



УДК 639.321

Аквакультура

Научная и экономическая логика развития глубоководного морского рыбоводства в Китае

Дун Шуанлинь¹, Су Юэпэн²

¹ Лаборатория морского рыбоводства Министерства образования при Океанологическом университете Китая, ул. Юшань д.5 г. Циндао, пров. Шаньдун, 266003;

² Бюро развития морского хозяйства города Чжухай, ул. Синье, д.121 г. Чжухай, пров. Гуандун, 519000

E-mail: dongsl@ouc.edu.cn

За последние десятилетия объёмы аквакультурного производства в Китае неуклонно росли, но при этом происходил также устойчивый рост выбросов азота и фосфора, а также энергопотребления на каждую тонну продукции. Развитие аквакультуры столкнулось с «тройной дилеммой» – невозможностью одновременно достичь трех целей: снижения выбросов, сокращения энергозатрат и увеличения объёмов производства.

Авторы считают, что развитие глубоководной морской аквакультуры может стать ключом к решению этой дилеммы. В Китае такое развитие должно начинаться с укрепления основ модели разведения и приоритетного разрешения трех базовых противоречий:

- между прибыльностью предприятий и соотношением цена/качество продукции на рынке;
- между высокой углеродной нагрузкой продукции и ожиданиями по «зелёным» (экологичным) стандартам;
- между автоматизацией производства и трудоустройством прибрежных рыбаков, вынужденных менять профессию из-за трансформации отрасли.

На тактическом уровне предлагается использовать дифференцированные рыночные модели аквакультуры для повышения экономической эффективности глубоководного рыбоводства.

На стратегическом уровне необходимо создавать масштабные модели интеграции различных отраслей, чтобы снизить издержки разведения и ускорить строительство «голубого зернохранилища» (символ устойчивой морской продовольственной базы).

Ключевые слова: глубоководное морское рыбоводство; углеродный след; соотношение цена\качество продукции; устойчивая морская продовольственная база; морские пастбища; модель аквакультуры.

Scientific and economic logic of deep-offshore mariculture development

Dong Shuanglin¹, Su Yuepeng²

¹Key Laboratory of Mariculture of Ministry of Education, Ocean University of China, Qingdao Yushan rd 5 266003, China

² Municipal Marine Development Bureau, Xingye rd 121 Zhuhai 519000, China

In recent decades, the intensification levels of aquaculture systems in China have witnessed a rapid escalation, and the ongoing intensification of aquaculture systems will also lead to an increase in N and P discharge and energy consumption per unit weight gain. In the context of the national implementation of the «double carbon» strategy and society's pursuit of an improved quality of life, the development of aquaculture is facing the «trilemma», that is, it is impossible to achieve the triple goals of N, P discharge reduction, energy saving and production increase at the same time. The deeper-offshore area possesses robust natural purification capabilities and abundant non-fossil energy resources. With appropriate models and layouts, deeper-offshore aquaculture is expected to emerge as a pivotal solution to address the «trilemma». In recent years, China's deeper-offshore aquaculture developed rapidly, and there are some problems that are being solved. However, from a more macro and long-term perspective, there are three contradictions that should be paid attention to and solved, namely, enterprise profitability *versus* product affordability, clean energy-based products *versus* carbon-intensive products, and automated operation *versus* reemployment of coastal fishermen. At the tactical level, market differentiation mode can be implemented to improve its profitability. At the strategic level, the large-scale integration of multi-industries should be innovated to solve aforementioned contradictions.

Keywords: deeper-offshore aquaculture; carbon footprint; product affordability; blue granary; marine ranch; aquaculture mode.

我国深远海养殖发展的科学和经济逻辑

中国渔业经济, 2024年第6期 第42卷.10-20页

董双林¹, 苏跃朋²

(1. 中国海洋大学 教育部海水养殖重点实验室, 山东 青岛 266003; 2. 珠海市海洋发展局, 广东 珠海 519000)

摘要:过去几十年,我国水产养殖产量持续攀升,生产每吨产品的氮磷排放量和能耗也在持续增加。水产养殖发展正面临“三难困境”,即不可能同时实现减排、节能和增产这三重任务。本文认为,发展深远海养殖有望成为破解“三难困境”的重要途径。我国深远海养殖应首先打牢养殖模式根基,优先解决三对基本矛盾,即企业盈利性与产品市场性价比、高碳足迹产品与绿色产品期望、自动化生产与近岸转产转业渔民再就业。在战术层面,可选择市场差异化养殖模式来提高深远海养殖的经济性;在战略层面,应创建规模化多产业融合模式,降低养殖成本,加快建设蓝色粮仓。

关键词:深远海养殖;碳足迹;产品性价比;蓝色粮仓;海上牧场;养殖模式

(责任编辑 耿瑞/校对 雪梅/英文编辑 赵蕾)

中图分类号:F326.401 文献标识码:A 文章编号:1009-(2024)06-0010-07

ВВЕДЕНИЕ

10 апреля 2023 года Генеральный секретарь Си Цзиньпин во время инспекционной поездки в провинцию Гуандун подчеркнул необходимость формирования комплексного подхода к продовольственной безопасности, а также строительства морских пастбищ и создание устойчивой морской продовольственной базы. В июне 2023 года Министерство сельского хозяйства и сельских районов Китая совместно с восьмью другими ведомствами выпустило «Позиции по ускорению развития глубоководного морского рыболовства». В отличие от морских пастбищ, ориентированных на охрану экологической среды, развитие так называемых «оснащённых» морских пастбищ (или глубоководной морской аквакультуры) в Китае в настоящее время располагает благоприятными внешними условиями. В настоящей статье кратко рассматриваются с научной и экономической точек зрения необходимость и срочность развития глубоководного рыболовства, основные противоречия и инновационные модели с целью способствовать здоровому и устойчивому развитию отрасли в Китае.

1. НАУЧНАЯ ЛОГИКА РАЗВИТИЯ ГЛУБОКОВОДНОГО МОРСКОГО РЫБОВОДСТВА В КИТАЕ: ПРЕДПОСЫЛКИ И СТРАТЕГИЧЕСКОЕ ЗНАЧЕНИЕ

1.1. Развитие глубоководного морского рыболовства – стратегическая мера по преодолению ограничений, связанных с природными ресурсами и окружающей средой Китая

В 2022 году общий объём производства водных биоресурсов в Китае, включая как промысел, так и аквакультуру, составил 68,66 млн тонн, при этом на аквакультуру пришёлся 81% от общего объёма

(55,65 млн тонн). Из общего объёма продукции аквакультуры 59% обеспечиваются за счёт пресноводного рыболовства [Статистический ежегодник ..., 2012].

