

ЛУЧШИЕ МИРОВЫЕ ПРАКТИКИ СОЗДАНИЯ И РАЗВИТИЯ ИНФРАСТРУКТУРЫ РЫБОХОЗЯЙСТВЕННОГО КОМПЛЕКСА

М.В. Шария, начальник отдела
«Иннопарк ВНИРО»
(Россия, г. Москва)

DOI:10.24412/2411-0450-2025-9-191-196

Аннотация. В статье проведен анализ лучших мировых практик создания и развития инфраструктуры рыбохозяйственного комплекса (РХК) с акцентом на марикультуру. Рассмотрены успешные примеры из Китая, Южной Кореи, Канады, США, Норвегии, Португалии, Франции и России, включая технологии культивирования, ассортимент продукции, социально-экономические показатели, преимущества и недостатки. Представлено сравнение с Россией, где развитие марикультуры в Арктической зоне Российской Федерации (АЗРФ) отстает от мировых лидеров, но имеет значительный потенциал. На основе сводных таблиц и аналитики предложена оптимальная практика для АЗРФ – адаптация норвежских технологий оффшорного культивирования, аналогичных *Seaweed Energy Solutions (SES)*, с учетом устойчивости в арктических условиях и влияния санкций. Исследование опирается на актуальные научные публикации и данные проектов по состоянию на сентябрь 2025 года, с добавлением контр-аргументов для баланса (экологические риски, геополитические факторы).

Ключевые слова: марикультура, АЗРФ, РХК, инфраструктура, лучшие практики, устойчивость, санкции.

Рыбохозяйственный комплекс (РХК) играет ключевую роль в глобальной продовольственной безопасности, обеспечивая около 15-17% мирового потребления животного белка и способствуя экономическому развитию прибрежных регионов. Согласно данным ФАО за 2022-2024 годы, глобальное производство продукции рыболовства и аквакультуры достигло рекордных 223,2 млн т, с доминирующей ролью аквакультуры (130,9 млн т, или 58,6%). Этот сдвиг отражает переход от добычи диких запасов к контролируемому выращиванию, минимизируя экологическое давление и интегрируя с возобновляемой энергетикой. Однако, как отмечают эксперты, рост сопровождается рисками: 62,3% запасов на пределе, а климатические изменения могут снизить прогнозы на 3-5%. Марикультура, как сегмент аквакультуры в морской среде, демонстрирует ежегодный рост 8-9%, с объемом производства водорослей около 37,8 млн т в 2022 году, с прогнозом до 40-42 млн т к 2025 году, хотя неопределенности из-за геополитики (например, санкции) могут скорректировать эти цифры вниз. Азия доминирует (70-72%), с Китаем в лидерах (35-36%), в то время

как Европа и Северная Америка фокусируются на инновациях для устойчивости, но сталкиваются с вызовами, такими как загрязнение и зависимость от импорта.

Аквакультура превысила вылов дикой рыбы (58,6% против 41,4%), указывая на «голубую трансформацию» – переход к устойчивому выращиванию в ответ на растущий спрос и ограниченность природных запасов. Общее производство растет на 3-4% ежегодно, но зависит от управления: ФАО подчеркивает необходимость диверсификации для снижения рисков зависимости от Азии. В Европе и Арктике (включая АЗРФ) потенциал в оффшорных технологиях, но санкции (падение 15-20% в России) и климатические вызовы требуют адаптации. Экономическая ценность (~480-500 млрд долл. в 2023-2025) и занятость (~62-65 млн чел.) подчеркивают социальную роль, но экологические проблемы (загрязнение в Азии) и гендерные неравенства побуждают к инклюзивным практикам. Прогнозы на +10-12% к 2030-2032 предполагают осторожный оптимизм, с акцентом на экологию и равенство.

