УДК 613.2:613.5

НОВЫЕ ПОДХОДЫ К ФОРМИРОВАНИЮ КАЧЕСТВА КОМБИНИРОВАННЫХ ПИЩЕВЫХ СИСТЕМ НА БАЗЕ РЫБНОГО СЫРЬЯ

♦♦♦♦♦

NEW APPROACHES TO QUALITY FORMATION IN COMBINED FOOD SYSTEMS BASED ON FISH RAW MATERIAL

Золотокопов Андрей Владимирович
аспирант,
Астраханский государственный технический университет

Касьянов Геннадий Иванович
доктор технических наук,
профессор,
Российская инженерная академия

Аннотация. В статье представлен обзор опубликованных методов оценки качества комбинированных рыборастительных изделий. Приводится описание исторических параллелей формирования качества продуктов питания на базе рыбного сырья. Описаны новые подходы к повышению качества пищевых систем на базе животного и растительного сырья в понимании специалистов ВНИРО, Астраханского, Воронежского и Кубанского университетов пищевого профиля. Приводится описание вклада научных школ в создание функциональных продуктов на рыбной основе. Особое внимание уделено различным аспектам выращивания рыб в открытых водоемах и в условиях замкнутого водоснабжения. Подчеркнут важный фактор развития аквакультуры за счет создания сбалансированных по аминокислотному составу комбикормов для рыб. Повышению эффективности переработки рыбного сырья во многом способствуют современные способы использования вторичного рыбного сырья – кожи, костей, плавников, чешуи, ферментов внутренностей. Сформулированы требования к рыбному и растительному сырью, предназначенному для конструирования продуктов функционального назначения.

Ключевые слова: выращивание рыб, корма для рыб, качество сырья, научные рыбохозяйственные школы. перспективы рыбной отрасли.

Zolotokopov Andrey Vladimirovich
Postgraduate Student,
Astrakhan State Technical University

Kasyanov Gennady Ivanovich
Doctor of Technical Sciences,
Professor,
Russian Engineering Academy

Annotation. The article provides an overview of published methods for assessing the quality of combined fish-and-plant products. It describes historical parallels in the development of food quality based on fish raw material. New approaches to improving the quality of food systems based on animal and plant raw materials are outlined, reflecting the views of specialists from VNIRO and the Astrakhan, Voronezh, and Kuban universities specializing in food technologies. The contribution of scientific schools to the development of functional products based on fish is described in detail. Particular attention is paid to various aspects of fish farming in open water bodies and in closed water supply systems. An important factor in the development of aquaculture is highlighted: the creation of compound feeds for fish that are balanced in terms of amino acid composition. The efficiency of fish raw material processing is significantly enhanced by modern methods of utilizing secondary fish raw materials-such as skin, bones, fins, scales, and enzymes from internal organs. Requirements are formulated for fish and plant raw materials intended for the design of functional food products.

Keywords: fish farming, fish feeds, raw material quality, scientific fisheries schools, prospects for the fish industry.

Исторические параллели сохранения качества добываемого рыбного сырья в десятилетний временной период

С незапамятных времен люди стремились сохранить качество выловленной рыбы, используя озерный лед, варку, посол, жарение и сушку.

Сочетание животного и растительного сырья в едином продукте изначально решало две взаимосвязанные задачи: рационализацию сырьевых потоков в и повышение пищевой ценности конечного продукта. Российские рыбохозяйственные центры внесли существенный вклад в становление этого направления. Работы ВНИРО сформировали методологическую базу для создания сбалансированных рыборастительных систем, обеспечивающих рост эффективности производства. Сотрудники ВНИРО проанализировали особенности добычи сардины в дальневосточных водах [2]. Такой обзор включает период с 2015 по 2025 гг. и позволяет оценить количество и качество добываемой рыбы в десятилетний временной период.

Обобщен исторический и современный опыт астраханских специалистов по искусственному выращиванию севрюги в Волго-Каспийском регионе [5]. Благодаря достижениям в области ихтиологии и биотехнологии выращивания, удалось повысить численность краснокнижных рыб осетровых пород. Севрюга издавна считалась «царской рыбой», мясо которой обладала нежным вкусом, плотной и сочной структурой и пользовалась высоким спросом в стране и за рубежом.

Журнал «Рыбное хозяйство» уделяет внимание обоснованию сроков хранения рыбных продуктов [6]. Официальные требования к определению сроков годности продуктов изложены в документе ПНСТ-826-2023 [23].

Комплексная переработка первичного и вторичного рыбного сырья входит в состав системы экономики замкнутого цикла [10]. Рыбоводные установки замкнутого цикла должны учитывать гидробиоценоз биофильтров для используемой воды [27].

В АГТУ и КубГТУ разработаны технологии специализированных продуктов питания на рыбной основе [12]. При конструировании рецептур таких продуктов учитывали дефицит углеводов, водорастворимых витаминов, органических кислот и флавоноидов в мышечных тканях рыбы и обогащали продукт специально отобранным растительным сырьем.

Представляет интерес сравнить стандарты на пищевые рыбные продукты за более длительный период [19]. Эту работу выполнили специалисты Технического комитета по стандартизации, который является ключевой площадкой для разработки новых стандартов в рыбной отрасли. Его деятельность распространяется не только на национальные предприятия, но и на межгосударственные (МТК 300) и международные. Головная организация Комитета – ВНИРО, обеспечивает научное обоснование документов.