Китай является ведущей страной в мире по масштабам аквакультуры, однако одновременно входит в число 13 государств с наиболее острым дефицитом водных ресурсов: на одного жителя страны приходится лишь четверть от среднемирового уровня водообеспеченности [У и др., 2006]. Кроме того, Китай испытывает острую нехватку пахотных земель – средняя обеспеченность пахотными угодьями на душу населения составляет менее 40% от мирового показателя [Чжоу, Тянь, 2021].

Ограниченность земельных и пресноводных ресурсов существенно сдерживает увеличение объёмов пресноводного рыболовства за счёт дальнейшего расширения площадей прудовой аквакультуры или повышения скорости водообмена. В этой связи на развитие морской аквакультуры возлагаются большие надежды. Однако масштаб прибрежного морского рыболовства в Китае уже приблизился к предельной нагрузке на морские акватории [Ли, Хань, 2019], и переход от прибрежного к оффшорному и глубоководному рыболовству стал основным направлением развития.

В опубликованном в 2019 году совместном документе Министерства сельского хозяйства и сельских районов КНР и ещё десяти ведомств «Позиции по содействию экологически устойчивому развитию аквакультуры» подчёркивается, что рыболовная отрасль в целом должна стремиться к «повышению качества и эффективности, сокращению объёмов и увеличению доходов», а также к расширению пространства для аквакультуры за счёт развития «экологически чистого глубоководного морского рыболовства», чтобы преодолеть ситуацию ограниченности природных ресурсов и обеспечить устойчивое развитие отрасли.

1.2. Развитие глубоководного морского рыбоводства – важный путь к преодолению «тройной дилеммы» в рыбоводной отрасли Китая

В Китае история разведения рыбы насчитывает около 8000 лет [Nakajima et al., 2017]. Однако на протяжении большей части этого времени масштабы аквакультуры оставались ограниченными, а преобладающими были такие формы, как поликультура в прудах или комплексное (интегрированное) рыбоводство, что в целом не вызывало существенных экологических проблем.

Ситуация начала меняться в 1970-х годах, когда в Китай были завезены и стали активно внедряться западные технологии: искусственные гранулированные корма, аэраторы и современные методы садкового (клеточного) рыбоводства. В результате объём производства в прудовой аквакультуре стремительно вырос, а зоны выращивания водных биоресурсов расширились за пределы прудов, охватив озера, водохранилища и прибрежные морские воды. На этом фоне стали всё отчетливее проявляться негативные экологические последствия аквакультуры [Дун и др., 2023].

Особенно в последние десятилетия, по мере повышения степени интенсификации аквакультурных систем, объёмы производства рыбоводства Китая неу-

клонно росли [Дун, 2019 а]. Однако вместе с этим резко увеличились и такие показатели, как энергопотребление на единицу продукции, а также выбросы азота и фосфора в окружающую среду [Сюй и др., 2011; Дун и др., 2023].

В настоящее время спрос китайских потребителей на высококачественные продукты питания неуклонно растёт, одновременно усиливается общественное внимание к вопросам охраны окружающей среды. В этих условиях аквакультура должна не только обеспечивать рост объёмов производства и улучшение качества продукции, но и стремиться к минимизации выбросов азота и фосфора в сточных водах от рыбоводных хозяйств.

Однако в существующих технологических условиях интенсивное развитие аквакультуры позволяет достичь увеличения производства, но не может одновременно обеспечить сокращение выбросов и снижение энергопотребления. Иначе говоря, отрасль сталкивается с так называемой «тройной дилеммой» (см. рис. 1), при которой невозможно одновременно достичь трёх целей: роста производства, сокращения загрязняющих выбросов и повышения энергоэффективности.

Так, рециркуляционные аквакультурные системы (RAS) позволяют сократить выбросы и увеличить объём продукции, но в существующей структуре энергообеспечения это приводит к росту выбросов CO₂. В свою очередь, модель с прямым сбросом воды позволяет наращивать производство и снижать энергозатраты, но сопровождается усилением загрязнения сточных вод соединениями азота и фосфора.

Если модель развития глубоководной морской аквакультуры будет выстроена грамотно, а размещение хозяйств – соответствовать допустимой нагрузке на окружающую среду, то данный сектор будет не только обладать значительным потенциалом для расширения, но и позволит экономить пресную воду и земельные ресурсы. Кроме того, открытые морские акватории обладают высокой способностью к физическому самоочищению, а также богаты возобновляемыми источниками энергии, такими как волновая, ветровая и солнечная [Dong et al., 2024].

На этом фоне глубоководное морское рыбоводство, благодаря своим уникальным производственным преимуществам, рассматривается как перспективный путь к преодолению «тройной дилеммы» в аквакультуре.

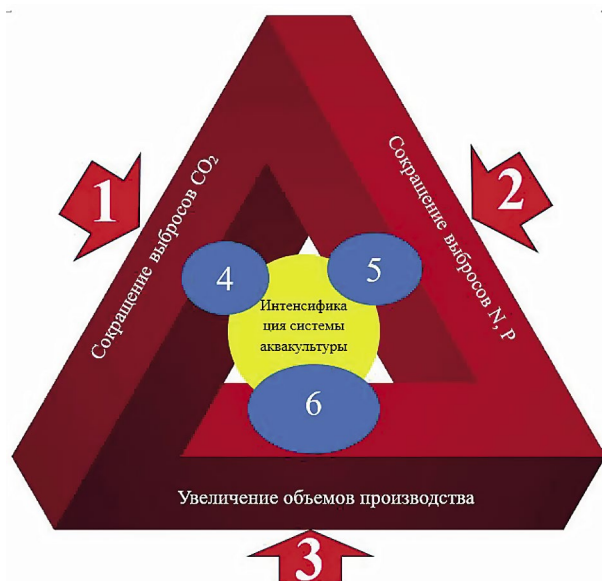


Рис. 1. «Тройная дилемма» развития рыбоводства в Китае. 1 – глобальное изменение климата; 2 – эвтрофикация водоемов; 3 – улучшение качества жизни; 4 – выброс CO₂; 5 – выброс N, P; 6 – рост объемов производства.

Fig. 1. The «Triple dilemma» of fish farming development in China. 1 – global climate change; 2 – eutrophication of water bodies; 3 – improvement of the quality of life; 4 – CO₂ emission; 5 – N, P emission; 6 – production volume growth.

