

НАДВОДНЫЕ И ПОДВОДНЫЕ БЕСПИЛОТНЫЕ И АВТОНОМНЫЕ СИСТЕМЫ

**АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОТЧЕТ ОБ ИССЛЕДОВАНИИ
АРХИТЕКТУРЫ РЫНКА ИННОВАЦИОННОГО
СУДОСТРОЕНИЯ РЫНКА МАРИНЕТ**

ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ.....	3
АННОТАЦИЯ	6
Описание сегмента рынка	6
Глобальная динамика	6
Российская специфика и приоритеты	7
Резюме для руководства	9
РЫНОК И СЦЕНАРИИ ПРИМЕНЕНИЯ	13
Двухконтурная структура рынка: от проектного к массовому	13
Старый «проектный» рынок: ТНПА/ROV и АНПА/AUV	13
Новый «массовый» рынок: БЭК/USV и дешёвые подводные дроны	14
Российская траектория	15
МЕТОДОЛОГИЧЕСКОЕ УТОЧНЕНИЕ: ОТ РЫНКА ИЗДЕЛИЙ К РЫНКУ УСЛУГ	16
Масштаб российского рынка производства МРТК (выпуск/поставки, единиц в год)	16
Структура рынка услуг	17
ПОТЕНЦИАЛ И БАРЬЕРЫ РЫНКА	20
Категория А: «Готово к масштабированию» — подтверждённые технологии и бизнес-модели	20
Категория Б: «Технологически готово, но нужен PRODUCT-MARKET FIT» — зрелые технологии при неподтверждённой экономике	24
Категория В: «Высокий потенциал, но требуются технологические прорывы» — незрелые технологии при значительном рыночном спросе	27
Выводы по сценариям	29
АРХИТЕКТУРА РЫНКА	30
ICP0 — GOVERNANCE (регулирование / доверенная среда рынка)	30
ICP1 — CLIENTS (потребители услуг / владельцы миссий)	30
ICP2 — OPERATORS (эксплуатация / операторы и ЦДУ)	31
ICP3 — PRODUCTION (разработка/интеграция/производство МРТК)	32
ICP4 — TECHNOLOGY (компонентная база и ключевые технологии)	33
ICP5 — ECOSYSTEM (кадры и финансирование / институциональная экосистема)	34
ICP6 — INTERNATIONAL (международные ассоциации и институты)	34
ЦЕПОЧКИ КООПЕРАЦИИ	36
Итоговая оценка масштаба кооперации	38
МИРОВЫЕ КЕЙСЫ: И ПЕРСПЕКТИВЫ ДЛЯ РОССИЙСКОГО РЫНКА	39
NEPTUNE ROBOTICS: монетизация через AS-A-SERVICE вместо продажи ROV	39
CANDELA P-12: регуляторная песочница как акселератор коммерциализации	40
EQUINOR HYDRONE-R: RESIDENT-системы как решение дефицита операторов	41
SINGAPORE NAVY MARSEC: военные технологии для коммерческого рынка	42
TASA PERU: коммерческое рыболовство + USV для SURVEY как новая бизнес-модель	43
REMORA ROBOTICS: AI + AQUACULTURE как KILLER USE CASE	44
ВЫВОДЫ ДЛЯ РОССИЙСКОГО РЫНКА: ИМПЕРАТИВЫ КОММЕРЦИАЛИЗАЦИИ	45

Термины и определения

- **АНПА — Автономный необитаемый подводный аппарат (Autonomous Underwater Vehicle, AUV).** Подводный робот, способный выполнять миссии без связи с оператором (автономная навигация, автономное принятие решений).
- **БАС — Беспилотная авиационная система.** Комплекс, включающий одно или несколько беспилотных воздушных судов, оборудованных системами навигации и связи, средствами обмена данными и полезной нагрузкой, а также наземные технические средства передачи-получения данных.
- **БВС — Беспилотное воздушное судно.** Воздушное судно, управляемое в полете пилотом, находящимся вне борта такого воздушного судна, или выполняющее автономный полет по заданному предварительно маршруту.
- **БЭК — Безэкипажный катер (Unmanned Surface Vehicle, USV).** Надводное судно, способное выполнять миссии без экипажа на борту (дистанционное управление или автономная навигация).
- **ВВП — Внутренние водные пути.** Реки, каналы, озёра, пригодные для судоходства.
- **ГБО — Гидролокатор бокового обзора (Side-Scan Sonar, SSS).** Гидроакустический прибор для обзора морского дна с высоким разрешением (обнаружение объектов, картирование рельефа).
- **ГТС — Газотранспортная система.** Комплекс сооружений для транспортировки природного газа (трубопроводы, компрессорные станции, газораспределительные станции).
- **ДЗЗ — Дистанционное зондирование Земли.** Получение информации о поверхности Земли с помощью спутников, самолётов, дронов (съёмка в различных спектральных диапазонах).
- **ЖЦ (Life Cycle) — Жизненный цикл.** Совокупность стадий существования изделия от начала проектирования до снятия с эксплуатации (разработка, производство, эксплуатация, утилизация).
- **ИИ (AI — Artificial Intelligence) — Искусственный интеллект.** Способность компьютерных систем выполнять задачи, требующие человеческого интеллекта (распознавание образов, принятие решений, обучение).
- **ИМО (IMO — International Maritime Organization) — Международная морская организация.** Специализированное учреждение ООН, отвечающее за безопасность судоходства и предотвращение загрязнения морской среды.
- **ИНС (INS — Inertial Navigation System) — Инерциальная навигационная система.** Система навигации, определяющая положение и ориентацию объекта с помощью акселерометров и гироскопов (не требует внешних сигналов).
- **КИИ — Критическая информационная инфраструктура.** Информационные системы, информационно-телекоммуникационные сети, автоматизированные системы управления, нарушение функционирования которых может привести к серьёзным негативным последствиям.
- **COLREGS — Convention on the International Regulations for Preventing Collisions at Sea** (Международные правила предупреждения столкновений судов в море). Набор правил, определяющих поведение судов для предотвращения столкновений.
- **DOF (Degrees of Freedom) — Степени свободы.** Количество независимых параметров движения манипулятора или робота (для подводных манипуляторов: 3 DOF — простые захваты, 7+ DOF — рабочий класс с возможностью сложных операций).