Таблица 1. Мировое производство продукции рыболовства и аквакультуры: тенденции развития по данным за 2022-2024 годы (с прогнозом на 2025 год) [1, 2, 16]

Показатель	Значение (2022-2024)	Прогноз (2025)	Комментарий
Общее производство	223,2 млн т	~230-240 млн т	Рост за счет аквакультуры, но с рисками из-за климата и санкций
Вылов дикой рыбы	92,3 млн т (41,4%)	~95-97 млн т	Стабилизация запасов, потенциальное снижение из-за перелова
Доля аквакультуры	130,9 млн т (58,6%)	~135-140 млн т	Доминирование выращивания, с фокусом на устойчивость
Производство водорослей (марикультура)	37,8 млн т	~40-42 млн т	Рост 8-9% ежегодно, но зависимость от Азии (98%)
Главный регион	Азия (70-72%)	Азия (72-75%)	Абсолютное лидерство, риски монополии
Общая стоимость	472 млрд долл. США	~500-520 млрд долл. США	Экономическая значимость, с ростом рынка до 18-47 млрд долл. для водорослей к 2032
Потребление на душу	20,6 кг.	~21-22 кг	Устойчивый рост, но неравенство в доступе
Занятость	61,8 млн чел.	~65-67 млн чел.	Социальный эффект, с гендерными диспропорциями

Глобальная площадь марикультуры превышает 3 млн км², с фокусом на Азии (Китай: ~3,5 млн км² к 2024). Производство водорослей выросло с 35,8 млн т в 2020 до 37,8 млн т в 2022, с прогнозом 40-42 млн т к 2025 (рост 8-12%), но реальные цифры могут варьироваться из-за климатических аномалий. Лидеры: Китай (14 млн т, 35%), Индонезия (12 млн т), Южная Корея (2 млн т), Норвегия

(0,3-0,35 млн т, рост ~25-30%). В России объем аквакультуры 402 тыс. т в 2023, с ожидаемым ~380-400 тыс. т в 2025 из-за санкций, марикультура водорослей – 5-10 тыс. т. Контраргумент: Азиатская доминация создает глобальные риски (например, уязвимость к болезням), побуждая к диверсификации в регионы вроде Арктики.

Таблица 2. Сравнительный анализ производства морских водорослей (1950-2025 гг.) [3, 4,5]

Страна	Производство (т., 1950)	Производство (т., 2025, прогноз)	Доля в мире, (%)	Доля аквакультуры, (%)	Ключевая модель
Япония	145 400	450 000–500 000	1,2–1,5	85–90	Развитая аквакультура с ИИ-мониторингом
Россия (СССР)	142 594	10 000–15 000	0,02–0,05	60–70	Смешанная, с фокусом на локализацию из-за санкций
США	101 577	5 000–7 000	0,01–0,02	10–15	Дикий сбор, переход к оффшору
Китай	<1 000	14 000 000–15 000 000	35–37	99	Мощная аквакультура, интеграция с энергетикой

Сравнение иллюстрирует сдвиг от развитых стран (70% в 1950) к Азии (98% в 2022-2025), с аквакультурой в 97% глобального объема. Китай вырос экспоненциально благодаря государственной поддержке, но сталкивается с загрязнением (контраргумент: экологические риски перевешивают рост). Россия и США отстают из-за медленных инноваций и санкций, но Арктика предлагает нишу для холодоустойчивых видов. Рынок водорослей (~\$11-18 млрд в 2023-2025) стимулирует диверсификацию, с потенциалом +30-50% роста для отстающих регионов при инвестициях в оффшор.

Успешные мировые примеры

1. Канада/США: Культивирование *Chondrus crispus* с прецизионной агрономией; 50-100 тыс. т (2020-2025), выручка 7-15 млн долл.; преимущества – продуктивность 10 т/га; недостатки – климатическая уязвимость [11].

2. Южная Корея: IoT-кооперативы; 1,7-2 млн т, выручка 1-1,5 млрд долл.; преимущества – сообщество-ориентированность; недостатки – загрязнение [12].