II. НАУЧНАЯ ЛОГИКА РАЗВИТИЯ ГЛУБОКОВОДНОЙ МОРСКОЙ АКВАКУЛЬТУРЫ В КИТАЕ: ТЕКУЩЕЕ СОСТОЯНИЕ И ОСНОВНЫЕ ПРОТИВОРЕЧИЯ

2.1. Состояние развития глубоководной аквакультуры в Китае и за рубежом

В 1971 году Соединённые Штаты первыми заложили основы глубоководного морского рыбоводства, переоборудовав грузовое судно *Brown Bear* в плавучую ферму [Nash, 2011]. Позднее Швеция, бывший Советский Союз и США поочерёдно разработали фермы с ферменными каркасными морскими садками, предназначенные для разведения рыбы в условиях больших волн [Lovatelli et al., 2010]. За последние 50 лет, несмотря на активное продвижение концепции глубоководного морского рыбоводства со стороны Продовольственной и сельскохозяйственной организации ООН (ФАО), фактический уровень развития этой отрасли в мире в целом оказался ниже ожиданий. Исключение составляют лишь Китай и Норвегия, где наблюдается значительный прогресс в данном направлении. Причины отставания других стран кроются в высокой капиталоемкости проектов, недостаточной конкурентоспособности продукции на рынке, потенциальных экологических рисках, а также в отсутствии чёткой правовой базы [Klinger, Naylor, 2012; Dong et al., 2023].

В Норвегии рыбоводство в основном осуществляется в фьордах с использованием гравитационных садков для выращивания атлантического лосо-

ся. В настоящее время ёмкость фьордов практически исчерпана, а проблема морских вшей становится все серьёзней: расходы на профилактику и лечение заболеваний составляют уже от 10 до 15% от общей себестоимости производства [Barrett et al., 2020]. В целях обеспечения устойчивого развития правительство Норвегии приступило к стимулированию переноса производства атлантического лосося из фьордов в оффшорные морские глубоководные районы. Основные меры включают: введение дополнительного 25-процентного налога на использование морского пространства в пределах фьордов, а также предоставление стимулирующих квот на выращивание рыбы в открытом море за пределами фьордов. Эта стратегия «наказания и поощрения», в сочетании с тем, что затраты на профилактику заболеваний в открытых морских районах значительно ниже, способствовала ускоренному развитию глубоководной аквакультуры в Норвегии [Chu et al., 2020].

Китай начал развивать глубоководную морскую аквакультуру сравнительно поздно, однако благодаря государственной поддержке на всех уровнях и активному участию производителей специализированного оборудования этот сектор демонстрирует стремительный рост. На данный момент в Китае уже построено около 50 комплексов оборудования для глубоководного рыбоводства.

В зависимости от конфигурации и способа размещения в водной среде, такое оборудование подразделяется на шесть основных типов (см. табл. 1). Китай обладает наибольшим разнообразием технических

Таблица 1. Оборудование
 Table 1. Equipment

Тип оборудования		Примеры и объём (м ³)	Капитальные затраты на единицу водного объёма (юаней/м ³)*
Клетки в глубоководных районах		Ланьцзуань № 1, 160 000 м ³	163
Стационарные садки		Цзиньхай № 1, 70 000 м ³	1071
Плавучие садки	Плавучие	Дэхай № 1, 30 000 м ³	700
	Вращающиеся или вертикально регулируемые	Цяньдун № 1, 20 000 м ³	900
	Автономные секционные	Кэньхуан № 1, 60 000 м ³	—
Погружные садки	Простого типа	(напр., американский «садок-бабочка»)	—
	Комбинированного типа	Шэньлань № 1, 50 000 м ³	1292
Полупогружные садки	Для разведения рыбы	Чжэньюй № 1, 13 000 м ³	1166
	Для разведения морских ушей	Фубао № 1, 15 000 м ³	2333
Закрытые морские рыбаводные системы	Мобильная ферма	Госинь № 1, 90 000 м ³	5222
	Стационарная закрытая система	Neptun (Норвегия)	—

Примечание: * – расчёты выполнены на основе информации, опубликованной в СМИ.

решений в данной области, что сыграло ключевую роль в расширении технологической базы и оптимизации моделей глубоководной аквакультуры.

Тем не менее, за исключением погружных садков в удалённых морских районах, инвестиционная нагрузка по большинству разработанных в Китае типов оборудования – включая ферменные садки и плавучие рыбоводные платформы – остаётся чрезвычайно высокой (табл. 1). Этот фактор напрямую влияет на выбор моделей хозяйствования и структуру производственных решений со стороны аквакультурных предприятий.

2.2. Основные противоречия, с которыми сталкивается развитие глубоководной морской аквакультуры в Китае

Несмотря на стремительное развитие глубоководного морского рыбоводства в Китае, в данной сфере сохраняется ряд острых и неотложных проблем, требующих системного решения. Некоторые специа-

листы подчёркивают необходимость изучения таких ключевых аспектов, как пространственное планирование размещения рыбоводных объектов, инвестиционные и эксплуатационные модели, выбор выращиваемых видов, разработка критически важных технологий и оборудования, стандартизация и интеллектуализация инфраструктуры, а также построение полноценной производственной цепочки [Чжан и др., 2023; Ли и др., 2023; Сюй и др., 2023; Ли, 2023; Лю и др., 2024; Юй, Пэн, 2024; Жэнь и др., 2024].

Однако с точки зрения более широкой, макроэкономической и стратегической перспективы, если рассматривать развитие глубоководной аквакультуры как элемент формирования устойчивой морской продовольственной базы (так называемого «голубого зернохранилища»), в первую очередь, следует сосредоточиться на преодолении трёх фундаментальных противоречий (рис. 2), которые определяют устойчивость и эффективность моделей хозяйствования.



Рис. 2. Основные противоречия, с которыми сталкивается развитие глубоководной морской аквакультуры в Китае
Fig. 2. The main contradictions faced by the development of deep-sea marine aquaculture in China

2.1. Прибыльность предприятий и соотношение цена/качество продукции

Первоначальная цель развития глубоководной морской аквакультуры заключалась в преодолении ограничений, связанных с нехваткой пахотных земель и пресной воды, решении «тройной дилеммы» в аквакультуре и формировании устойчивых «голубого зернохранилища» и «морских пастбищ». Речь идёт о производстве в открытых морских акваториях – с высокой способностью к самоочищению и наличием богатых источников возобновляемой энергии – экологически чистых, доступных по цене, качественных и достаточных по объёму морепродуктов.