- **DVL (Doppler Velocity Log) — Доплеровский лаг.** Прибор для измерения скорости подводного аппарата относительно морского дна с помощью акустических волн.
- **Edge-AI — Искусственный интеллект на краю сети.** Обработка данных AI-алгоритмами непосредственно на борту устройства (БЭК, ТНПА, АНПА) без передачи данных в облако (критически важно для автономных систем в условиях ограниченной связи).
- **FLS (Forward-Looking Sonar) — Вперёдсмотрящий эхолот.** Гидроакустический прибор для обнаружения препятствий впереди по курсу подводного/надводного аппарата (предотвращение столкновений, навигация в мутной воде).
- **GNSS (Global Navigation Satellite System) —** Глобальная навигационная спутниковая система. Система определения координат с помощью спутников (GPS, ГЛОНАСС, Galileo, BeiDou).
- **HIL (Hardware-in-the-Loop) — Аппаратная часть в цикле.** Метод тестирования систем управления, при котором реальное оборудование (датчики, актуаторы) подключается к виртуальной модели объекта управления.
- **HSE (Health, Safety, Environment) — Здоровье, безопасность, окружающая среда.** Система управления, направленная на минимизацию рисков для персонала, оборудования и окружающей среды.
- **IMCA (International Marine Contractors Association) —** Международная ассоциация морских подрядчиков. Профессиональная организация, разрабатывающая стандарты для offshore-работ (ROV, дайвинг, IMR).
- **IMR (Inspection, Maintenance, Repair) — Инспекция, обслуживание, ремонт.** Комплекс работ по проверке состояния, обслуживанию и ремонту подводной инфраструктуры (трубопроводы, кабели, платформы).
- **LBL (Long Baseline) — Длинная база.** Система подводной навигации, использующая сеть акустических маяков на морском дне (точность позиционирования $\pm 1-10$ м).
- **MASS (Maritime Autonomous Surface Ships) — Морские автономные надводные суда.** Классификация IMO для автономных судов: Degree 1 (автоматизированные процессы с экипажем на борту), Degree 2 (дистанционное управление с экипажем на борту), Degree 3 (дистанционное управление без экипажа), Degree 4 (полная автономия без экипажа).
- **MBES (Multibeam Echosounder) — Многолучевой эхолот.** Гидроакустический прибор для батиметрии (измерение глубины) и картирования рельефа морского дна с высоким разрешением.
- **MCM (Mine Countermeasures) — Противоминные меры.** Комплекс мероприятий по обнаружению, идентификации и обезвреживанию морских мин.
- **MPTK —** Морские робототехнические и телеуправляемые комплексы. Обобщающий термин для БЭК, АНПА, ТНПА.
- **MRO (Maintenance, Repair, Overhaul) —** Техническое обслуживание, ремонт, капитальный ремонт. Комплекс работ по поддержанию работоспособности оборудования.
- **MTBF (Mean Time Between Failures) — Средняя наработка на отказ.** Показатель надёжности оборудования (среднее время между отказами).
- **NDT (Non-Destructive Testing) — Неразрушающий контроль.** Методы проверки состояния конструкций без их разрушения (ультразвуковой контроль УТ, магнитопорошковый контроль, визуальный контроль).
- **НТИ — Национальная технологическая инициатива.** Долгосрочная программа по созданию условий для обеспечения лидерства российских компаний на новых высокотехнологичных рынках.

- **ПНСТ — Предварительный национальный стандарт.** Документ, устанавливающий требования к продукции, услугам, процессам (промежуточный этап перед принятием полноценного ГОСТа).
- **РЭБ (Electronic Warfare) — Радиоэлектронная борьба.** Комплекс мер по подавлению или имитации радиоэлектронных сигналов противника (глушение GPS, спуфинг AIS).
- **ROC (Remote Operations Center) — Центр дистанционного управления.** Береговой или судовой центр, из которого операторы управляют флотом БЭК/ТНПА/АНПА.
- **ROV (Remotely Operated Vehicle) — См. ТНПА.**
- **RTK (Real-Time Kinematic) — Кинематика в реальном времени.** Технология высокоточного позиционирования GNSS с использованием поправок от базовой станции (точность $\pm 1\text{-}5$ см).
- **SAR (Search and Rescue) — Поиск и спасение.** Комплекс мероприятий по обнаружению и спасению людей в чрезвычайных ситуациях на море.
- **SIL (Software-in-the-Loop) — Программная часть в цикле.** Метод тестирования систем управления, при котором программное обеспечение тестируется на виртуальной модели объекта управления (без реального оборудования).
- **SLA (Service Level Agreement) — Соглашение об уровне обслуживания.** Документ, определяющий показатели качества услуг (доступность, время отклика, время восстановления).
- **СМП — Северный морской путь.** Судоходный маршрут вдоль северного побережья России от Карского моря до Берингова пролива.
- **ТНПА — Телеуправляемый необитаемый подводный аппарат (Remotely Operated Vehicle, ROV).** Подводный робот, управляемый оператором с борта судна или берега через кабель (оптоволоконный или электрический).
- **TRL (Technology Readiness Level) — Уровень готовности технологии.** Шкала от 1 до 9, определяющая степень зрелости технологии (1 — фундаментальные исследования, 9 — серийное производство).
- **UT (Ultrasonic Testing) — Ультразвуковой контроль.** Метод неразрушающего контроля, использующий ультразвуковые волны для обнаружения дефектов в конструкциях (трещины, коррозия, изменение толщины стенки).
- **USBL (Ultra-Short Baseline) — Ультракороткая база.** Система подводной навигации, использующая один акустический маяк на борту судна для определения положения подводного аппарата (точность $\pm 5\text{-}10$ м).
- **USV (Unmanned Surface Vehicle) — См. БЭК.**
- **UUV (Unmanned Underwater Vehicle) —** Обобщающий термин для АНПА и ТНПА.
- **VTS (Vessel Traffic Service) — Служба управления движением судов.** Береговая система мониторинга и управления движением судов в портах и узких проливах (радар, AIS, VHF-связь).
- **ЦДУ — См. ROC.**
- **ЦКП — Центр коллективного пользования.** Научная или производственная организация, предоставляющая доступ к оборудованию и услугам для широкого круга пользователей (испытательные стенды, полигоны, лаборатории).

Аннотация

Настоящее исследование представляет комплексный анализ российского рынка инновационного судостроения в сегменте морских робототехнических и телеуправляемых комплексов (МРТК) — надводных беспилотных катеров (БЭК/USV), автономных подводных аппаратов (АНПА/AUV) и телеуправляемых необитаемых подводных аппаратов (ТНПА/ROV). Исследование проведено в рамках рыночного направления «Маринет» Национальной технологической инициативы (НТИ) и охватывает период 2020-2030 годов с фокусом на практические аспекты развития отрасли в условиях технологического суверенитета.

Описание сегмента рынка

Рыночное направление Маринет Национальной технологической инициативы (НТИ) включает одну из наиболее динамичных областей глобальной экономики — морскую отрасль инновационного судостроения, где формируются новые рынки надводных и подводных беспилотных и автономных систем.

Инновационное судостроение — это переход от единичных пилотных решений к системной архитектуре морской деятельности, где ядром становятся беспилотные и автономные системы: безэкипажные катера (USV/БЭК), подводные аппараты (AUV/ROV/UUV), полупогружные платформы, дронопорты и контейнерные «платформы развертывания», объединённые защищённой связью и единой системой управления миссиями. Такой переход уже идёт в странах — технологических лидерах и опирается на массовое внедрение автономии, стандартизацию интерфейсов, цифровых двойников и регуляторные «песочницы».