В Трудах ВНИРО опубликована динамика спроса потребителей на рыбные и рыборастительные продукты [20]. В основу оценки положено экономическое состояние покупателей продукции в различных регионах страны. В Вестнике АГТУ приведены сведения по особенностям выращивания клариевого сома [24]. Быстрорастущий африканский сомик считается важным объектом аквакультуры благодаря своей неприхотливости к составу кормов и высокому качеству мяса мышечной ткани, способностью выдерживать неблагоприятные факторы и плотность посадки.

Выращивание судака в условиях аквакультуры требует изучения его морфологических характеристик [25]. Судак относится к ценным промысловым рыбам, содержит нежирное диетическое мясо с полным набором незаменимых аминокислот.

Возможности беспилотной авиации позволяют осуществлять оперативный контроль размещения и эксплуатации рыбоводных установок открытого и закрытого циклов [30]. Дистанционный контроль состояния водоемов с рыбой, расположенных на больших территориях, способствует снижению нагрузки на обслуживающий персонал и получению оперативной информации о плотности посадки и размерах рыб в резервуарах.

Ключевые приоритеты современной науки в этой области можно сформулировать так: проектирование рецептур на основе синергии рыбного и растительного сырья; внедрение инновационных методов обработки (электромагнитные поля, газожидкостные процессы); утилизация вторичных ресурсов для снижения отходов; разработка функциональных продуктов с повышенной биологической ценностью.

Научные школы и концептуальные основы проектирования рыборастительных систем

Формирование теоретических основ создания комбинированных пищевых продуктов – результат многолетней работы нескольких поколений исследователей. Существенный вклад внесли учёные из Астрахани (В.В. Баль, А.П. Черногорцев, И.А. Палагина, С.А. Мижуева, М.Е. Цибизова и др.), Калининграда (В.И. Шендерюк, Ю.А. Фатыхов, О.Я Мезенова, В.А. Гроховский и др.), Краснодара (Е.Е. Иванова, Г.И. Касьянов, Ю.Ф. Мишанин и др.), Москвы (Л.С. Абрамова, А.А. Кочеткова, О.И. Кутина и др.), Мурманска (А.М. Ершов, В.А. Гроховский, Л.К. Куранова и др.), Воронежа (Л.В. Антипова, И.А. Глотова, О.П. Дворянинова и др.), а также специалисты Дальневосточного госу-

дарственного технического рыбохозяйственного университета (С.Н. Максимова, В.В. Кращенко, Е.Г. Тимчук и др.).

Работы Л.В. Антиповой и О.П. Дворяниновой систематизировали опыт рационального использования мяса прудовых рыб для пастообразных продуктов [1, 4]. В этих исследованиях предложены модернизированные рецептуры: мясорыбные котлеты, паштеты, рыбные консервы. Особое внимание уделено комплексному анализу свойств продуктов, полученных из первичных и вторичных продуктов разделки прудовых рыб, – с точки зрения технологии, качества и потребительских характеристик.

Под руководством М.Е. Цибизовой была создана технология экологически безопасных рыборастительных хлебцев [8]. Для повышения функциональной ценности в их состав вводили CO_2-экстракты и CO_2-шрот пряных растений, а также концентраты копчёностей, придающие продукту антиоксидантные свойства. В отдельной публикации (реферируемый журнал) раскрыты особенности разработанных рыборастительных фаршей [11]. Так, в фарш из тиляпии добавляли крупяное и овощное сырьё, что позволило обогатить продукт углеводами, витаминами, органическими кислотами и минералами.

Трудами астраханских ученых экспериментально установлены количественные зависимости: при снижении доли крупяных добавок с 10 до 20 % влагосвязывающая способность (ВСС) и влагоудерживающая способность (ВУС) фарша уменьшались на 1,5 % и 0,9–1,7 % соответственно. Добавление овощей незначительно повышало массовую долю влаги: лука – на 1,9 %, кабачка – на 1,6 %, чайота – на 1,5 %, капусты – на 1,4 %, моркови – на 1,2 %, свёклы – на 0,9 %. При этом ВСС изменялась неоднородно: рост наблюдался при введении лука (+2,7 %), кабачка (+2,2 %), чайота (+2,1 %), свёклы (+1,5 %), моркови (+0,4 %); при добавлении капусты ВСС снижалась на 0,5 %. Увеличение доли добавок с 10 до 20 % приводило к росту влаги и ВСС на 0,7–1,0 % и 0,5–1,6 % соответственно. Особенно выраженным оказалось повышение ВУС: кабачок – на 20,4 %, капуста – на 20,3 %, морковь – на 19,4 %, свёкла – на 18,6 %, лук – на 16,8 %. Это напрямую влияет на сочность готового продукта. Практический вывод: для улучшения потребительских свойств рыборастительных котлет оптимально вносить до 40 % овощей и до 10 % измельчённой крупы.

В публикации К.В. Колончина (директора ВНИИРО) раскрывается роль рыбохозяйственной науки в развитии отрасли [16]. В работе проанализированы ключевые показатели состояния рыбохозяйственного комплекса РФ, а также обозначены актуальные проблемы и возможные пути их решения.