Ключевая задача заключается в производстве недорогой и массовой морской аквакультурной продукции, способной частично заменить пресноводную рыбу и тем самым снизить нагрузку на пресноводный сектор, способствуя трансформации и модернизации всей отрасли. Однако на практике, когда речь идёт о разведении отдельных видов, в начальной фазе их выращивания рыночная цена, как правило, достаточно высока, но по мере роста производства и насыщения спроса цена постепенно снижается. На раннем этапе развития глубоководной аквакультуры в Китае предприятия, как правило, ориентируются на выращивание дорогих видов рыб. Поскольку водные биоресурсы не являются товарами первой необходимости, после достижения определённого предельного объёма производства цена на продукцию может резко упасть. Фактически основные виды морской рыбы, выращиваемые в Китае, уже проходили через подобные ценовые колебания.

Когда рыночная цена опускается до уровня, близкого к переменным затратам на выращивание, или становится даже ниже, предприятия, несмотря на возможные государственные субсидии на строительство оборудования (т. е. на покрытие части постоянных издержек), начинают отказываться от производства этих видов. Более того, учитывая значительную удалённость глубоководных ферм от берега, суровые погодные условия и высокую капиталоемкость, предприятия вынуждены либо выращивать продукцию с высокой рыночной стоимостью, либо резко снижать себестоимость, чтобы обеспечить рентабельность.

В результате компании стремятся сознательно ограничивать объёмы производства, чтобы избежать обвала цен. Однако если предельный объём, при котором сохраняется баланс, окажется слишком низким, это будет противоречить изначальным задачам развития глубоководной аквакультуры, направлен-

ным на обеспечение продовольственной безопасности.

С учётом вышеизложенного, в настоящей статье предлагается: для разрешения противоречия между прибыльностью предприятий и рыночным соотношением цена/качество продукции следует выстраивать такие модели глубоководного рыбководства, которые обеспечивают низкую себестоимость при высокой комплексной эффективности. Государственные меры стимулирования, направленные на снижение издержек производства, могут способствовать увеличению предельных объёмов выращивания и являются более предпочтительной стратегией.

2.2. Продукция с высоким углеродным следом и ожидания в отношении экологичности

Использование богатых природных ресурсов открытого моря – таких как энергия волн, ветра и солнца – позволяет сократить зависимость от ископаемого топлива и способствует решению «тройной дилеммы» в аквакультуре. Однако на практике, за исключением отдельных платформ, таких как *Лэнху № 1* [Ляо, 2019] и *Гэшэн № 1*, подавляющее большинство китайских установок для глубоководного морского рыбководства полагаются на дизельные генераторы для обеспечения производственных процессов. Это приводит к тому, что углеродный след продукции, получаемой в результате такого способа выращивания, оказывается выше по сравнению с другими моделями аквакультуры – особенно в случае плавучих рыбководных судов [Bilen et al., 2013].

В настоящее время сотрудничество между морскими ветроэнергетическими станциями и отдельными объектами глубоководного рыбководства в Китае в основном ограничивается совместным использованием акваторий и не оказывает значительного влияния на снижение углеродного следа продукции [Dong et al., 2023; Ли и др., 2023].

С учётом изложенного, для реализации национальной стратегии «углеродный пик и углеродная нейтральность» становится крайне актуальной задача разработки новых отраслевых моделей, в которых будет обеспечено реальное и технологически обоснованное объединение морской ветроэнергетики и глубоководного рыбководства. Например, одним из возможных решений может стать использование электроэнергии, вырабатываемой морскими ветряными электростанциями, для непосредственного питания систем жизнеобеспечения и производственной деятельности на глубоководных фермах (см. рис. 2).

2.3. Автоматизация производства и трудоустройство высвободившихся прибрежных и прудовых рыбоводов

Перенос части морской аквакультуры из прудов и прибрежных районов в оффшорные и глубоководные акватории стал объективной и устойчивой тенденцией. Поскольку современные модели глубоководного рыбоводства в подавляющем большинстве основаны на механизации и автоматизации производственных процессов, это открывает техническую возможность для их переноса в удалённые морские зоны. Однако такое смещение неизбежно порождает проблему повторного трудоустройства значительного числа рыбоводов, ранее занятых в прудовой и прибрежной аквакультуре.

По данным статистики, в Китае насчитывается около 830 000 специалистов, занятых в морской прудовой и прибрежной аквакультуре [Статистический ежегодник ..., 2023]. В условиях масштабного развёртывания глубоководного морского рыбоводства и структурных изменений в отрасли остро встаёт вопрос комплексного решения трёх проблем, возникших в рыбоводстве – то есть трудоустройство высвобождаемых работников, переход на альтернативные виды деятельности и адаптация отрасли к новым реалиям.

В этой связи крайне необходимо выстраивать такие модели глубоководной аквакультуры, которые бы обеспечивали интеграцию с другими отраслями и были способны создавать достаточное количество рабочих мест (см. рис. 2). Только таким образом можно сбалансировать цели индустриализации, социальной стабильности и устойчивого развития отрасли.

III. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЛОГИКА РАЗВИТИЯ ГЛУБОКОВОДНОЙ МОРСКОЙ АКВАКУЛЬТУРЫ В КИТАЕ: ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ СТРАТЕГИИ И ИННОВАЦИОННЫЕ МОДЕЛИ

Для эффективного преодоления основных противоречий, с которыми сталкивается развитие глубоководного рыбоводства, необходимо применять стратегии, ориентированные на рыночный спрос, а также разрабатывать инновационные модели с низкими затратами на выращивание и высокой совокупной эффективностью.

3.1. Производственные стратегии, ориентированные на рыночный спрос

В условиях сосуществования различных форм морской аквакультуры – таких как морские пруды, наземные рециркуляционные системы, прибрежные

садки и глубоководные установки – важным направлением повышения экономической эффективности глубоководного рыбоводства становится выращивание таких видов, которые трудно или невозможно эффективно разводить в морских прудах и прибрежных садках.

Другим значимым фактором является повышение качества продукции и организация её вывода на рынок в периоды, когда предложение со стороны других форм аквакультуры ограничено. Эти подходы позволяют сформировать ценовое преимущество и укрепить позиции продукции глубоководной аквакультуры на рынке.

3.1.1. Предоставление рынку новых выращиваемых видов

Семейство лососевых традиционно пользуется высоким спросом у потребителей в сегменте морской аквакультуры. Однако из-за слишком высокой температуры поверхностных вод в китайских морях летом разведение этих видов в традиционных садках невозможно в круглогодичном формате. Решение предложено в виде *Шэньлань № 1* – погружаемой ферменной садковой конструкции, способной в летний период опускаться в придонный холодный слой воды в районе холодного фронта Жёлтого моря. Это делает возможным промышленное круглогодичное выращивание лососевых в китайских морских акваториях [Дун, 2019 b] и позволяет выводить на рынок качественную морскую продукцию, отличающуюся от продукции пресноводного происхождения.