3. Норвегия/Португалия (SES): Оффшорные платформы для *Saccharina latissima*; 0,3-0,35 млн т (2025), выручка 10-20 млн долл.; преимущества – CO₂-поглощение (10-15 т/га); недостатки – инвестиции 10-50 млн долл., риски штормов [13,14].

4. Китай: Интеграция с PV-водородом; 12-14 млн т, выручка >50 млрд долл.; преимущества – энергоэффективность; недостатки – загрязнение, монополия [15].

5. Франция (Algaia): Биоэкономическая переработка; 20-50 тыс. т, выручка 15 млн долл.; преимущества – инновации; недостатки – зависимость от сырья [16].

Таблица 3. Преимущества и недостатки практик

Страна/Проект	Преимущества	Недостатки
Канада/США	Высокая продуктивность, устойчивость	Климатическая зависимость; риск переоценки экологических преимуществ без мониторинга
Южная Корея	Сообщество-ориентированность, сертификаты ASC-MSC	Уязвимость к загрязнению; социальные конфликты в плотных районах
Норвегия (SES)	Масштабируемость, интеграция с энергией	Высокие инвестиции; потенциальное влияние на биоразнообразие (контр: исследования показывают +600% популяции рыбы, но нужны долгосрочные данные)
Китай	Зеленая интеграция	Загрязнение; геополитические риски монополии
Франция	Биоэкономика	Зависимость от сырья; экономическая уязвимость к колебаниям рынка
Россия (ММБИ)	Арктические ресурсы, интеграция с нефтегазом	Низкий объем, санкции; контр: локализация кормов (+19% в 2025) может снизить риски

В России аквакультура ~5-6% от улова (380-402 тыс. т в 2024-2025), в АЗРФ <1% (1-2 тыс. т водорослей). Санкции вызвали падение 15-20%, но рост кормов (+19% в 2025) и проекты (например, Inarctica +10%) указывают на восстановление. Преимущества АЗРФ: ресурсы (~5 млн км²), холод для видов вроде *Laminaria*. Контраргумент: суровый климат увеличивает потери (20-30%), требуя адаптации.

На основе анализа мировых практик и актуальных данных по состоянию на сентябрь 2025 года, для АЗРФ рекомендуется приоритетное внедрение оффшорных методов культивирования водорослей-макрофитов, адаптированных из норвежского опыта Seaweed Energy Solutions (SES). Этот подход предполагает использование плавающих платформ и веревочных ферм, интегрированных с ветровыми установками или нефтегазовой инфраструктурой, для выращивания видов, устойчивых к холоду, таких как *Saccharina latissima* и *Laminaria digitata*. Данная технология демонстрирует высокую масштабируемость: в Норвегии объемы производства выросли с 0,1 млн т в 2020 году до 0,35 млн т в 2025 году, с ежегодным ростом ~25-30%, благодаря интеграции с оффшорной энергетикой, что снижает затраты на 20-30% и обеспечивает CO₂-поглощение до 10-15 т/га ежегодно.

В АЗРФ целесообразно начинать с пилотных проектов в Баренцевом и Белом морях (площадь ~5 млн км²), с целью достижения 50-100 тыс. т к 2030 году, в соответствии со

Стратегией развития агропромышленного и рыбного комплексов РФ до 2030 года [19]. Дополнительно рекомендуется комбинировать с интегрированными системами (как в Норвегии и Китае), включая мониторинг IoT и ИИ для оптимизации роста, что повысит урожайность на 20-30% и минимизирует экологические риски.

Альтернативные методы, такие как танковое культивирование (Канада/США), подходят для красных водорослей (*Chondrus crispus*) в прибрежных зонах, но менее эффективны в арктических условиях из-за зависимости от климата. Закрытые системы (Япония/Корея) могут применяться для семенного материала, но требуют значительных инвестиций в инфраструктуру.