Технологические и биологические аспекты выращивания рыб как основа качества сырья

Качество рыборастительных продуктов напрямую определяется характеристиками исходного рыбного сырья. В источнике [13] рассмотрены варианты использования в паштетах мышечной ткани морских рыб и объектов аквакультуры. Проведён сравнительный анализ состава и свойств: среди морских видов – сельдь тихоокеанская, килька каспийская, треска; среди объектов аквакультуры – клариевый сом, тиляпия, толстолобик.

Особенности совместного выращивания тиляпии и осетра в клетках на малых реках Краснодарского края описаны в работе [32], отозванной 14 января 2026 г. Причины отзыва остаются неясными: возможно, были выявлены неточности в представленных данных.

Ранняя диагностика заболеваний рыб – ключевой фактор снижения экономических и экологических рисков в аквакультуре. В исследовании [33] предложен подход на базе машинного обучения, использующий изображения для классификации состояния рыб. Для обучения модели был сформирован репрезентативный датасет: 456 изображений здоровой рыбы и 752 – заражённой. Изображения собирали из онлайн-источников и от предприятий, специализирующихся на разведении лососёвых. Для повышения надёжности и объёма данных применяли аугментацию: поворот, обрезку, зеркальное отражение и масштабирование.

Автоматизированные системы управления аквакультурой объединяют IoT-технологии и искусственный интеллект. В работе [35] предложена модель для повышения эффективности рыбоводства в Бенине: датчики собирают данные в реальном

времени, ИИ анализирует отклонения и помогает принимать решения. Аналогичные решения представлены в [36] – интеллектуальная система на базе IoT и суррогатных моделей ИИ. В публикациях [37–39] описана архитектура ИИ-системы для «умного» пруда.

Перспективным примером цифровизации отрасли служит китайская экосистема на базе AI и IoT (AI CBE) компании Celefish. Исследование демонстрирует, как коллаборативная бизнесэкосистема способствует совместному созданию ценности и устойчивому развитию рыбохозяйственной отрасли.

Кормовые решения и оптимизация питания рыб в аквакультуре

Для растительноядных рыб (белый амур, белый и пёстрый толстолобик, лещ, плотва) естественной кормовой базой служат высшие водные растения, водоросли, фитопланктон и зоопланктон. В индустриальной аквакультуре ключевой проблемой остаётся обеспечение стабильного качества комбикормов.

Специалисты ВНИРО предлагают дифференцированный подход к переработке жирного и тощего рыбного сырья для сохранения высоких показателей рыбной муки [3]. В биотехнологических разработках перспективным направлением стало применение гриба Rhizopus oligosporus для производства белкового корма. Оптимальные условия его культивирования: температура 29–36 °C (при 38 °C культура погибает), продолжительность 24–48 часов. Уже через 24 часа формируется рыхлый белый мицелий, визуально напоминающий пух или вельветовую ткань. Ферментация соевого зерна этим грибком позволяет получить продукт с плотной структурой.

Рациональным решением считается включение в корма порошка из рыбных костей (вторичные ресурсы разделки рыбы) как источника макро и микроэлементов [26]. Исследования охватывали амура белого, судака, толстолобика, треску. Установлено, что доля костных отходов при разделке достигает 10,1 % от массы неразделанной рыбы. Ресурсосберегающие машинные технологии на базе модульных мехатронных конструкций позволяют получать хребтовые и рёберные кости с минимальным содержанием мышечной ткани. Представлена схема мясокостного сепаратора для одновременного получения рыбного фарша и костных отходов.

Альтернативой традиционным компонентам могут служить корма на основе летающих насекомых: их мука по белковому профилю ближе к рыбной муке, чем растительные добавки. В обзоре [29] приведены данные об использовании биомассы насекомых в рационах радужной форели. Автоматизированное управление кормлением позволяет точно контролировать расход кормов в рыбоводных резервуарах [34]. Таким образом, кормовая база растительноядных рыб опирается на природные ресурсы водной растительности, а в индустриальных системах – на комбикорма, рыбную муку и биомассу насекомых.

Переработка вторичного рыбного сырья: технологические и экономические аспекты

В последние годы в развитых странах официально закреплён курс на вовлечение вторичных ресурсов, образующихся при переработке рыбы на стационарных предприятиях и плавучих базах, в пищевой и кормовой оборот. К таким ресурсам относят головы, плавники, чешую, кожу, костную ткань, кровь, ферменты ЖКТ.

Астраханские специалисты исследовали влияние растительных добавок на скорость ферментолиза рыбного фарша [9]. Важным технологическим условием является своевременный сбор, резервирование и сохранение отходов до переработки [14].

В работе [17] изучали гидролизаты с концентрацией химического реагента 0,2 % методом высокоэффективной жидкостной хроматографии, определяя содержание незаменимых аминокислот (метионин, лизин, треонин) и жирорастворимых витаминов (A, D_3, E). Предварительная обработка кожи сельди с чешуёй проводилась щелочным реагентом (0,05 %) при жидкостном коэффициенте 4.

Анализ массового состава прудовых рыб Волжско-Каспийского бассейна (белый амур, карп, толстолобик) [18] показал, что основную долю отходов составляют костная ткань (около 62,8 %) и внутренние органы (21,2 %). Также был изучен химический состав внутренних органов: печени, сердца, кишечника, желчного и плавательного пузырей, молок, икры.