3.1.2. Предоставление рынку продукции более высокого качества

Одним из успешных примеров повышения рентабельности за счёт улучшения качества продукции является выращивание большого жёлтого горбыля в клетках в открытом море. Рыба, выращенная в удалённых морских акваториях, значительно превосходит по качеству ту, что разводится в прибрежных сетчатых садках [Цзоу др., 2021], благодаря чему продукция первой категории может реализовываться по более высокой цене, обеспечивая дополнительную прибыль.

Аналогичным образом, морское выращивание японского сибаса (*Lateolabrax japonicus* (Cuvier, 1828)) позволяет получать продукцию лучшего качества по сравнению с выращиванием в пресной или солоноватой воде [Цао и др., 2014]. При условии грамотного построения маркетинговой стратегии глубоководное разведение таких эвригалинных видов, как японский сибас или восточноазиатский четырёхпалый спинорог

(*Eleutheronema rhadinum* (Jordan & Evermann, 1902)), может существенно повысить рентабельность деятельности аквакультурных предприятий.

3.1.3. Вывод продукции на рынок вне пикового сезона

Разведение европейского трахинота (*Trachinotus ovatus* (L., 1758)) в глубоководных садках в южных морских акваториях Китая зарекомендовало себя как весьма успешная практика. Однако в основных регионах его промышленного выращивания – провинциях Гуандун, Гуанси, Фуцзянь, а также в северной части острова Хайнань – в зимний период нередко происходят вторжения холодных воздушных масс, что делает зимовку рыбы сопряжённой с высоким риском. В результате предприятия стремятся реализовать основную часть продукции до наступления холодов, что приводит к массовому поступлению рыбы на рынок в ограниченное время, снижению цен и ослаблению рентабельности.

В то же время южные воды Хайнаня, в частности район Сянья, не подвержены зимним холодам. В этой связи предлагается стратегия сезонно смещённого разведения европейского трахинота с последующим выводом продукции на рынок в неурочное время. Это позволит не только повысить прибыльность хозяйств, но и поспособствует дальнейшему расширению масштабов выращивания этого вида.

3.1.4. Интеграция с индустрией полуфабрикатов

Многие крупные и средние виды аквакультурных рыб в Китае демонстрируют резкое ускорение роста на втором году жизни [Dong et al., 2023]. Однако традиционная культура потребления рыбы целиком зачастую не позволяет в полной мере реализовать потенциал роста таких видов. На этом фоне стремительный рост индустрии полуфабрикатов [Ван и др., 2023] требует пересмотра привычных представлений о товарной массе и моделях выращивания некоторых видов рыб.

Интеграция масштабных глубоководных рыбоводных хозяйств с индустрией полуфабрикатов открывает новые возможности для разведения рыбы более крупного размера. Такая кооперация позволяет не только лучше реализовать биологический потенциал выращиваемых видов и повысить общую эффективность производства, но также помогает решить проблему дефицита сырья для производства полуфабрикатов и централизованной утилизации отходов от переработки рыбы.

3.2. Модели выращивания, ориентированные на совокупную эффективность

Разработка моделей глубоководной морской аквакультуры с низкими производственными затратами и высокой общей эффективностью является ключевым условием для повышения предельных масштабов производства, разрешения противоречия между рентабельностью предприятий и рыночной доступностью продукции, а также достижения стратегической цели по формированию устойчивой морской продовольственной базы.

3.2.1. Сверхкрупная интегрированная модель многоотраслевого морского фермерства

В 2022 году академик Линь Мин [2022] из Китайской коммуникационной строительной компании (ККСК) выдвинул стратегическую концепцию создания сверхкрупных морских защитных инженерных сооружений с функцией аквакультуры. Специалисты Океанологического университета Китая предложили реализовать на таких объектах модель интегрированного поликультурного выращивания с разными уровнями питания в сочетании с трёхсекторной интеграцией – т. е. сельское хозяйство, переработка и сервис [Dong et al., 2023].

На основе технологий защиты от тайфунов, применённых при строительстве моста Гонконг–Чжухай–Макао, предлагается возвести крупномасштабные морские инженерные сооружения, способные выдерживать экстремальные погодные условия. Это позволит создать своего рода «защищённый залив» в открытом море, вдали от берега, и организовать в его пределах стабильную и безопасную аквакультурную среду.

Внутри таких объектов или в их непосредственной близости предлагается осуществлять поликультурное выращивание рыб с различными пищевыми уровнями, что позволяет одновременно повысить экономическую отдачу и увеличить коэффициент использования кормов. Такая модель предусматривает межотраслевую интеграцию аквакультуры, переработки водных биоресурсов, морской ветроэнергетики и туризма, что не только создаёт рабочие места для прибрежных рыбаков, но и многократно усиливает экономический эффект.

Благодаря использованию энергии ветра и солнечной энергии для нужд рыбоводства, переработки и рыболовства, данная модель также соответствует требованиям по снижению углеродного следа. Себестоимость единицы водоёма в таких сооружениях сопоставима со стоимостью традиционных клеточных

конструкций в удалённом море (см. табл. 1), а за счёт масштабного производства и многоотраслевой интеграции удастся эффективно разрешить противоречие между прибыльностью предприятий и рыночной доступностью продукции.

На сегодняшний день Бюро морского развития города Чжухай координирует работу ККСК, Института инноваций Большого залива и специалистов Океанологического университета Китая по разработке проекта «Глубоководного морского пастбища Чжухай – Deer Blue», включающего защитное инженерное сооружение диаметром 2000 метров.

Город Чжухай известен как «китайская столица японского сибаса», ежегодный объём выращивания которого здесь составляет около 160 000 тонн, что соответствует примерно 50% от общенационального объёма. Однако основной объём выращивается в наземных пресноводных прудах, что порождает проблемы как с качеством продукции, так и с соответствием сточных вод нормативам. Перенос завершающей стадии выращивания на море с использованием крупномасштабных морских защитных сооружений позволяет снизить нагрузку на пресноводные ресурсы и земельный фонд.

Ожидается, что при сохранении общего объёма производства качество продукции при новой морской модели значительно превзойдёт показатели традиционного наземного выращивания [Цзоу и др., 2021]. Модель также предусматривает чередование выращиваемых видов и их совмещение, а за пределами сооружения – комплексную аквакультуру, что одновременно увеличивает экономическую эффективность и сокращает экологическую нагрузку за счёт более полного использования кормов.

Благодаря глубокой интеграции аквакультуры с ветрогенерацией, переработкой и туристической индустрией достигается реальное снижение углеродных выбросов при одновременном росте доходов. Таким образом, проект «Глубоководное морское пастбище Чжухай – Deer Blue» представляет собой пример реализации тройной выгоды – экономической, экологической и социальной – и может рассматриваться как новая модель в строительстве «голубого зернохранилища» в Китае.