Глобальная динамика

- Китай занимает доминирующие позиции в судостроении (53,3% мирового рынка) и патентовании автономного судоходства (96% мировых патентов за последние 5 лет). Китай активно развивает крупнотоннажные подводные дроны (XLUUV), создал Zhu Hai Yun — первое в мире судно-носитель для воздушных, морских и подводных дронов.
- Норвегия реализует «зеленое автономное судоходство»: Yara Birkeland — один из первых в мире электрических контейнеровозов с нулевыми выбросами, Kongsberg лидирует в AUV/ROV (линейка HUGIN), а проект Eelume создал резидентных змеевидных роботов для постоянного базирования на морском дне.
- США и Великобритания активно внедряют автономные системы в военно-морской стратегии (XLUUV Orca у США, программы MAS у BMC Великобритании), что напрямую связано с глобальной гонкой технологий для защиты коммуникаций и энергетической инфраструктуры.
- Япония и Южная Корея концентрируются на судостроительных кластерах, способных интегрировать MASS (Maritime Autonomous Surface Ships) в логистику и порты, а также в рыбопромысловую отрасль.
- Сингапур и Индия развивают полигоны для автономных судов и внедряют системы мониторинга акваторий для защиты морских коммуникаций в Индийском океане.

Россия имеет уникальное конкурентное преимущество: протяжённые арктические шельфовые зоны и огромный объём потенциальных ресурсов (нефть, газ, металлы). Согласно Арктической стратегии РФ до 2035 года объём грузооборота Северного морского пути достигнет 130 млн тонн (альтернативный прогноз

Росатом — 270 млн тонн), что потребует значительного расширения парка надводных и подводных беспилотных и автономных систем для разведки месторождений, ледовой разведки, сопровождения судов и обслуживания подводных добычных комплексов. Для сравнения: в 2024 году объём составил 37,9 млн тонн. Дополнительно Россия вовлечена в глобальные процессы освоения глубоководных районов, включая зону Кларион–Клиппертон в Тихом океане, где сосредоточены крупнейшие в мире ресурсы редкоземельных металлов.

Российская специфика и приоритеты

Россия формирует уникальную «матрицу спроса», в которой «Инновационное судостроение: надводные и подводные беспилотные и автономные системы» — не просто отраслевой сегмент, а инфраструктура национальной устойчивости по развитию передовой отрасли надводных и подводных беспилотных и автономных систем.

1. **Арктика и СМП.** Рост грузооборота Северного морского пути прогнозируется от 130 млн т (согласно Арктической стратегии РФ до 2035 года) до 270 млн т (прогноз Росатом) к 2035 г.; для сравнения, в 2024 году объём составил 37,9 млн тонн. Это требует широкого внедрения БЭК для сопровождения, ледовой разведки и обеспечения навигационной безопасности, а также AUV/ROV для сервисных работ на шельфе и подледных коммуникациях. Региональный фокус — Архангельск как ключевой узел арктической логистики, включая порты Мурманск, Архангельск и Нарьян-Мар, требующие цифровых карт морского дна, систем разминирования акваторий и кибериммунных бортовых комплексов для работы в условиях ограниченной связи.
2. **Дальний Восток: Охотское море, Сахалин-Курилы-Камчатка.** Здесь востребованы: Безэкипажная морская логистика Сахалин–Курилы–Камчатка: пилотные проекты беспилотного снабжения островных территорий, интеграция БЭК с воздушными дронами для непрерывного мониторинга и связи. Гибридные группировки «воздух-вода»: совместная работа надводных, подводных и воздушных беспилотников для обеспечения связи, ледовой разведки (дальность визуального контроля >3 км через БПЛА), патрулирования и логистических цепочек. Морские мобильные дронопорты как платформы морского старта для воздушных дронов, обеспечивающие «связующее пространство» между морем, землёй и космосом; без воздушного звена невозможна эффективная связь и площадная съёмка ДЗЗ в динамично меняющихся условиях (ледовая обстановка, метеоусловия). Эксплуатационные модели сетей водных дронов: плотная дешёвая сеть из морских БЭК и подводные беспилотных системы для защиты акватории с минимальным задействованием систем связи, работающая на основе локальной кооперации и распределённого принятия решений.
3. **Чёрное и Азовское моря.** Здесь приоритетом являются: Разминирование Азовского моря: сенсорики высокого разрешения (гидролокаторы бокового обзора, магнитометры, оптические системы) на борту AUV/ROV для обнаружения и классификации подводных мин. Цифровые карты морского дна Азовского и Чёрного морей для навигации БЭК, планирования маршрутов и экологического мониторинга. Прибрежная и речная логистика класса «река-море»: отработка базового пакета технологий для автономных судов — бортовой ИИ на отечественных нейроморфных процессорах, спутниковая связь, накопители энергии, мультисредная защита, кибериммунитет (обработка всех данных на борту без передачи в облако). Экологический мониторинг: БЭК для уборки акваторий, контроль химии воды, микропластика, цветения, нефтяных пятен — часть «зелёной» стратегии портовых экосистем.

4. Специализированные подводные месторождения и глубоководные проекты.

Для освоения шельфа и подводных трубопроводов (включая удалённые и подледные участки) критически важны резидентные AUV, тяжёлые ROV с манипуляторами и специализированным инструментом, а также стандартизованные мокрые/сухие подводные коннекторы и гермовводы, обеспечивающие совместимость оборудования разных производителей. (Блок стандартизации — предмет отдельных мероприятий Программы.)

5. Зона Кларион–Клиппертон (Тихий океан). Интерес к глубоководной добыче полиметаллических конкреций и сопутствующая экологическая чувствительность требуют независимых российских средств глубоководного мониторинга, картирования, отбора проб и экологической экспертизы. Здесь необходима связка: глубоководные AUV (батиметрия, бортовая акустика и оптика), ROV рабочего класса (манипулятора/инструмент), автономные буйковые ретрансляторы связи и «тонкие» стандарты по методикам HIL/SIL-верификации автономных функций на глубинах.

6. Безопасность и противодействие угрозам. На фоне расширения спектра морских рисков (террористические атаки, подводные диверсии, радиопомехи/спуфинг, киберугрозы) актуальна линейка средств наблюдения — от ГБО/сонаров и вперёдсмотрящих эхолотов до мультисенсорных контуров и фьюжна данных на борту БЭК/АНПА. В НИР по комплексной системе контроля подводных/надводных угроз предусмотрено расширение дальности ГБО с ~1 100 м до ~2 000 м, работа в активном/пассивном режимах и интеграция с вперёдсмотрящими эхолотами; дополнение навигационных средств позволит фиксировать угрозы на дистанции до ~10 км по курсу.

7. Импортонезависимость и кооперация. Уход иностранных поставщиков усилил «узкие места» — инерциальная навигация, гидроакустика, подводные коннекторы, силовая электроника, ключевая механика (манипуляторы/инструмент), а также испытательные стенды и цифровые двойники (SIL/HIL). Программа решает задачу полной отечественной «сквозной цепочки» — от сенсоров и актюаторов до ПАК управления мультиагентными флотами.

8. Мультисредные гибридные группировки и совместная работа водных и воздушных дронов. Принципиальная особенность морских БПС — необходимость интеграции с воздушными беспилотными системами. Воздушный сегмент обеспечивает устойчивую связь и наблюдение; интеграция морских и воздушных БВС критична для связности и ДЗЗ. Ни у какого другого пространства нет таких характеристик. Без неба нет связи на море, невозможно увидеть ледовую обстановку дальше 3 км от надводного аппарата.