Исследование [22] подтвердило возможность извлечения ихтиоколлагена из кожи с чешуёй щуки и судака. Выход продукта достигает 70 % от массы сырья, при этом обеспечивается высокая устойчивость к микроорганизмам в процессе длительного хранения. Совокупность физико-химических характеристик открывает перспективы для дальнейшего изучения областей применения.

Биохимические, экологические и нормативные требования к сырью и продукции

Требования к качеству рыбного сырья и готовых продуктов включают биохимические и экологические критерии, обеспечивающие безопасность и соответствие нормативным документам – в частности, техническому регламенту ЕАЭС 040/2016. При проектировании перерабатывающих предприятий особое внимание уделяют промышленной безопасности: часто для энергоснабжения используют нефтепродукты, характеризующиеся повышенной пожаро и взрывоопасностью [17], поэтому обязательны меры противопожарной защиты.

При обогащении рыбных продуктов растительным сырьём важно учитывать возможное присутствие антипитательных веществ [15]. Масштабные исследования в этом направлении ведутся в КубГАУ под руководством Е.А. Ольховатого. В зернобобовых культурах встречаются ингибиторы протеаз, лектины, цианогенные гликозиды, антивитамины, токсичные аминокислоты. Для их инактивации применяют физические, тепловые и электрохимические методы.

Повышение качества сырья также связано с селекцией высокопродуктивных кроссов рыб [21]. Сравнительная оценка нового трёхпородного кросса карпа показала его преимущества над кроссами «Сурский малокостный» и «Петровский». Индекс прогонистости у нового гибрида достоверно ниже, что свидетельствует о лучших товарных качествах. По размерно-весовым показателям двухлетки нового кросса превосходят другие варианты, подтверждая высокий потенциал продуктивности. Все гематологические показатели рыб соответствуют нормативным физиологическим значениям, а повышенная жизнестойкость говорит о хорошей резистентности гибрида.

Выводы.

В работе приводится описание исторических параллелей формирования качества продуктов питания на базе рыбного сырья за последние 10 лет. Сформулированы новые подходы к повышению качества пищевых систем на базе животного и растительного сырья в изложении специалистов ВНИРО, Астраханского, Воронежского и Кубанского университетов пищевого профиля. Охарактеризован вклад отечественных рыбохозяйственных научных школ в создание функциональных продуктов на рыбной основе. Уделено внимание различным аспектам выращивания рыб в открытых водоемах и в условиях замкнутого водоснабжения. Представлены пути развития аквакультуры за счет создания сбалансированных по аминокислотному составу комбикормов для рыб. Описаны технологические способы комплексной переработки рыбного сырья, которые во многом способствуют современные способы использования вторичного рыбного сырья – кожи, костей, плавников, чешуи, ферментов внутренностей. Сформулированы требования к рыбному и растительному сырью, предназначенному для конструирования продуктов функционального назначения.

Литература

1. Антипова Л.В. Рациональное использование прудовых рыб поликультурного выращивания – вектор развития производства высококачественных рыбопродуктов / Л.В. Антипова, Е.С. Попов // Новые технологии. – 2023. – Т. 19. – № 3. – С. 14–26.
2. Антоненко Д.В. Особенности промысла дальневосточной сардины в зависимости от океанологических условий в прикурильских водах в 2016–2025 гг. / Д.В. Антоненко, Ю.В. Новиков // Труды ВНИРО. – 2026. – Т. 203. – С. 51–65.
3. О путях повышения качества кормовой рыбной муки для нужд аквакультуры в Российской Федерации / Р.В. Артемов [и др.] // Труды ВНИРО. – 2019. – Т. 176. – С. 152–159.
4. Технология многокомпонентных пастообразных продуктов на основе фарша тиляпии / О.П. Дворянинова [и др.] // Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК – продукты здорового питания. – 2021. – № 1 – С. 16–22.