3.2.2. Модель «лососевого пастбища» с искусственным апвеллингом

По сравнению с Норвегией, условия для выращивания лососевых в районе холодного подводного слоя Жёлтого моря обладают рядом конкурентных преимуществ: более низкие логистические издержки, сокращённый цикл выращивания, дешёвая рабочая

сила, хорошее качество воды и относительно слабое распространение лососевых вшей (*Caligus salmonis* Krøyer, 1837) [Цао и др., 2014; Dong et al., 2023]. При условии промышленного масштабирования и круглогодичного выхода продукции на рынок выращивание лососевых в этих акваториях может быть рентабельным для предприятий. Однако в настоящее время разведение лососевых в удалённых морских районах с высокими волновыми нагрузками (на расстоянии свыше 120 морских миль от берега) всё ещё сопряжено с высокими затратами.

Для существенного снижения издержек исследователи из Океанологического университета Китая разработали инновационную модель «лососевого пастбища с искусственным подъёмом холодных вод» [Дун, Ли, 2023]. Суть модели заключается в том, чтобы в летний период, при помощи инженерных конструкций, поднимать холодную придонную воду из близлежащих к берегу участков на поверхность, создавая благоприятные температурные условия для выращивания лососевых в тёплый сезон. Это позволяет использовать стандартные глубоководные садки для круглогодичного разведения лососевых в открытом море.

Если в будущем данная модель получит широкое распространение в прибрежных водах провинций Ляонин и Шаньдун, она может кардинально снизить себестоимость производства лососевых в Китае, при этом значительно повысив качество продукции и общую экономическую эффективность.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Соблюдение этических норм

Все применимые этические нормы соблюдены.

Финансирование

Работа выполнена в порядке личной инициативы.

ЛИТЕРАТУРА

- Ван И., Линь Ц., Сюй Ч. 2023. Текущее состояние и меры развития индустрии готовой рыбной продукции // Современное рыбное хозяйство. Т. 5:77-81. (Кит.: 王艺红, 林嘉铭, 许智海. 水产预制菜产业现状及发展措施[J]. 当代水产, 2023(5):77-81.).
- Дун Ш. 2019а. Развитие аквакультуры нового времени с многомерной точки зрения // Журнал рыбного хозяйства. Т. 43(1):105-115. (Кит.: 董双林. 多维视角下的新时代水产养殖业发展[J]. 水产学报, 2019, 43(1):105-115.).
- Дун Ш. 2019б. Исследования и перспективы выращивания крупных лососевых видов в холодном водном слое Жёл-