9. Экологическая миссия. БЭК для уборки акваторий, автономные комплексы мониторинга (химия воды, микропластик, цветение, нефтяные пятна) и «зелёная» логистика (электрические/гибридные БЭК, оптимизация маршрутов) — часть «море будущего» и устойчивых портовых экосистем.

Резюме для руководства

Российский рынок инновационного судостроения — надводных и подводных автономных и беспилотных систем (МРТК: морские робототехнические и телеуправляемые комплексы) — переживает качественную трансформацию от единичных демонстрационных проектов к формированию постоянно действующей инфраструктуры морской деятельности.

Глобальный тренд — переход к архитектуре «морской автономной деятельности по умолчанию» (autonomous maritime operations by default), где беспилотные платформы (USV — надводные, AUV — автономные подводные, ROV — телеуправляемые подводные), инфраструктура базирования (док-станции, резидентные системы, испытательные полигоны, мобильные носители), защищённая связь (LEO-спутники, mesh-сети, anti-jamming GPS) и единое управление миссиями (Remote Operations Centers — ROC, fleet management системы) становятся стандартом промышленной эксплуатации, а не экспериментом.

Для России этот рынок представляет собой инфраструктуру национальной безопасности и технологического суверенитета в шести ключевых доменах:

- (1) Арктика и Северный морской путь** — круглогодичное патрулирование, ледовая разведка, автономная логистика в условиях отсутствия береговой инфраструктуры и экстремальных температур;
- (2) Безопасность и контрмеры** — защита критической инфраструктуры (порты, терминалы, подводные трубопроводы), разминирование акваторий, противодействие несанкционированному проникновению;
- (3) Сервис шельфа и подводной инфраструктуры** — инспекция и ремонт нефтегазовых активов на глубинах до 3000 м, обслуживание силовых и телекоммуникационных кабелей;
- (4) Экология и мониторинг** — контроль загрязнений, гидрография для обновления морских карт, 3D-картирование морского дна;
- (5) Логистика «река-море»** — автономные грузовые суда IMO MASS на внутренних водных путях и прибрежных маршрутах;
- (6) Наука и океанография** — долгосрочные экспедиции в удалённых районах Мирового океана, батиметрия, изучение биоразнообразия.

Масштаб российского рынка по состоянию на 2025 год:

в реестре компаний идентифицировано 210 организаций (производители МРТК, поставщики компонентов, операторы услуг, научные центры, системные интеграторы), в продуктовой базе — 44 производителя и 62 модели МРТК (включая прототипы и серийные изделия). Общий адресуемый рынок услуг (ТАМ) оценивается в 51-75 млрд рублей к 2030 году. При этом 80-85% рынка приходится на государственный сектор (оборона, правоохранительные органы, научные институты), тогда как коммерческий сектор (нефтегаз, судоходство, аквакультура, туризм) составляет 15-20%.

Ключевые выводы

1. Специфика российского рынка и ограниченная сопоставимость с глобальными аналогами

Прямое сравнение российского рынка МРТК с мировыми имеет ограниченную применимость по трём причинам.

Во-первых, границы рынка определяются по-разному: западные исследования (Markets and Markets, IMARC) учитывают преимущественно стоимость изделий (hardware revenue), российский подход фокусируется на рынке услуг (service revenue), что даёт разницу в оценках в 5-7 раз (стоимость услуг за жизненный цикл МРТК обычно в 5-7 раз превышает стоимость самого аппарата).

Во-вторых, оборонный сегмент закрыт: в глобальных оценках он либо исключён, либо недооценён, тогда как для России это 60-70% TAM (патрулирование, разминирование, защита критической инфраструктуры).

В-третьих, санкционная специфика радикально изменила структуру рынка: прекращение поставок западных компонентов (гидроакустика, манипуляторы, сонары) создало критический дефицит в сегменте Work-Class ROV (3000+ м глубина) и одновременно ускорило импортозамещение в лёгком и среднем классах (глубина до 1000 м), где российские производители достигли локализации 70-80% к 2025 году.

Сопоставимость имеет смысл в технологическом срезе: уровни автономности (IMO MASS Degrees 1-4 для надводных судов, TRL — Technology Readiness Level для подводных систем), требования к сенсорике (разрешение камер, дальность сонаров, точность позиционирования), стандарты связи (LEO-спутники, 5G, подводная акустика), процедуры сертификации (HSE IMCA для offshore-работ, DNV для резидентных систем). Здесь российские разработки отстают на 3-5 лет по критическим технологиям (anti-jamming GPS, манипуляторы 7+ DOF, топливные элементы H₂/PEMFC), но опережают в адаптации к экстремальным условиям (Арктика, подлёдная навигация, автономность в условиях отсутствия связи).

2. Критические технологические контуры для обеспечения суверенитета

Для достижения технологического суверенитета к 2028-2030 годам Россия должна закрыть пять критических контуров кооперации, в которых сохраняется импортозависимость >70% и отсутствие которых блокирует масштабирование приоритетных сценариев:

Сенсоры и гидроакустика: многолучевые эхолоты MBES (батиметрия, 3D-картирование), гидролокаторы бокового обзора SSS (поиск объектов), вперёдсмотрящие эхолоты FLS (предотвращение столкновений), гидрофоны для пассивной локации. Текущая зависимость: 85-90% от Kongsberg (Норвегия), Teledyne (США), Imagenex (Канада).

INS/позиционирование: инерциальные навигационные системы высокой точности (drift <1 морская миля/час), системы anti-jamming и anti-spoofing для защиты GPS/ГЛОНАСС от РЭБ, DVL (Doppler Velocity Log) для подводной навигации, системы USBL/LBL для точного позиционирования AUV/ROV. Текущая зависимость: 70-80% от iXblue (Франция), Sonardyne (Великобритания), Nortek (Норвегия).

Подводные коннекторы и интерфейсы: водонепроницаемые разъёмы для глубин >1000 м (стандарты SubConn, SEACON), underwater mateable connectors (подключение без подъёма на поверхность), subsea batteries и зарядные док-станции для резидентных систем. Текущая зависимость: 95% от MacArtney (Дания), Teledyne ODI (США).

Силовая электроника и энергетика: топливные элементы H₂/PEMFC для автономности >7 суток (AUV дальностью >1000 км), литий-ионные аккумуляторы высокой плотности (>250 Вт·ч/кг) для глубоководных систем, преобразователи и инверторы для гибридных силовых установок (дизель-электрические USV). Текущая зависимость: 60-70% от Ballard (Канада), CATL (Китай).

Бортовой ИИ и контуры испытаний: AI-чипы для edge-computing (обработка данных на борту без передачи в облако), алгоритмы COLREGS Level 4 (автономное предотвращение столкновений), HiL/SiL-верификация (Hardware/Software-in-the-Loop — тестирование на виртуальных моделях перед дорогостоящими морскими испытаниями), симуляторы для обучения операторов. Текущая зависимость: 50-60% от NVIDIA (США), Ansys (США), Kongsberg (симуляторы).