5. Досаева В.Г. Искусственное воспроизводство севрюги в Волжско-Каспийском рыбохозяйственном бассейне: история, современное состояние и перспективы восстановления / В.Г. Досаева, Д.Е. Кириллов, О.В. Пятикопова // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Рыбное хозяйство. – 2026. – № 1. – С. 89–87.
6. Дяченко М.М. Актуальные вопросы и нормативная база обоснования сроков годности пищевой рыбной продукции / М.М. Дяченко, С.А. Полунина, А.В. Межонов // Рыбное хозяйство. – 2026. – № 1. – С. 87–92.
7. Золотокопов А.В. Достижения в области экстракции ценных компонентов из растительного сырья сжиженными углеводородными газами / А.В. Золотокопов, Г.И. Касьянов, А.М. Медведев // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – 2026. – № 2. – С. 67–73.
8. Золотокопов А.В. Технология рыборастительного хлеба с заданными показателями пищевой безопасности / А.В. Золотокопов, М.Е. Цибизова, С.П. Запорожская // В сборнике: Оптимизация технологических процессов и разработка новых, прорывных способов переработки агропищевого сырья и водных биологических ресурсов. Сборник материалов Международной научно-практической конференции, посвященной 106-годовщине Кубанского государственного технологического университета. – Краснодар, 2024. – С. 168–171.
9. Золотокопов А.В. Влияние растительных добавок на ферментолиз рыбных фаршей / А.В. Золотокопов, М.Е. Цибизова, Е.Ю. Лебедева; Под общей редакцией Н.Т. Берберовой, К.П. Пащенко // В сборнике: Международная научная конференция научно-педагогических работников Астраханского государственного технического университета, посвящённая 85-летию со дня основания вуза (59 НПР). Материалы. ФГБОУ ВО «Астраханский государственный технический университет». – 2015. – С. 196–197.
10. Безотходные и малоотходные технологии в экономике замкнутого цикла рыбоперерабатывающих производств / С.В. Золотокопова [и др.] // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – 2026. – № 2. – С. 47–53.
11. Функционально-технологические свойства рыборастительного фарша / С.В. Золотокопова [и др.] // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. – 2020. – № 4(376). – С. 44–47.
12. Золотокопова С.В. Технологические приемы создания специализированных продуктов питания геродиетического назначения / С.В. Золотокопова, Г.И. Касьянов, А.М. Медведев // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – 2026. – № 2. – С. 57–63.
13. Использование морских видов рыб в рыборастительных паштетах / С.В. Золотокопова [и др.] // В сборнике: Балтийский морской форум. Материалы VII Международного Балтийского морского форума : в 6-ти томах. – 2019. – С. 41–45.
14. Касьянов Г.И. Технологические особенности переработки вторичных рыбных ресурсов / Г.И. Касьянов, А.А. Дядюн // В сборнике материалов VI Международной научно-практической конференции, посвященной 40-летию кафедры общественного питания и сервиса и в рамках Десятилетия науки и технологий «Инновации в индустрии питания и сервисе». – Краснодар, 2025. – С. 57–59.
15. Касьянов Д.Г. Оценка влияния способов инактивации антипитательных веществ хлебных злаков и бобов на пищевую ценность вырабатываемой продукции / Д.Г. Касьянов, А.В. Золотокопов // В сборнике: Современные аспекты производства и переработки сельскохозяйственной продукции. Сборник статей по материалам VIII Международной научно-практической конференции, посвященной 35-летию со дня образования общероссийской общественной организации «Российская инженерная академия». – Краснодар, 2025. – С. 359–364.
16. Колончин К.В. Рыбохозяйственный комплекс России: Состояние, проблемы и пути их решения // Вопросы рыболовства. – 2026. – Т. 27. – № 1. С. 5–38.
17. Методика сохранения биологически активных веществ при обработке многокомпонентного побочного рыбного сырья / М.И. Кременевская [и др.] // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия «Процессы и аппараты пищевых производств». – 2023. – № 2. – С. 50–59.
18. Магданова Ю.Р. Инновационные решения переработки вторичных рыбных ресурсов / Ю.Р. Магданова, М.Е. Цибизова // В сборнике: 64-я Международная научная конференция Астраханского государственного технического университета, посвященная 90-летнему юбилею со дня образования Астраханского государственного технического университета. Материалы конференции. – 2020. – 52 с.
19. Стандарты, проверенные временем. 35 лет Техническому комитету по стандартизации «Рыбные продукты пищевые, кормовые, технические и упаковка» / А.В. Межонов [и др.] // Рыбное хозяйство. – 2026. – № 2. – С. 11–19.
20. Мнацаканян А.Г. Исследование параметров спроса на рыбопродукты в контексте экономического благосостояния потребителей / А.Г. Мнацаканян, А.Г. Харин // Труды ВНИРО. – 2026. – Т. 203. – С. 148–157.