Общий алгоритм внедрения:

- 1) Выделение рыбоводных участков в безледных зонах;
- 2) Разработка регламентов эксплуатации (секторная система промысла);
- 3) Интеграция с возобновляемой энергетикой;
- 4) Партнерства с несанкционными странами (Китай, Индия) для технологий и финансирования, с учетом санкций, приведших к снижению роста аквакультуры на 15-20% в 2024-2025 годах.

Инвестиции: 10-50 млн долл. США на ферму (10-100 га), с окупаемостью 3-5 лет при производстве продукции с высокой добавленной стоимостью (биотопливо, удобрения, фармацевтика).

АЗРФ обладает уникальным набором преимуществ, способствующих развитию марикультуры водорослей-макрофитов, что делает регион перспективным для инновационной стратегии, ориентированной на устойчивость и диверсификацию экономики.

Во-первых, огромные морские ресурсы: площадь ~5 млн км² с богатыми питательными веществами водами (Баренцево, Белое, Печорское моря), обеспечивающими высокую продуктивность (до 15-20 т/га для *Saccharina latissima* в холодных условиях). Холодный климат (температуры 0-10°C) идеален для арктических видов водорослей, минимизируя риски болезней и повышая качество продукции (высокое содержание йода, альгинатов).

Во-вторых, интеграция с существующей инфраструктурой: нефтегазовые платформы (Ямал LNG, Arctic LNG 2) и ветровые фермы позволяют совместное размещение, снижая затраты на 30% и обеспечивая автономность (солнечные/ветровые источники для ферм). Это также способствует декарбонизации: водоросли поглощают CO₂ (до 1-2 т/т сырья), интегрируясь с программами по климату.

В-третьих, государственная поддержка: Стратегия до 2030 года предусматривает создание 200 тыс. рабочих мест в Арктике (зарплаты в 1,6 раза выше среднего по РФ), федеральные программы по аквакультуре и преференции для резидентов АЗРФ (налоговые льготы, гранты до 800 млрд руб.).

Социально-экономические преимущества: низкая конкуренция, экспортный потенциал (рынок водорослей ~\$18-20 млрд в 2025 году), диверсификация от нефти/газа, создание 500+ рабочих мест на ферму.

Наконец, экологические бонусы: восстановление биоразнообразия, снижение пресса на дикие запасы (как в норвежских проектах, где интеграция повысила популяции рыбы на 600%).

Несмотря на преимущества, АЗРФ сталкивается с существенными ограничениями, препятствующими быстрому развитию марикультуры.

Во-первых, суровые климатические условия: лед, штормы и полярная ночь (до 6 месяцев) увеличивают риски разрушения ферм (потери до 20-30% урожая), требуя специализированного оборудования (Arc7 класс для судов), что повышает затраты на 40-50% по

сравнению с умеренными зонами. Климатические изменения усугубляют это: таяние льда открывает маршруты (Северный морской путь, СМП), но вызывает эрозию берегов и миграцию видов, снижая стабильность экосистем.

Во-вторых, логистические проблемы: удаленность (транспортировка до рынков занимает 2-4 недели), дефицит инфраструктуры (порты, хранение) и зависимость от СМП, где трафик вырос на 755% с 2014 по 2022 год, но подвержен геополитическим рискам. Санкции (с 2022-2025 годов) привели к падению производства на 15-20%, ограничению импорта оборудования и кормов, а также санкциям на танкеры, влияющим на экспорт ~1,5 млн баррелей нефти/день из Арктики.

В-третьих, экологические и социальные недостатки: риск загрязнения от нефтегазовых операций (спилы масла), конфликты с традиционным рыболовством и коренными народами, низкий объем производства (~1-2 тыс. т водорослей в 2025 году, <1% от национального).

Наконец, институциональные барьеры: бюрократия в выделении участков, дефицит квалифицированных кадров и зависимость от иностранных партнеров (Китай инвестирует в порты, но это несет риски двойного назначения).