3. Приоритетные сценарии по объёму адресуемого рынка (TAM)

Из 54 сценариев применения, выделенных в матрице, топ-5 по TAM (совокупно ~70% рынка к 2030 году):

SC-TRN-02: Автономные грузовые суда на ВВП и прибрежных маршрутах — TAM 9,3-15,5 млрд руб. Драйвер: дефицит экипажей (до 30% вакансий в речном флоте), снижение операционных затрат на 25-35% при переходе к IMO MASS Degree 2-3, государственная поддержка автономной логистики на СМП. Барьеры: регуляторная неопределённость (нет правового статуса БЭК в КТМ РФ), отсутствие док-станций (требуется 20-30 станций, капиталовложения ~30-50 млн руб./ед.), дефицит операторов ЦДУ (требуется обучение 200-300 специалистов к 2028).

SC-AQU-01: Мониторинг и обслуживание садков в аквакультуре — TAM 3,1-5,1 млрд руб. Драйвер: рост российской аквакультуры (целевой показатель 1 млн тонн/год к 2030, текущий объём ~300 тыс. тонн), критический дефицит отечественных роботов для очистки сетей после прекращения поставок Remora Robotics (Норвегия), экономика: окупаемость робота-краулера за 1,5-2 года за счёт замены водолазного труда (стоимость 500-1000 руб./час). Барьеры: низкая осведомлённость заказчиков, отсутствие сервисных операторов.

SC-TOU-01: Водная мобильность и boat-sharing (Water Mobility-as-a-Service) — TAM 3,8-5,3 млрд руб. Драйвер: урбанизация прибрежных городов, спрос на альтернативные виды транспорта (снижение трафика на дорогах), успешные кейсы Callboats (Франция), Candela P-12 (Швеция). Барьеры: регуляторная неопределённость (нет стандартов для пассажирских БЭК), высокая стоимость зарядной инфраструктуры для электрических судов, отсутствие бизнес-моделей с положительной LTV (lifetime value).

SC-SEC-02: Патрулирование критической инфраструктуры 24/7 — TAM 2,6-2,9 млрд руб. Драйвер: рост террористических угроз для портов и нефтегазовых

терминалов, требование 24/7 покрытия акваторий (БЭК заменяет 2-3 экипажных катера), экономика: сокращение затрат на патрулирование на 30-40%. Барьеры: необходимость интеграции с VTS (системы управления движением портов), требования к киберзащищённости (anti-jamming GPS, защита от спуфинга AIS).

SC-ENG-01: Инспекция и ремонт подводной инфраструктуры (IMR) — TAM 2,1-3,0 млрд руб. Драйвер: старение подводных трубопроводов (>50% нефтегазовой инфраструктуры Сахалина эксплуатируется >20 лет), дефицит Work-Class ROV после прекращения поставок Oceaneering, FMC, Saab Seaeye. Барьеры: критический дефицит манипуляторов 7+ DOF (стоимость >10 млн руб./ед., весь рынок — импорт), отсутствие сертифицированных операторов ТНПА по стандартам HSE IMCA.

4. Переход к услугам и появление операторов миссий «под ключ»

Ключевая бизнес-трансформация рынка — от продажи "железа" к продаже услуг. В коммерческом сегменте доля стоимости самого МРТК в услуге составляет 7-10%, остальное — операционные расходы (экипаж операторов, техническое обслуживание, страхование, амортизация судна-носителя), данные (гидрографические съёмки, инспекционные отчёты, предиктивная аналитика), готовность и надёжность (SLA — Service Level Agreement, гарантированное время отклика, MTBF >5000 часов), ответственность (страхование ответственности при повреждении инфраструктуры, компенсация ущерба).

Примеры бизнес-моделей услуг:

Neptune Robotics (Сингапур): as-a-service для очистки корпусов судов — оплата за очищенный м² (~\$5-7/м²), без продажи робота. Инвестиции Series B \$52 млн (2025), партнёр NYK Line. ROI для судовладельца: снижение расхода топлива на 6-8% за счёт регулярной очистки, окупаемость за 1 год.

Granfoss (Норвегия): подписка на 24/7 мониторинг подводных трубопроводов — фиксированная плата ~€50-100 тыс./месяц за патрулирование участка до 50 км. USV с MBES постоянно базируется в акватории, данные передаются в реальном времени.

Для России критически важно стимулировать появление операторов миссий "под ключ" через: (1) льготное проектное финансирование покупки МРТК операторами (ставка <5%, 10-15 млрд руб./год), (2) лизинг МРТК с господдержкой (субсидирование 50% платежей, 3-5 млрд руб./год), (3) создание 3-5 ROC (Remote Operations Centers) для управления флотами БЭК (капиталовложения 50-100 млн руб./центр), (4) гарантийные контракты государственных заказчиков на услуги (патрулирование, гидрография) с гарантированным объёмом на 3-5 лет вперёд для обеспечения предсказуемого спроса.

Рынок и сценарии применения

Двухконтурная структура рынка: от проектного к массовому

Сегмент инновационного судостроения и МРТК представляет собой два параллельных рынка с принципиально различной экономикой, бизнес-логикой и траекториями развития. Понимание этой двухконтурности критически важно для формирования адекватных мер государственной поддержки и инвестиционных стратегий участников рынка.

Старый «проектный» рынок: ТНПА/ROV и АНПА/AUV

Старый рынок сформирован исторически вокруг нефтегаза, обороны и науки и характеризуется длинными циклами разработки (3-7 лет от концепции до серийного изделия), высокой стоимостью ошибки (аварии на глубине >1000 м приводят к потере аппарата стоимостью >100 млн руб. и простою объекта), доминированием проектной логики (каждое изделие — уникальная разработка под требования конкретного заказчика). Ядро старого рынка — ТНПА Work-Class (глубина 1000-3000+ м, вес 1000-5000 кг, манипуляторы 7+ DOF, инструмент рабочего класса) и АНПА тяжёлого класса (автономность >1000 км, глубина >3000 м, миссии 30-90 дней).

Масштаб производства: по данным реестра компаний, в России насчитывается 20-25 производителей ТНПА/ROV (включая прототипы и штучные изделия), из которых только 3-5 способны выпускать аппараты Work-Class. Годовой выпуск ТНПА/ROV — 150-300 единиц в сегменте малых и средних классов (глубина <1000 м, инспекция, наука), 5-10 единиц в сегменте средних глубоководных (1000-2000 м), 3-5 единиц в сегменте крупных Work-Class (>2000 м). Для сравнения: АНПА/AUV — 5-10 единиц малых (Man-Portable, вес <50 кг), 10-15 единиц средних (вес 100-500 кг), 1-2 единицы крупных тяжёлых (вес >1000 кг). Рынок стабилен с 2014 года, без существенного роста объёмов производства, но с улучшением характеристик (глубина погружения, автономность, надёжность).