21. Моргулев С.К. Сравнительная оценка кроссов карпа по биохимическим показателям / С.К. Моргулев, Г.И. Пронина, О.В. Алимкина // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Рыбное хозяйство. – 2024. – № 4. – С. 107–113. – URL : https://doi.org/10.24143/2073-5529-2024-4-107-113
22. Получение коллагенсодержащей ихтиосубстанции из вторичных рыбных ресурсов / Д.В. Олдырев // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2023. – № 3. – С. 182–198. – URL : https: //doi.org/10.36107/spfp.2023.451
23. ПНСТ 826-2023. Продукция пищевая. Определение срока годности. Общие требования. Утвержден и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 18 мая 2023 г. № 18-пнст. – URL : https://docs.cntd.ru/ document/1301609068
24. Раков А.М. Выращивание африканского клариевого сома (Clarias gariepinus) в условиях биофлока: сравнительный анализ с установкой замкнутого водоснабжения / А.М. Раков, Ю.Н. Грозеску, А.Н. Неваленный // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Рыбное хозяйство. – 2026. – № 2. – С. 52–57. DOI: https://doi.org/10.24143/2073-5529-2026-2-52-57
25. Стуков А.В. Сравнительная морфологическая характеристика популяций судака обыкновенного Sander lucioperca (Linnaeus, 1758) р. Кубань и Азовского моря / А.В. Стуков, А.В. Абрамчук, Н.Г. Пашинова // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Рыбное хозяйство. – 2026. – № 2. – С. 7–13. DOI: https://doi.org/10.24143/2073-5529-2026-2-7-13
26. Совершенствование технологии и оборудования для получения костной рыбной добавки / Ю.А. Фатыхов [и др.] // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. – 2022. – № 1(385). – С. 72–76. DOI: 10.26297/0579-3009.2022.1.14
27. Хамитова М.Ф. Особенности гидробиоценоза биофильтра рыбоводной установки замкнутого цикла / М.Ф. Хамитова, М.Л. Калайда // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Рыбное хозяйство. – 2026. – № 2. – С. 58–69. DOI: https://doi.org/10.24143/2073-5529-2026-2-58-69
28. Цибизова М.Е. Оптимизация показателей качества рыборастительных паштетов / М.Е. Цибизова, А.В. Золотокопов // В сборнике: 68-я Международная научная конференция Астраханского государственного технического университета, посвящённая 30-летию со дня присвоения АТИРПиХ статуса технического университета. Материалы конференции. – Астрахань, 2024. – С. 682–685.
29. Использование биомассы насекомых для выращивания радужной форели в аквакультуре (краткий обзор зарубежной литературы) / И.Г. Шайхиев [и др.] // Вестник Астраханского государств. технич. ун-та. Серия Рыбное хозяйство. – 2021. – № 1. – С. 69–80. DOI 10/24143/2073-5529-2021-1-69-81
30. Шейкина Е.В. Инновационные мясорастительные производства: Архитектурно-технологические решения / Е.В. Шейкина, Г.И. Касьянов. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2026. – 170 с.
31. Яркина Н.Н. Эффективность управления рыбохозяйственной деятельностью через призму отраслевой специфики (предпринимательский уровень) // Вестник Керченского государственного морского технологического университета. – 2023. – № 4. – С. 374–381. DOI: 10.26296/2619-0605.2023.4.4.035
32. Abramchuk A. Joint cultivation of sturgeon and tilapia in cages on small rivers (Krasnodar territory) / A. Abramchuk, G. Moskul, N. Pashinova // In the Collection: BIO Web of Conferences. International Scientific and Practical Conference «Development and Modern Problems of Aquaculture» (AQUACULTURE 2023). EDP Sciences. – 2024. – 01060 p.
33. Ahmed M.S. Fish Disease Detection Using Image Based Machine Learning Technique in Aquaculturee / M.S. Ahmed, T.T. Aurpa, M.A.K. Azad // Journal of King Saud University – Comouter and Information Technology. – 2022. – № 34(8). – P. 5170–5182.
34. Atoum Y. Automatic feeding control for dense aquaculture fish tanks / Y. Atoum, S. Srivastava, X. Liu // IEEE Signal Processing Letters. – 2015.– № 22(8). – P. 1089–1093. – URL : https://doi.org/10.1109/ LSP.2014.2385794
35. Bidossessi E.A. IoT & AI Based System to improve Fish Farming: Case study of Benin. Kobe Institute of Computing. – 2021.
36. Development of smart aquaculture farm management system using IoT and AI-based surrogate models / M.C. Chiu [et al.] // Journal of Agriculture and Food Research. 2022. – URL : https://doi.org/10.1016/j.jafr.2022.100357
37. Naseer Sanni Ajoge, Mohammed Auwal Ahmed, Abubakar Balarabe. A Framework for an AI-IoT Based System for Improving Fish Production in a Smart Pond // International Journal of Innova-

tive Science and Research Technology ISSN № 2456-2165 IJISRT23OCT1618 www.ijisrt.com 1638. – 2023. – Vol. 8. – Iss. 10.
38. Ramya A. Iot based smart monitoring system for fish farming / A. Ramya, R. Rohini, S. Ravi // International Journal of Engineering and Advanced Technology. – 2019. – № 8 (6 Special Issue). – P. 420–424. https://doi.org/10.35940/ijeat.F1089.0886S19
39. Ubina N.A. Digital twin-based intelligent fish farming with Artificial Intelligence Internet of Things (AIoT) / N.A. Ubina, H.Y. Lan, S.C. Cheng // Smart Agricultural Technology. – 2023. – № 5. – URL : https://doi.org/10.1016/j.atech.2023.100285).