Принятие рекомендаций по оффшорному культивированию в АЗРФ сопряжено с рисками, оцениваемыми по шкале от низкого (1) до высокого (5).

Экологические риски (4/5): разрушение ферм штормами (вероятность 20-30% ежегодно), загрязнение от интеграции с нефтегазом (риск спиллов, как в 2025 отчетах по Арктике), влияние на биоразнообразие (миграция рыбы из-за потепления ~0,5-1°C/год).

Экономические риски (3/5): высокие инвестиции (неокупаемость при санкциях, падение экспорта рыбы ~9% в 2024-2025), волатильность рынка (цены на водоросли ~\$0,5-1/кг).

Социальные риски (2/5): конфликты с местными сообществами, но минимизируемы кооперативами (как в Корее).

Геополитические риски (4/5): санкции ограничивают технологии, китайские инвестиции в СМП несут риски шпионажа/двойного назначения портов.

Рекомендации снижают риски: локализация производства (рост кормов ~19% в 2025), пилотные проекты для тестирования, страхование через федеральные программы. Общая оценка: средний риск (3/5), с потенциалом снижения до 2/5 при партнерствах.

Заключение

Модернизация РХК через институциональные изменения и инновации в марикультуре обеспечивает устойчивость. Межстрановой анализ (Китай: 14 млн т; Норвегия: 0,35 млн т;

Россия: 5-10 тыс. т) подчеркивает переход к аквакультуре (97% глобально), с объемом ~40-42 млн т водорослей к 2025. В АЗРФ низкий объем контрастирует с преимуществами (ресурсы, поддержка), но требует преодоления санкций и климата. Норвежские модели адаптируемы, обеспечивая безопасность и диверсификацию. Стратегия с ИИ и партнерствами минимизирует издержки, способствуя глобальному балансу.

Библиографический список

1. FAO. 2024. The State of World Fisheries and Aquaculture 2024. Rome. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.fao.org/documents/card/en/c/cd0690en>.
2. FAO. 2024. Global Aquaculture Production Statistics. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.fao.org/3/cd0683en/online/sofia/2024/aquaculture-production.html>.
3. Cai, J. 2021. Global Status of Seaweed Production. FAO. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.competecaribbean.org/wp-content/uploads/2021/05/Global-status-of-seaweed-production-trade-and-utilization-Junning-Cai-FAO.pdf>.
4. Ross, F.W.R. et al. 2025. Global Potential for Seaweed Aquaculture. Heliyon. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2405844024172799>.
5. Global Seaweed New and Emerging Markets Report 2023. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.worldbank.org/en/topic/environment/publication/global-seaweed-new-and-emerging-markets-report-2023>.
6. Seaweed trade and market potential. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/3ed17473-4b3f-4f8b-978a-09945412bdf0/content>.
7. FAO: Analysis of global seaweed trade and market potential. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.tridge.com/news/fao-analysis-of-global-seaweed-trade-and-mar-oszwrw>.
8. Liam Janke. Mapping the global mass flow of seaweed: Cultivation to industry application. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/jiec.13539>.
9. Fahmida Sultana, Md Abdul Wahab, Md Nahiduzzaman, Md Mohiuddin, Mohammad Zafar Iqbal, Abrar Shakil, Abdullah-Al Mamun, Md Sadequr Rahman Khan, LiLian Wong, Md Asaduzzaman. Seaweed farming for food and nutritional security, climate change mitigation and adaptation, and women empowerment: A review. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2468550X22001460/>.
10. Pratik Shirsath. Seaweed Cultivation Market Report 2025 (Global Edition). – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.cognitivemarketresearch.com/seaweed-cultivation-market-report>.
11. Paula Tummon Flynn, K. Devon Lynn, David K. Cairns, Pedro A. Quijón1 Sharp, Mesograzers interactions with a unique strain of Irish moss (*Chondrus crispus*): Colonization, feeding, and algal condition-related effects. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.researchgate.net/publication/351068195_Mesograzers_interactions_with_a_unique_strain_of_Irish_moss_Chondrus_crispus_Colonization_feeding_and_algal_condition-related_effects.
12. Eun Kyoung Hwang and Chan Sun. Park Seaweed cultivation and utilization of Korea. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.e-algae.org/upload/pdf/algae-2020-35-5-15.pdf>.
13. Seaweed Solutions. 2025. Company Overview. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://seaweedsolutions.com/>.
14. Reina J. Veenhof, Michael T. Burrows, Adam D. Hughes, Kati Michalek, Michael E. Ross, Alex I. Thomson, Jeffrey Fedenko and Michele S. Stanley. Sustainable seaweed aquaculture and climate change in the North Atlantic: challenges and opportunities. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.frontiersin.org/journals/marine-science/articles/10.3389/fmars.2024.1483330/full>.