Экономика проектного рынка: типичный цикл — заказчик формирует ТЗ (техническое задание с детальными требованиями к глубине, грузоподъёмности, сенсорике, манипуляторам) → производитель разрабатывает изделие (12-36 месяцев, включая HIL/SIL-верификацию, морские испытания) → поставка + сервис (гарантийное обслуживание, обучение операторов, запчасти на 5-10 лет). Стоимость аппарата — 50-300 млн руб. для Work-Class ROV, 20-150 млн руб. для средних АНПА, 5-15 млн руб. для лёгких ТНПА. Маржинальность высокая (30-50% валовой маржи), но объёмы малы (10-50 единиц/год на производителя), что не позволяет реализовать эффект масштаба.

Ключевая проблема: критическая импортозависимость по компонентам высоких классов (манипуляторы 7+ DOF — 95% импорт, сонары MBES/SSS высокого разрешения — 85% импорт, подводные коннекторы для глубин >1000 м — 95% импорт, системы позиционирования USBL/LBL — 80% импорт). После санкций 2022-2025 рынок Work-Class фактически заморожен: нет поставок новых аппаратов,

сервисное обслуживание существующего парка ограничено, запчасти либо отсутствуют, либо поставляются через «серые» схемы с наценкой 200-300%. Российские производители осваивают лёгкие и средние классы (локализация 70-80% к 2025), но для Work-Class требуются НИОКР 3-5 млрд руб. и срок разработки 4-6 лет. Такие проекты сейчас запущены в России и находятся в середине исполнения.

Новый «массовый» рынок: БЭК/USV и дешёвые подводные дроны

Новый рынок формируется с 2022-2025 годов на фоне ускоренного импортозамещения и удешевления компонентной базы (камеры, процессоры, связь, софт). Его ядро — маломерные БЭК/USV (длина 3-25 м, массовое производство возможно при серии >100 ед./год), совместное взаимодействие БЭК/ТНПА/АНПА/БАС в мультисредных группах (координация воздух-вода-подводная среда), суда-носители и дронеорты (мобильные платформы запуска и зарядки), дешёвые подводные дроны Class I-IIA (стоимость 1-5 млн руб., доступны для коммерческого сектора), цифровые центры управления (ROC — Remote Operations Centers, fleet management для группы 10-50 аппаратов от 1-2 операторов).

Драйверы роста нового рынка:

- (1) Переход к сервисным моделям — от продажи «железа» к продаже услуг (as-a-service, операторы миссий «под ключ»), что снижает порог входа для заказчиков (не нужны капиталовложения в покупку аппарата, обучение операторов, создание инфраструктуры);
- (2) Упрощение эксплуатации — автономные функции AI COLREGS Level 3-4 снижают требования к квалификации операторов (не нужен капитан с 10-летним опытом, достаточно 3-6 месяцев обучения);
- (3) Удешевление компонентов — китайские камеры 4K/8K (стоимость \$300-1000 vs \$5000-10000 за западные), процессоры для edge-AI (NVIDIA Jetson — \$500-2000), связь LEO (Starlink Maritime — \$10-20 тыс./год vs VSAT — \$50-100 тыс./год);
- (4) Снятие регуляторных барьеров (ожидается 2026-2027) — принятие поправок в КТМ РФ и Водный кодекс РФ, что легализует коммерческую эксплуатацию БЭК.

Масштаб производства (прогноз): при снятии регуляторных барьеров и развёртывании инфраструктуры (док-станции, ROC) ожидается взрывной рост производства БЭК — с текущих 30-50 ед./год (2025) до 80-130 ед./год (2027-2028) и 200-500+ ед./год (2029-2030). Для сравнения: рынок дешёвых подводных дронов Class I-IIA (аквакультура, туризм, научные школы) может вырасти с 150-300 ед./год (2025) до 500-1000+ ед./год (2030) при активной коммерциализации.

Экономика массового рынка: типичный цикл — оператор покупает/берёт в лизинг БЭК (стоимость 15-50 млн руб. для Small USV, 50-150 млн руб. для Medium USV) → предоставляет услуги заказчикам (патрулирование, логистика, гидрография, туризм) по модели оплата за результат (за доставленную тонну, за патрулированный км², за м² гидрографической съёмки) → возврат инвестиций за 2-

4 года при загрузке >60%. Маржинальность услуг — 20-35% EBITDA (ниже, чем у проектного рынка, но объёмы выше в 10-50 раз). Ключевая метрика — utilization rate (коэффициент использования): при загрузке <40% бизнес убыточен, при >70% — высокорентабелен.

Российская траектория

- До 2014: значимая часть гражданских задач (особенно в высоких классах и комплектующих) закрывалась иностранными решениями/операторами.
- 2014-2021: форсированное импортозамещение — появление/укрепление российских производителей, но с компромиссами по компонентной базе и «упущенными поколениями» технологий (например, отставание в AI-алгоритмах на 3-5 лет).
- 2022-2025: ускорение «нового» рынка — маломерные USV/БЭК, дешёвые подводные дроны, цифровые контуры управления. Рост спроса на безопасность/мониторинг/гидрографию. Одновременно — перекося в сторону быстрых применений (проще обойтись без полноценной сертификации и сложной инфраструктуры) при сохраняющихся барьерах для массового коммерческого внедрения.

Ключевой вывод: новый рынок — источник роста (CAGR 25-35% vs 5-10% у старого), но требует иной политики поддержки: не штучные НИОКР под уникальные изделия, а создание инфраструктуры (док-станции, ROC, полигоны), стандартизация интерфейсов (ROS 2, DDS-профили, подводные коннекторы), финансовые инструменты для операторов (лизинг, проектное финансирование), регуляторные песочницы для пилотных проектов.

Методологическое уточнение: от рынка изделий к рынку услуг

Масштаб российского рынка производства МРТК (выпуск/поставки, единиц в год)

Если смотреть на рынок производства МРТК как изделий, картина выглядит относительно компактной и понятной. По состоянию на 2025 год в России идентифицировано три производственных сегмента с различной динамикой развития и уровнем локализации:

Тип	Кол-во производителей	Малый	Средний	Крупный	Комментарий
БЭК / USV (маломерные)	20-25	30-50	80-130	2-5	Начал формироваться с 2023 года
АНПА / AUV	8-15	5-10	10-15	1-2	Стабилен с 2014 года
ТНПА / ROV	20-25	150-300	5-10	3-5	

Совокупный объём производства составляет ~200-500 аппаратов в год в зависимости от класса, что при средней стоимости изделия 5-50 млн рублей (лёгкие и средние классы) и 100-300 млн рублей (крупные Work-Class) даёт рынок изделий 5-8 млрд рублей к 2030 году. Эта оценка отражает выручку производителей от продажи аппаратов конечным заказчикам или операторам услуг.