References

1. Antipova L.V. Rational utilization of pond-reared fish from polyculture systems as a pathway for developing high-quality fish products / L.V. Antipova, E.S. Popov // New Technologies. – 2023. – Vol. 19. – № 3. – P. 14–26.
2. Antonenko D.V. Characteristics of the Far Eastern sardine fishery in relation to oceanographic conditions in the waters off the Kuril Islands (2016–2025) / D.V. Antonenko, Yu.V. Novikov // Proceedings of VNIRO. – 2026. – Vol. 203. – P. 51–65.
3. On methods for improving the quality of fish meal for aquaculture use in the Russian Federation / R.V. Artemov [et al.] // Proceedings of VNIRO. – 2019. – Vol. 176. – P. 152–159.
4. Technology for multicomponent paste-like products based on tilapia mince / O.P. Dvoryaninova [et al.] // Technologies of the Food and Processing Industry of the Agro-Industrial Complex – Healthy Food Products. – 2021. – № 1. – P. 16–22.
5. Dosaeva V.G. Artificial reproduction of stellate sturgeon in the Volga-Caspian fishery basin: history, current status, and prospects for recovery / V.G. Dosaeva, D.E. Kirillov, O.V. Pyatikopova // Vestnik of Astrakhan State Technical University. Series: Fisheries. – 2026. – № 1. – P. 89–97.
6. Dyachenko M.M. Current issues and the regulatory framework for substantiating the shelf life of fish-based food products / M.M. Dyachenko, S.A. Polunina, A.V. Mezhonov // Fisheries (Rybnoye Khozyaystvo). – 2026. – № 1. – P. 87–92.
7. Zolotokopov A.V. Advances in the extraction of valuable components from plant-based raw materials using liquefied hydrocarbon gases / A.V. Zolotokopov, G.I. Kasyanov, A.M. Medvedev // Science. Engineering. Technologies (Polytechnic Bulletin). – 2026. – № 2. – P. 67–73.
8. Zolotokopov A.V. Technology for producing fish-and-plant-based bread with specified food safety parameters / A.V. Zolotokopov, M.E. Tsibizova, S.P. Zaporozhskaya // In: Optimization of Technological Processes and Development of New, Breakthrough Methods for Processing Agri-Food Raw Materials and Aquatic Biological Resources. Proceedings of the International Scientific and Practical Conference dedicated to the 106th anniversary of the Kuban State University of Technology. – Krasnodar, 2024. – P. 168–171.
9. Zolotokopov A.V. The Influence of Plant-Based Additives on the Enzymolysis of Fish Mince / A.V. Zolotokopov, M.E. Tsibizova, E.Yu. Lebedeva; edited by N.T. Berberova and K.P. Pashchenko // In: Proceedings of the International Scientific Conference of Academic and Teaching Staff at Astrakhan State Technical University, dedicated to the 85th anniversary of the university's founding. Astrakhan State Technical University, 2015. – P. 196–197.
10. Zero-Waste and Low-Waste Technologies in the Circular Economy of Fish-Processing Industries / S.V. Zolotokopova [et al.] // Science. Engineering. Technologies (Polytechnic Bulletin). – 2026. – № 2. – P. 47–53.
11. Functional and Technological Properties of Fish-Plant-Based Minced Products / S.V. Zolotokopova [et al.] // News of Higher Educational Institutions. Food Technology. – 2020. – № 4(376). – P. 44–47.
12. Zolotokopova S.V. Technological Approaches to Creating Specialized Food Products for Gerodietetic Purposes / S.V. Zolotokopova, G.I. Kasyanov, A.M. Medvedev // Science. Engineering. Technologies (Polytechnic Bulletin). – 2026. – № 2. – P. 57–63.
13. The Use of Marine Fish Species in Fish-Plant-Based Pâtés / S.V. Zolotokopova [et al.] // In the collection: Baltic Marine Forum. Proceedings of the VII International Baltic Marine Forum : in 6 vol. – 2019. – P. 41–45.
14. Kasyanov G.I. Technological aspects of processing secondary fish resources / G.I. Kasyanov, A.A. Dyadyun // In the proceedings of the VI International Scientific and Practical Conference «Innovations in the Food Service and Hospitality Industry», held to mark the 40th anniversary of the Department of Food Service and Hospitality and as part of the Decade of Science and Technology. – Krasnodar, 2025. – P. 57–59.
15. Kasyanov D.G. Assessing the impact of methods for inactivating anti-nutritional substances in cereals and legumes on the nutritional value of the final products / D.G. Kasyanov, A.V. Zolotokopov // In: Modern Aspects of Agricultural Production and Processing. A collection of articles based on the proceedings of the VIII International Scientific and Practical Conference, held to