15. Yueming Liu, , Zhihua Wang, Xiaomei Yang, Shaoqiang Wang, Xiaoliang Liu, Bin Liu, Junyao Zhang, Dan Meng, Kaimeng Ding, Ku Gao, Xiaowei Zeng, Yaxin Ding. Changes in mariculture and offshore seawater quality in China during the past 20 years. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.researchgate.net/publication/375988863_Changes_in_mariculture_and_offshore_seawater_quality_in_China_during_the_past_20_years.
16. Algaia. 2023. Company Profile. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.algaia.com/en/>.
17. World Bank. 2023. Global Seaweed Markets Report. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://documents1.worldbank.org/curated/en/099081423104548226/pdf/P175786073c14c01609fe409c202ddf12d0.pdf>.
18. Arctic Russia. 2024. Aquaculture in the Arctic. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://arctic-russia.ru/en/article/aquaculture-in-the-arctic-consistent-growth-of-underwater-herds/>.
19. Стратегия развития агропромышленного и рыбного комплексов РФ до 2030 года. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://legalacts.ru/doc/rasporjazhenie-pravitelstva-rf-ot-08092022-n-2567-r-ob-utverzhenii/>.
20. Drawdown. 2025. Seaweed Farming Solutions. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://drawdown.org/solutions/seaweed-farming>.
21. Global Production. March 2025 update [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://www.fao.org/statistics/events/events-detail/global-production.-march-2025-update/en>.
22. FAO Report: Global fisheries and aquaculture production reaches a new record high. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.fao.org/newsroom/detail/fao-report-global-fisheries-and-aquaculture-production-reaches-a-new-record-high/en>.
23. OECD Review of Fisheries 2025. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.oecd.org/content/dam/oecd/en/publications/reports/2025/02/oecd-review-of-fisheries-2025_d308ff48/560cd8fc-en.pdf.

BEST WORLD PRACTICES FOR CREATING AND DEVELOPING THE INFRASTRUCTURE OF THE FISHERIES COMPLEX

M.V. Sharia, *Head of Department*
Innopark VNIRO
(Russia, Moscow)

Abstract. *This article analyzes best global practices in the creation and development of fisheries infrastructure, with a focus on mariculture. Successful examples from China, South Korea, Canada, the United States, Norway, Portugal, France, and Russia are examined, including cultivation technologies, product range, socioeconomic indicators, advantages, and disadvantages. A comparison is made with Russia, where mariculture development in the Arctic Zone of the Russian Federation (AZRF) lags behind global leaders but has significant potential. Based on summary tables and analysis, an optimal practice for the AZRF is proposed—the adaptation of Norwegian offshore cultivation technologies similar to those developed by Seaweed Energy Solutions (SES), taking into account sustainability in Arctic conditions and the impact of sanctions. The study draws on current scientific publications and project data as of September 2025, with counterarguments (environmental risks, geopolitical factors) added to balance the analysis.*

Keywords: *mariculture, Arctic Zone of the Russian Federation, RHC, infrastructure, best practices, sustainability, sanctions.*