Качественные характеристики продуктовой насыщенности:

1. Телеуправляемые подводные аппараты (ROV/ТНПА) — наиболее развитый сегмент с ~129 единиц/год (оценка 2025). Российские производители освоили массовое производство лёгких ТНПА Class I (<100кг), включая популярные модели ГНОМ Х/ПРО (ООО «ГНОМ» / Indel Partner, 30 единиц/год), Amphipoda (АО «НАВИС», 10 единиц/год), TurtleROV (ООО «ЭЛМИКС»). Class IIA (100-300кг) представлен Марлин-350 (АО «Тетис Про»), РБ-300 (ROVBUILDER), MCC-300/350M (Marine Geo Service). Class IIB (100-500кг) — РБ-600, РБ-Мираж, АКБАТ-500 (ООО «АКБАИРИ», 10 единиц/год в 2025). Критический дефицит наблюдается в сегменте Work-Class ROV (Class III, 500-5000кг): всего ~4-5 единиц/год (МСС-1000, МСС-3000, ТНПА-Макс, КТНПА), тогда как мировой спрос составляет сотни единиц.

2. Надводные беспилотные катера (USV/БЭК) — быстрорастущий сегмент с ~90,5 единиц/год (оценка 2025), но всё ещё малосерийное производство. Very Small USV (<3м) — MOLT Boat (MoltGeo, 5 единиц/год), БЭК электрический (СевГУ, 3 единицы/год), МРТК КАЛАН (НПП «Форт XXI», 2 единицы/год). Small USV (3-12м) — БЭК «Странник» (Sitronics КТ, 10 единиц/год), БЭК «Сканда» (ОСК, 10 единиц/год), БЭК «Бриз» (ЗАО «Си Проект», 2 единицы/год). Medium USV (12-50м) — БЭК «Мурена-300С» (КБ «ЦБС», 50 единиц/год в 2025, прорыв года), БЭК «Одуванчик» (Холдинг КМЗ, 50 единиц/год), БЭК «Сарган» (Холдинг КМЗ, 10 единиц/год). Критический дефицит — отсутствие серийных Large USV (>50м) для коммерческой логистики.

3. Автономные подводные аппараты (AUV/АНПА) — крайне малосерийный сегмент с ~9,5 единиц/год (оценка 2025). LWV Lightweight (~250кг) — Амулет (ЦКБ МТ Рубин, 5 единиц/год), Юнона (ЦКБ МТ Рубин, 2 единицы/год), ММТ-3000 (ИПМТ ДВО РАН, 1 единица/год), Галтель (ИПМТ ДВО РАН, 1 единица/год). HWV Heavyweight (~1500кг) — Витязь-Д (ЦКБ МТ Рубин, 1 единица/год), Клавесин-2Р-ПМ (ЦКБ МТ Рубин, 0,5 единицы/год, закрытый проект), Суррогат-В (ЦКБ МТ Рубин, 0,5 единицы/год), Риф/Риф-С (Аврора, 1 единица/год), Сарма-Д (МГТУ им. Баумана, 0,5 единицы/год). Критический дефицит — для сравнения, Kongsberg (Норвегия) производит 20-30 HUGIN AUV/год, США — 30-50 AUV/год.

4. Глайдеры — уникальный сегмент с ~3,5 единицы/год (оценка 2025). Морская тень (АО «НПП ПТ Океанос») — единственный серийный глайдер в России. Для сравнения, США (Teledyne Webb Research) производит ~50 Slocum Glider/год.

Однако взгляд через призму производства изделий систематически недооценивает масштаб и экономическое значение отрасли по трём причинам:

Во-первых, стоимость МРПК как изделия составляет только 7-10% от совокупной стоимости владения (Total Cost of Ownership — TCO) за жизненный цикл 5-10 лет. Операционные расходы (экипаж операторов, судно-носитель, техническое обслуживание, страхование, топливо/электроэнергия) превышают капиталовложения в покупку аппарата в 5-7 раз. Например, ТНПА стоимостью 10 млн руб. генерирует 50-70 млн руб. операционных расходов за 7 лет эксплуатации при загрузке >60%.

Во-вторых, ценность для конечного заказчика создаётся не аппаратом, а результатом миссии: не ROV, а отчёт NDT с дефектовкой трубопровода; не БЭК с MBES, а обновлённая морская карта акватории; не АНПА, а батиметрические данные для проектирования ветропарка. Заказчик платит за услугу, а не за «железо». Глобальный тренд — переход от модели CAPEX (заказчик покупает аппарат, создаёт инфраструктуру, нанимает операторов) к модели OPEX / as-a-Service (заказчик заключает контракт с оператором на результат — «мне нужно 1000 км² гидрографии точности ±0,5 м за 3 месяца», и оператор решает, какие аппараты использовать).

В-третьих, границы рынка изделий искусственно сужены: они учитывают только МРПК, но не инфраструктуру (док-станции, ROC, суда-носители, испытательные полигоны — капиталовложения ~20-30% от стоимости аппаратов), не софт (fleet management, системы планирования миссий, обработка данных — 10-15%), не обучение и сертификацию операторов (5-7%). Совокупная экосистема морской робототехники в 3-5 раз шире, чем рынок самих аппаратов.

Структура рынка услуг

В контексте настоящего исследования предлагается рассматривать рынок инновационного судостроения как рынок услуг с использованием морских

робототехнических и телеуправляемых комплексов (МРТК), а не рынок самих МРТК как изделий.

Это принципиальное разграничение: МРТК (БЭК, АНПА, ТНПА) — это "железо" (средства производства), тогда как объектом анализа выступают услуги, оказываемые с помощью этих комплексов конечным заказчикам — судоходным компаниям, нефтегазовым операторам, рыбопромышленным предприятиям, государственным ведомствам, научным организациям.

Стоимостная оценка рынка (ТАМ 51-75 млрд рублей к 2030 году) отражает годовую выручку операторов МРТК от оказания услуг (патрулирование акваторий, инспекция подводной инфраструктуры, гидрография, логистика, научные экспедиции), а не объём продаж самих аппаратов производителями.

Три крупнейших направления — безопасность и оборона, транспорт и логистика, аквакультура и рыболовство — формируют ~60% совокупного ТАМ (35-52 млрд рублей), что может быть использовано для определения приоритетов технологического развития и государственной поддержки рынка.

Структура рынка может быть разделена по отраслевым направлениям (вертикалям) и сценариям применения внутри каждого направления. Ниже предлагается 10 ключевых направлений:

1. SC-SEC (Безопасность и оборона)

Автономное патрулирование критической инфраструктуры (порты, нефтегазовые терминалы, ГТС), охрана морских границ и исключительной экономической зоны, разминирование акваторий (MCM — Mine Countermeasures), обнаружение и нейтрализация подводных объектов, противодействие несанкционированному проникновению, защита подводных коммуникаций, мониторинг судоходства в закрытых/военных зонах.

2. SC-TRN (Транспорт и логистика)

Автономные грузовые суда IMO MASS Degrees 2-4 (коммерческая перевозка грузов без экипажа), безэкипажные паромы и водные такси, дронопорты и автошвартовочные системы (dock-to-dock), городская водная мобильность (urban water mobility), управление флотом из единого ЦДУ (fleet management), оптимизация маршрутов и расхода топлива, логистика на внутренних водных путях (ВВП) и Северном морском пути (СМП).