- того моря // Журнал Океанологического университета Китая. Т. 49(3):1-6. (Кит.: 董双林. 黄海冷水团大型鲑科鱼类养殖研究进展与展望[J]. 中国海洋大学学报, 2019, 49(3):1-6.).
- Дун Ш., Дун Ю., Хуан Л., Тянь С., Хань Л., Ли Д., Хай Ц. 2023. Аквакультура Китая, выходящая в дальней офшор: возможности, вызовы и стратегии развития // Журнал рыбного хозяйства. Т. 47(3):039601. (Кит.: 董双林, 董云伟, 黄六一等. 迈向远海的中国水产养殖: 机遇、挑战和发展策略[J]. 水产学报, 2023, 47(3):039601.).
- Дун Ш., Ли Г. 2023. Устройство, способ и применение для создания морской фермы по разведению лососевых // Китай: CN116831070A. (Кит.: 董双林, 李广雪. 一种鲑鱼养殖海洋牧场营建装置、方法及应用[P]. 中国: CN116831070A, 2023.).
- Жэнь Ц., Хэ Ц., Цзун Ч. 2024. Текущее состояние, анализ слабых сторон и пути высококачественного развития глубокой офшорной аквакультуры Китая // Развитие и управление морем. № 5:18-29. (Кит.: 任泽众, 何静, 宗传宏. 我国深远海养殖产业发展现状、弱质性分析及高质量发展路径[J]. 海洋开发与管理, 2024(5):18-29.).
- Ли Д., Хань Л. 2019. Исследование по формированию новой системы обеспечения продовольственной безопасности на основе комплексного подхода «суша–море» // Журнал социальных наук. № 6:109-117. (Кит.: 李大海, 韩立民. 陆海统筹构建粮食安全保障新体系研究[J]. 社会科学辑刊, 2019(6):109-117.).
- Ли Д., Сунь В., Юй Х., Хань Л., Чжан И. 2023. Текущее состояние, особенности и рекомендации по развитию глубокой офшорной аквакультуры в Китае // Экономика рыбного хозяйства Китая. Т. 21(5):39-49. (Кит.: 李大海, 孙文慧, 于会娟等. 我国深远海养殖业的现状特点和发展建议[J]. 中国渔业经济, 2023, 21(5):39-49.).
- Ли М. 2023. Развитие и вызовы модернизации оборудования для глубокой офшорной аквакультуры // Наука и финансы. № 9:3-12. (Кит.: 李明敏. 深远海现代化养殖装备的发展与挑战[J]. 科技与金融, 2023(9):3-12.).
- Лю Х., Хуан В., Цуй Ц. 2024. Ситуация и меры по развитию отрасли глубокой офшорной аквакультуры Китая // Судостроение. № 5:6-15. (Кит.: 刘晃, 黄文超, 崔璨. 中国深远海养殖产业发展形势与对策[J]. 船舶工程, 2024(5):6-15.).
- Ли Я., Янь Ч., Лю Я., Чжан Ж., Хао Э. 2023. Текущее состояние и перспективы интеграции офшорной ветроэнергетики и морской аквакультуры // Судостроение. Т. 45(доп. выпуск):166-170. (Кит.: 李亚杰, 闫中杰, 刘扬等. 海上风电与海洋养殖融合发展现状与展望[J]. 船舶工程, 2023, 45(增刊):166-170.).
- Ляо Ц. 2019. Платформа сетевых садков «Пэнху» в Чжухае: вывод аквакультуры в глубоководные офшорные воды // Море и рыбное хозяйство. № 11:62-63. (Кит.: 廖静. 珠海“澎湖号”网箱平台: 让养殖走向深远海[J]. 海洋与渔业, 2019(11):62-63.).
- Линь М. 2022. Развитие крупномасштабной глубокой офшорной аквакультуры – проблемы, модели и пути реализации // Управленческий мир. № 12:39-58. (Кит.: 林鸣. 发展大规模深远海养殖—问题、模式与实现路径[J]. 管理世界, 2022(12):39-58.).
- Статистический ежегодник рыбного хозяйства Китая. 2023. Бюро рыболовства и рыболовного надзора Министерства сельского хозяйства и сельских дел КНР, Национальная станция по продвижению технологий в рыбном хозяйстве, Китайское общество рыбного хозяйства. Пекин: Китайское сельскохозяйственное издательство. 180 с. (Кит.: 农业农村部渔业渔政局, 全国水产技术推广总站, 中国水产学会. 中国渔业统计年鉴[R]. 北京: 中国农业出版社, 2023.).
- Сюй Х., Лю Х., Хуан В. 2023. Прогресс и перспективы технологий оборудования для глубокой офшорной аквакультуры // Журнал Шанхайского океанологического университета. Т. 32(5):893-902. (Кит.: 徐皓, 刘晃, 黄文超. 深远海设施养殖装备技术进展与展望[J]. 上海海洋大学学报, 2023, 32(5):893-902.).
- Сюй Х., Чжан Ч., Чжан Ц., Лю Х., Чжао П., Ши Ж., Ван Ц., Хэ Я. 2011. Исследования и рекомендации по энергосбережению и сокращению выбросов в рыбном хозяйстве Китая // Журнал рыбного хозяйства. Т. 35(3):472-480. (Кит.: 徐皓, 张祝利, 张建华等. 我国渔业节能减排研究与发展建议[J]. 水产学报, 2011, 35(3):472-480.).
- У П., Фэн Х., Ню В., Чжао С. 2006. Стратегические соображения и приоритетные направления исследований в области водосберегающего сельского хозяйства Китая // Научно-технический вестник. Т. 24(5):86-88. (Кит.: 吴普特, 冯浩, 牛文全等. 中国节水农业战略思考与研发重点[J]. 科技导报, 2006, 24(5):86-88.).
- Цао Ч., Ду Т., Цао Ю., Хуан Х. 2014. Сравнительное исследование летучих компонентов мяса морского окуня в пресноводной и морской аквакультуре // Наука и технологии пищевой промышленности. Т. 35(19):289-296. (Кит.: 曹湛慧, 杜涛, 操玉涛等. 淡水和海水养殖花鲈鱼肉中挥发性成分的比较研究[J]. 食品工业科技, 2014, 35(19):289-296.).
- Цзоу Г., Сун В., Се Ч. 2021. Технология крупномасштабного ограждённого разведения большеротовой кефали в глубоководной офшорной зоне // Рыбное хозяйство Китая. № 6:57-60. (Кит.: 邹国华, 宋炜, 谢正丽. 大黄鱼深远海大型围栏养殖技术[J]. 中国水产, 2021(6):57-60.).
- Чжоу Т., Тянь Б. 2021. Стратегические соображения по вопросам населения и продовольственной безопасности Китая в новых условиях // Обзор экономики Китая. № 7:36-40. (Кит.: 周天勇, 田博. 新形势下我国人口与粮食安全战略思考[J]. 中国经济评论, 2021(7):36-40.).
- Чжан Ц., Лю Ш., Лю Л., Чэн С., Вэй Ш., Чжу Д. 2023. Текущее состояние и тенденции развития оборудования для глубокой офшорной аквакультуры в Китае // Экономика рыбного хозяйства Китая. Т. 41(3):71-77. (Кит.: 张千, 刘世佳, 刘亮清等. 我国深远海养殖设施装备发展现状与趋势[J]. 中国渔业经济, 2023, 41(3):71-77.).
- Юй Ц., Пэн Ю. 2024. Механизмы функционирования и примеры высококачественного развития глубокой офшорной аквакультуры Китая // Журнал Океанологического университета Китая (серия общественных наук). № 4:19-29. (Кит.: 于谨凯, 彭雨涛. 我国深远海养殖高质量发展的运行机制及案例诠释研究[J]. 中国海洋大学学报(社会科学版), 2024(4):19-29.).
- Barrett L.T., Oppedal F., Robinson N., Dempster T. 2020. Prevention not cure: a review of methods to avoid sea