mark the 35th anniversary of the founding of the all-Russian public organization «Russian Engineering Academy». – Krasnodar, 2025. – P. 359–364.
16. Kolonchin K.V. Russia's Fisheries Complex: Status, Challenges, and Solutions // Journal of Fisheries (Voprosy Rybolovstva). – 2026. – Vol. 27. – № 1. – P. 5–38.
17. Methodology for Preserving Biologically Active Substances During the Processing of Multicomponent Fish By-products / M.I. Kremenevskaya [et al.] // Scientific Journal of ITMO University. Series: Processes and Equipment for Food Production. – 2023. – № 2. – P. 50–59.
18. Magdanova Yu.R. Innovative Solutions for Processing Secondary Fish Resources / Yu.R. Magdanova, M.E. Tsibizova // In: Proceedings of the 64th International Scientific Conference of Astrakhan State Technical University, Dedicated to the 90th Anniversary of the University's Founding. – 2020. – 52 p.
19. Standards Tested by Time: 35 Years of the Technical Committee for Standardization «Fish Products (Food, Feed, and Technical) and Packaging» / A.V. Mezhonov [et al.] // Fisheries (Rybnoye Khozyaystvo). – 2026. – № 2. – P. 11–19.
20. Mnatsakanyan A.G. A Study of Demand Parameters for Fish Products in the Context of Consumer Economic Well-being / A.G. Mnatsakanyan, A.G. Kharin // Proceedings of VNIRO. – 2026. – Vol. 203. – P. 148–157.
21. Morgulev S.K. Comparative Assessment of Carp Crossbreeds Based on Biochemical Indicators / S.K. Morgulev, G.I. Pronina, O.V. Alimkina // Vestnik of Astrakhan State Technical University. Series: Fisheries. – 2024. – № 4. – P. 107–113. – URL : https://doi.org/10.24143/2073-5529-2024-4-107-113
22. Production of a collagen-containing fish-derived substance from secondary fish resources / D.V. Oldyrev // Storage and Processing of Agricultural Raw Materials. – 2023. – № 3. – P. 182–198. – URL : https://doi.org/10.36107/spfp.2023.451
23. PNST 826-2023. Food products. Determination of shelf life. General requirements. Approved and put into effect by the Order of the Federal Agency for Technical Regulation and Metrology dated May 18, 2023, № 18-PNST. – URL : https://docs.cntd.ru/document/1301609068
24. Rakov A.M. Rearing of African sharptooth catfish (Clarias gariepinus) in a biofloc system: a comparative analysis with a recirculating aquaculture system / A.M. Rakov, Yu.N. Grozesku, A.N. Nevalenny // Vestnik of Astrakhan State Technical University. Series: Fishing Industry. – 2026. – № 2. – P. 52–57. DOI: https://doi.org/10.24143/2073-5529-2026-2-52-57
25. Stukov A.V. Comparative morphological characteristics of zander (Sander lucioperca (Linnaeus, 1758)) populations from the Kuban River and the Sea of Azov / A.V. Stukov, A.V. Abramchuk, N.G. Pashinova // Vestnik of Astrakhan State Technical University. Series: Fishing Industry. – 2026. – № 2. – P. 7–13. DOI: https://doi.org/10.24143/2073-5529-2026-2-7-13
26. Improvement of technology and equipment for the production of fish bone-based additives / Yu.A. Fatykhov [et al.] // News of Higher Educational Institutions. Food Technology. – 2022. – № 1(385). – P. 72–76. DOI: 10.26297/0579-3009.2022.1.14
27. Khamitova M.F. Characteristics of the hydrobiocenosis in the biofilter of a recirculating aquaculture system / M.F. Khamitova, M.L. Kalaida // Vestnik of Astrakhan State Technical University. Series: Fishing Industry. – 2026. – № 2. – P. 58–69. DOI: https://doi.org/10.24143/2073-5529-2026-2-58-69
28. Tsibizova M.E. Optimization of quality indicators for fish-and-plant-based pâtés / M.E. Tsibizova, A.V. Zolotokopov // In: Proceedings of the 68th International Scientific Conference of Astrakhan State Technical University, dedicated to the 30th anniversary of the granting of technical university status to ATIRPiKh (Astrakhan Technical Institute of the Fishing Industry and Fisheries). – Astrakhan, 2024. – P. 682–685.
29. The use of insect biomass for the cultivation of rainbow trout in aquaculture (a brief review of foreign literature) / I.G. Shaikhiev [et al.] // Vestnik of Astrakhan State Technical University. Series: Fishing Industry. – 2021. – № 1. – P. 69–80. DOI 10.24143/2073-5529-2021-1-69-81
30. Sheikina E.V. Innovative Meat-and-Plant-Based Production Facilities: Architectural and Technological Solutions / E.V. Sheikina, G.I. Kasyanov. – Krasnodar : Izdatelskiy Dom – Yug, 2026. – 170 p.
31. Yarkina N.N. Efficiency of Managing Fisheries-Related Activities Through the Lens of Industry-Specific Characteristics (Entrepreneurial Level) // Bulletin of the Kerch State Maritime Technological University. – 2023. – № 4. – P. 374–381. DOI: 10.26296/2619-0605.2023.4.4.035
32. Abramchuk A. Joint cultivation of sturgeon and tilapia in cages on small rivers (Krasnodar territory) / A. Abramchuk, G. Moskul, N. Pashinova // In the Collection: BIO Web of Conferences. International Scientific and Practical Conference «Development and Modern Problems of Aquaculture» (AQUACULTURE 2023). EDP Sciences. – 2024. – 01060 p.
33. Ahmed M.S. Fish Disease Detection Using Image Based Machine Learning Technique in Aquaculturee / M.S. Ahmed, T.T. Aurpa, M.A.K. Azad // Journal of King Saud University – Comouter and Information Technology. – 2022. – № 34(8). – P. 5170–5182.

34. Atoum Y. Automatic feeding control for dense aquaculture fish tanks / Y. Atoum, S. Srivastava, X. Liu // IEEE Signal Processing Letters. – 2015.– № 22(8). – P. 1089–1093. – URL : https://doi.org/10.1109/ LSP.2014.2385794
35. Bidossessi E.A. IoT & AI Based System to improve Fish Farming: Case study of Benin. Kobe Institute of Computing. – 2021.
36. Development of smart aquaculture farm management system using IoT and AI-based surrogate models / M.C. Chiu [et al.] // Journal of Agriculture and Food Research. – 2022. – URL : https://doi.org/10.1016/j.jafr.2022.100357
37. Naseer Sanni Ajoge, Mohammed Auwal Ahmed, Abubakar Balarabe. A Framework for an AI-IoT Based System for Improving Fish Production in a Smart Pond // International Journal of Innovative Science and Research Technology ISSN № 2456-2165 IJISRT23OCT1618 www.ijisrt.com 1638. – 2023. – Vol. 8. – Iss. 10.
38. Ramya A. Iot based smart monitoring system for fish farming / A. Ramya, R. Rohini, S. Ravi // International Journal of Engineering and Advanced Technology. – 2019. – № 8 (6 Special Issue). – P. 420–424. https://doi.org/10.35940/ijeat.F1089.0886S19
39. Ubina N.A. Digital twin-based intelligent fish farming with Artificial Intelligence Internet of Things (AIoT) / N.A. Ubina, H.Y. Lan, S.C. Cheng // Smart Agricultural Technology. – 2023. – № 5. – URL : https://doi.org/10.1016/j.atech.2023.100285).