,0
Лизин, %	>5,0	>4,5	>4,0	>5,0	>4,2
Сумма 17 аминокислот, в пересчете на сырой протеин, %	>87,0		>85,0	>90,0	
Сумма ЭПК и ДГК, % от суммы жирных кислот	>18,0				
Влага, %	<10,0				
Сырая зола, %	<18,0	<20,0	<24,0	<22,0	<28,0
Песок (зола, нерастворимая в соляной кислоте, %)	<1,5			<0,4	
Поваренная соль, %	<5,0			<2,5	
Азот летучих оснований, мг / 100 г	<100	<130	<160	<70	
Гистамин, мг / кг	<300	<500	<1000	<25,0	
Малоновый диальдегид в пересчете на сырой жир, мг / кг	<10,0	<20,0	<30,0	<10,0	<20,0

В связи с этим, в зависимости от целей анализа, могут быть использованы методы определения как комплекса TBARS, так и индивидуального содержания малонового диальдегида.

## ВЫВОД

Таким образом, считаем, что в проекте ТР ЕАЭС «О безопасности кормов и кормовых добавок» необходимо уточ-

нить нормы по предельно допустимому уровню перекисного числа в рыбной муке. В настоящее время во ВНИРО начаты комплексные исследования по оценке влияния первичных и вторичных продуктов окисления липидов рыбной муки на качество экструдированных комбикормов и физиологическое состояние рыбы. Это позволит гармонизировать отечественные стандарты с мировой практикой и обеспечить объективный контроль качества сырья.

### Литература/Literature

1. Артемов, Р. В. О путях повышения качества кормовой рыбной муки для нужд аквакультуры в Российской Федерации / Р. В. Артемов, И. В. Бурлаченко, А. И. Бочкарев, Ю. А. Баскакова // Труды ВНИРО. — 2019. — Т. 176. — С. 152–159.
2. Боева, Н. П. Новые показатели качества и безопасности кормовой муки / Н. П. Боева, Е. Н. Харенко, А. В. Сопина // Рыбоводство и рыбное хозяйство. — 2001. — № 3. — С. 13–15.
3. Васильев, А. В. Комплексная оценка качества кормов для сельскохозяйственной птицы по степени окисления и гидролиза липидов. Диссертация на соискание ученой степени канд. биол. наук. — Москва, 2007. — 136 с.
4. Временная инструкция по определению степени окисления липидов в кормах и оценке влияния качества кормов на рыб / Картавцева Н. Е., Абрамова Ж. И., Остроумова И. Н., Шабалина А. А. — Л.: ГосНИОРХ. — 1987. — 28 с.
5. ГОСТ 2116-2000. Мука кормовая из рыбы, морских млекопитающих, ракообразных и беспозвоночных. Технические условия.
6. Государственный стандарт КНР GB/T 19164 — 2021 Рыбная мука. Электронный ресурс. Режим доступа: <https://fsvps.gov.ru/wp-content/uploads/2023/12/Государственный-стандарт-КНР-GB-T-19164-2021-рыбная-мука.pdf>
7. Егорова В. Н., Трещева В. И. Инструкция по проведению анализа кормовых продуктов, вырабатываемых рыбной промышленностью. — М.: ВНИРО, 1970. — 84 с.
8. Захарцев, М. В. Тенденции на рынке рыбной муки и перспективы ее замены / М. В. Захарцев, А. В. Агеев // Комбикорма. — 2025. — № 5. — С. 19–27. — DOI 10.69539/2413-287X-2025-05-1-238.
9. Методические указания по диагностике и профилактике токсической дистрофии у птиц. — Минск, 1999. — 25 с.
10. Остроумова, И. Н. Биологические основы кормления рыб. — СПб.: ГосНИОРХ, 2012. — 564 с.
11. Проект технического регламента Евразийского экономического союза «О безопасности кормов и кормовых добавок». Электронный ресурс. Режим доступа: <https://souzkombikorm.ru/content/proekt-tehnicheskogo-reglamenta-evraziyskogo-ekonomicheskogo-soyuza-o-bezopasnosti-kormov-i>.
12. Ржавская, Ф. М. Жиры рыб и морских млекопитающих. — М.: Пищевая промышленность, 1976. — 470 с.
13. Сергиенко, Е. О нормировании показателей качества и безопасности кормовой рыбной муки / Е. Сергиенко, Н. Боева, М. Дяченко // Комбикорма. — 2012. — № 1. — С. 81–83.
14. Скрыль, А. И. К вопросу определения перекисного числа при оценке безопасности кормов. Дискуссия о единицах измерения и предельно допустимом уровне перекисного числа / А. И. Скрыль, А. Ф. Хасьянов, Е. В. Корнилова, С. Н. Гречихин, С. О. Шаповалов // Аналитическая экспертиза и квалиметрия. — 2016. — № 1(1). — С. 19–23.
15. Харенко, Е. Н. Показатели степени окисления липидов / Е. Н. Харенко, Н. П. Боева // Рыбное хозяйство. — 1994. — № 5. — С. 54–55.
16. Харенко, Е. Н. Научно обоснованные нормативы показателей качества и безопасности кормовой рыбной муки из гидробионтов / Е. Н. Харенко, Н. П. Боева, А. В. Сопина // Информационный пакет ВНИИЭРХ. Сер. Аквакультура. — 1998. — Вып. 2. — С. 1–10.
17. Hue, H. T. Screening for antioxidant activity of vegetable and fruit by-products and evaluating the ability of coffee sediment to preserve fish meal / H. T. Hue, H. T. Tinh, N. Van Bao, P. T. A. Dao // SN Appl. Sci. 2020. 2, 1282 <https://doi.org/10.1007/s42452-020-3030-7>
18. Kop, A. The Effects of Different Storage Temperatures and Durations on Peroxide Values of Fish Feed Ingredients / A. Kop, K. Gamsiz, A. Y. Korkut, H. Saygi // Turkish Journal of Agriculture — Food Science and Technology. — 2019. — 7 (sp3). — p. 43–49. — <https://doi.org/10.24925/turjaf.v7isp3.43-49.3154>.
19. Mendes, R. Measurement of malondialdehyde in fish: A comparison study between HPLC methods and the traditional spectrophotometric test / R. Mendes, C. Cardoso, C. Pestana // Food Chemistry. 2009. 112. 1038-1045. — DOI: 10.1016/j.foodchem.2008.06.052
20. Wang, X. Dietary Malondialdehyde Impair Intestinal Health and Fillet Quality of Hybrid Grouper (*Epinephelus fuscoguttatus* ♀ × *E. lanceolatus* ♂) / X. Wang, J. Fan, X. Dong, S. Zhang, Q. Yang, S. Chi, H. Zhang, J. Deng, B. Tan // Animals (Basel). — 2024. — Nov 8;14(22):3208. — DOI: 10.3390/ani14223208. ■