- lice infestations in salmon aquaculture // *Reviews in Aquaculture*, V. 12(4). P. 2527-2543. DOI: 10.1111/raq.12456
- Bilen S., Kizak V., Gezen A.M. 2013. Floating fish farm unit (3FU). Is it an appropriate method for salmonid production? // *Marine Science and Technology Bulletin*. V. 2. Is. 1. P. 9-13.
- Chu Y.I., Wang C.M., Park J.C., Lader P. 2020. Review of cage and containment tank designs for offshore fish farming // *Aquaculture*. V. 519:734928. DOI: 10.1016/j.aquaculture.2020.734928
- Dong S.L., Dong Y.W., Cao L., Verreth J., Olsen Y., et al. 2022. Optimization of aquaculture sustainability through ecological intensification in China // *Reviews in Aquaculture*. V. 14. P. 1249-1259.
- Dong S.L., Tian X.L., Gao Q.F., Dong Y.W.(eds.). 2023. *Aquaculture Ecology*. Singapore/Beijing: Springer. Science Press. 581 p.
- Dong S.L., Dong Y.W., Huang L.Y., Zhou Y. 2024. Advancements and hurdles in China's deeper-offshore aquaculture // *Reviews in Aquaculture*. V. 16(2):644-655.
- Klinger D., Naylor R. 2012. Searching for solutions in aquaculture: Charting a sustainable course // *Annual Review of Environment and Resources*. V. 37(1). P. 247-276.
- Lovatelli A., Aguilar-Manjarrez J., Soto D. 2010. *FAO Fisheries and Aquaculture Proceedings No.24: Expanding mariculture farther offshore: Technical, environmental, spatial and governance challenges*. Orbetello, Italy: FAO. 85 p. DOI: 10.13140/RG.2.1.2989.1927.
- Nakajima T., Hudson M.J., Uchiyama J., Makibayashi K., Zhang J. 2017. Common carp aquaculture in Neolithic China dates back 8,000 years // *Nature Ecology & Evolution*. N. 3. P. 1415-1418. DOI: 10.1038/s41559-019-0974-3
- Nash C.E. 2011. *The History of Aquaculture*. Iowa: Wiley-Blackwell, 227 p.
- REFERENCES**
- Wang J., Lin C., Xu C. 2023. The current state and measures of development of the industry of finished fish products // *Modern fisheries*. V. 5:77-81. (In Chinese).
- Dong S. 2019 a. The development of aquaculture of modern times from a multidimensional point of view // *Journal of Fisheries*. V. 43(1). P. 105-115. (In Chinese).
- Dong S. 2019 b. Research and prospects of growing large salmon species in the cold water layer of the Yellow Sea // *Journal of the Oceanological University of China*. V. 49(3):1-6. (In Chinese).
- Dong S., Dong Yu., Huang L., Tian X., Han Li., Li D., Hai C. 2023. China's aquaculture going offshore: Opportunities, Challenges and Development Strategies // *Journal of Fisheries*. V. 47(3):039601. (In Chinese).
- Dong S., Lee G. 2023. Device, method and application for creating a marine farm for salmon breeding // *China: CN116831070A*. (In Chinese).
- Ren Ts., He Ts., Tsung Ch. 2024. Current status, analysis of weaknesses and ways of high-quality development of China's deep offshore aquaculture // *Development and Management of the sea*. V. (5):18-29. (In Chinese).
- Li D., Han L. 2019. A study on the formation of a new food security system based on an integrated land-sea approach // *Journal of Social Sciences*. V. 6:109-117. (In Chinese).
- Li D., Sun, V., Yu, H., Han L., Zhang Y. 2023. The current state, features and recommendations for the development of deep offshore aquaculture in China // *Economics of Fisheries in China*. V. 21(5):39-49. (In Chinese).
- Li M. 2023. Development and challenges of modernization of equipment for deep offshore aquaculture // *Science and Finance*. Vol. (9):3-12. (In Chinese).
- Liu H., Huang V., Cui C. 2024. The situation and measures for the development of the deep offshore aquaculture industry in China // *Shipbuilding*. V. (5):6-15. (In Chinese).
- Li Ya., Yan Ch., Liu Ya., Zhang R., Hao Er. 2023. The current state and prospects of integration of offshore wind energy and marine aquaculture // *Shipbuilding*. V. 45 (additional iss.):166-170. (In Chinese).
- Liao Ts. 2019. The Penghu network cage platform in Zhuhai: the introduction of aquaculture into deep-sea offshore waters // *Sea and Fisheries*. V. (11):62-63. (In Chinese).
- Lin M. 2022. Development of large - scale deep-sea offshore aquaculture - problems, models and ways of implementation // *Managerial World*. V. (12):39-58. (In Chinese).
- Statistical Yearbook of China's Fisheries*. 2023. Bureau of Fisheries and Fisheries Supervision of the Ministry of Agriculture and Rural Affairs of the People's Republic of China, National Fisheries Technology Promotion Station, Chinese Fisheries Society. Beijing: Chinese Agricultural Publishing House. 180 p. (In Chinese).
- Xu H., Liu H., Huang V. 2023. Progress and prospects of equipment technologies for deep offshore aquaculture // *Journal of Shanghai Oceanological University*. V. 32(5):893-902. (In Chinese).
- Xu H., Zhang C., Zhang C., Liu H., Zhao P., Shi R., Wang J., He Ya. 2011. Research and recommendations on energy conservation and emission reduction in China's fisheries // *Journal of Fisheries*. V. 35(3):472-480. (In Chinese).
- Wu P., Feng H., Nu V., Zhao X. 2006. Strategic considerations and priority areas of research in the field of water-saving agriculture in China // *Scientific and Technical Bulletin*. V. 24(5). P. 86-88. (In Chinese).
- Cao Ch., Du T., Cao Yu., Huang H. 2014. Comparative study of volatile components of sea bass meat in freshwater and marine aquaculture // *Science and technology of the food industry*. V. 35(19):289-296. (In Chinese).
- Zou G., Song V., Xie H. 2021. Technology of large-scale fenced breeding of bighead mullet in a deep-sea offshore zone // *Fisheries of China*. V. (6):57-60. (In Chinese).
- Zhou T., Tian B. 2021. Strategic considerations on China's population and food security in new conditions // *Review of China's Economy*. No. 7. P. 36-40. (In Chinese).
- Zhang Ts., Liu Sh., Liu L., Cheng X., Wei Sh., Zhu D. 2023. The current state and development trends of equipment

- for deep offshore aquaculture in China // *Economics of China's fisheries*. V. 41(3):71-77. (In Chinese).
- Yu Ts., Peng Yu. 2024. Mechanisms of functioning and examples of high-quality development of deep offshore aquaculture in China // *Journal of the Oceanological University of China (series of Social Sciences)*. V. (4):19-29. (In Chinese).
- Barrett L.T., Oppedal F., Robinson N., Dempster T. 2020. Prevention not cure: a review of methods to avoid sea lice infestations in salmon aquaculture // *Reviews in Aquaculture*, V. 12(4). P. 2527-2543. DOI: 10.1111/raq.12456
- Bilen S., Kizak V., Gezen A.M. 2013. Floating fish farm unit (3FU). Is it an appropriate method for salmonid production? // *Marine Science and Technology Bulletin*. V. 2. Is. 1. P. 9-13.
- Chu Y.I., Wang C.M., Park J.C., Lader P. 2020. Review of cage and containment tank designs for offshore fish farming // *Aquaculture*. V. 519:734928. DOI: 10.1016/j.aquaculture.2020.734928
- Dong S.L., Dong Y.W., Cao L., Verreth J., Olsen Y., et al. 2022. Optimization of aquaculture sustainability through ecological intensification in China // *Reviews in Aquaculture*. V. 14. P. 1249-1259.
- Dong S.L., Tian X.L., Gao Q.F., Dong Y.W(eds.). 2023. *Aquaculture Ecology*. Singapore/Beijing: Springer. Science Press. 581 p.
- Dong S.L., Dong Y.W., Huang L.Y., Zhou Y. 2024. Advancements and hurdles in China's deeper-offshore aquaculture // *Reviews in Aquaculture*. V. 16(2):644-655.
- Klinger D., Naylor R. 2012. Searching for solutions in aquaculture: Charting a sustainable course // *Annual Review of Environment and Resources*. V. 37(1). P. 247-276.
- Lovatelli A., Aguilar-Manjarrez J., Soto D. 2010. *FAO Fisheries and Aquaculture Proceedings No.24: Expanding mariculture farther offshore: Technical, environmental, spatial and governance challenges*. Orbetello, Italy: FAO. 85 p. DOI: 10.13140/RG.2.1.2989.1927.
- Nakajima T., Hudson M.J., Uchiyama J., Makibayashi K., Zhang J. 2017. Common carp aquaculture in Neolithic China dates back 8,000 years // *Nature Ecology & Evolution*. N. 3. P. 1415-1418. DOI: 10.1038/s41559-019-0974-3
- Nash C.E. 2011. *The History of Aquaculture*. Iowa: Wiley-Blackwell, 227 p.

Поступила в редакцию 21.05.2025 г.

Принята после рецензий 12.08.2025 г.