3. SC-AQU (Аквакультура)

Автономный мониторинг состояния садков (24/7 видеоконтроль), роботизированная очистка сетей от биообрастания (замена водолазного труда), инспекция целостности сетей и конструкций (обнаружение разрывов, коррозии), автоматизированная кормораздача с AI-оптимизацией рационов, предиктивная аналитика здоровья рыбы (мониторинг поведения, распознавание заболеваний), контроль параметров воды (температура, кислород, pH).

4. SC-TOU (Туризм и рекреация)

Пассажирские автономные суда MASS Level 2-3 (экскурсионные маршруты), подводные экскурсии на малых ТНПА (submarine tourism), водные такси и boat-sharing платформы (Water Mobility-as-a-Service), туристические круизы с живыми подводными трансляциями (ROV на борту), рекреационные маршруты по историческим объектам (затонувшие суда, археология), VIP-туры на автономных катамаранах премиум-класса.

5. SC-ENG (Инженерия и нефтегаз)

Инспекция подводных трубопроводов методами NDT (ультразвуковой контроль UT, СР-потенциал, магнитопорошковый контроль), техническое обслуживание шельфовых платформ (IMR — Inspection, Maintenance, Repair), ремонт подводного оборудования (манипуляторы 7+ DOF, рабочий инструмент), инспекция силовых кабелей и кабельных трасс, leak detection (обнаружение утечек нефти/газа), резидентные системы 24/7 (постоянное базирование на морском дне), offshore wind (обслуживание ветропарков).

6. SC-CON (Строительство и инфраструктура)

Подводное строительство (укладка фундаментов, монтаж конструкций), прокладка силовых и телекоммуникационных кабелей (cable laying, trenching, burial), дноуглубительные работы (dredging, jetting), инспекция портовой инфраструктуры (причалы, молы, волноломы), подводная резка и сварка, установка подводных креплений и анкерov, инспекция гидротехнических сооружений (плотины, шлюзы).

7. SC-SCI (Наука и исследования)

Океанографические экспедиции (сбор данных CTD — Conductivity, Temperature, Depth), батиметрия и 3D-картирование морского дна (MBES — Multibeam Echosounder), мониторинг климатических изменений (течения, температура, уровень CO₂), изучение биоразнообразия (подводная съёмка 4K/8K, идентификация видов), геологоразведка (Side-Scan Sonar, Sub-bottom Profiler), сбор проб грунта и воды, долгосрочный мониторинг экосистем (24/7 resident-системы).

8. SC-COM (Связь и коммуникации)

Прокладка волоконно-оптических кабелей (subsea fiber optic cables), инспекция целостности кабельных линий (обнаружение повреждений, несанкционированных врезок), ремонт подводных кабелей (замена участков, восстановление изоляции), системы мониторинга акваторий (AIS, VTS integration), mesh-сети подводной связи (underwater acoustic networks), ретрансляция сигналов (gateway USV для LEO-спутников), подводные дата-центры (inspection, cooling monitoring).

9. SC-SAR (Поиск и спасение)

Поиск пропавших объектов (авиация, суда, подводные лодки) с использованием SSS/MBES, спасательные операции (доставка плавсредств, буксировка), подводный поиск людей и фрагментов (search patterns, AI-распознавание), ликвидация последствий аварий (разливы нефти, затонувшие суда), оценка ущерба после стихийных бедствий, доставка грузов первой необходимости в труднодоступные районы, координация multi-agent групп (USV + UAV + AUV).

10. SC-ECO (Экология и природопользование)

Мониторинг загрязнений акваторий (разливы нефти, химикаты, пластик), контроль соблюдения экологических норм (industrial discharge monitoring), гидрография для навигационной безопасности (обновление морских карт), 3D-картирование морского дна для оценки состояния экосистем, мониторинг незаконного рыболовства (браконьерство), инспекция подводных заповедников и охраняемых зон, сбор данных о состоянии коралловых рифов, контроль инвазивных видов.

Потенциал и барьеры рынка

Направление применения	Оценка рынка (диапазон) на 2030 г., млрд руб./год
1 <u>Безопасность</u>	17 - 23
2 <u>Транспорт и логистика</u>	12 - 20
3 <u>Аквакультура и рыболовство</u>	6 - 9
4 <u>Туризм, развлечение и рекреация</u>	4 - 6
5 <u>Энергетический сектор (нефтегаз, подводная добыча, ВИЭ)</u>	4 - 5
6 <u>Мониторинг инфраструктуры и подводно-технические работы</u>	3 - 4
7 <u>Наука и образование</u>	1 - 3
8 <u>Связь, навигация и телекоммуникация</u>	2 - 2
9 <u>МЧС и поисково-спасательные миссии</u>	1 - 2
10 <u>Экология, гидрография и мониторинг акваторий (научный и надзорный сектор)</u>	0 - 1
ИТОГ	5-8 51-75

Не все сценарии одинаково полезны

Для эффективной приоритизации мер государственной поддержки и инвестиционных решений участников рынка 54 сценария применения МРТК классифицированы по двум измерениям: (1) технологическая готовность (TRL — Technology Readiness Level, от прототипа TRL 3-4 до серийного производства TRL 7-9) и (2) зрелость бизнес-модели (от концепции до подтверждённых кейсов с положительной экономикой). Это даёт три категории сценариев, каждая из которых требует специфического набора мер поддержки.

Категория А: «Готово к масштабированию» — подтверждённые технологии и бизнес-модели

Определение: сценарии, где технологии TRL 7-8 (серийное производство, многократные успешные миссии), бизнес-модели подтверждены (положительная

экономика юнит-уровня, окупаемость <3 лет, наличие коммерческих контрактов), основные барьеры — регуляторные и инфраструктурные, а не технологические.

Объём рынка категории А: ~35-45% TAM (18-28 млрд руб. к 2030), что делает её приоритетом №1 для быстрых побед и демонстрации эффективности мер поддержки.

Топ сценариев категории А:

1. Инспекция подводной инфраструктуры лёгкими ТНПА (SC-ENG-03, SC-CON-03) — TAM 0,6-1,0 млрд руб.

Технологическая готовность: ТНПА Class I-IIA (глубина до 600 м, камеры HD/4K, LED-подсветка, манипуляторы 3-4 DOF) выпускаются российскими производителями (ROVBUILDER, Indel Partner, SubBoat) сериями 50-100 ед./год, локализация 70-80%. Многократные успешные кейсы инспекции трубопроводов, кабелей, причалов в портах Сахалина, Приморья, Архангельска.

Бизнес-модель: операторы (Marine Geo Service, «Си Проект», региональные сервисные компании) предоставляют услуги инспекции по тарифу 50-150 тыс. руб./сутки (включая судно-носитель, экипаж, ТНПА, отчёт NDT). Окупаемость инвестиций в ТНПА + судно — 1,5-2,5 года при загрузке >60%. Заказчики (нефтегазовые компании, порты, ГТС) готовы платить за регулярный мониторинг (требования DNV, Ростехнадзора — инспекция раз в 6-12 месяцев).

Барьеры: отсутствие стандартов NDT с использованием ROV (методики ультразвукового контроля UT, магнитопорошкового контроля требуют адаптации для подводного применения), дефицит сертифицированных операторов ТНПА (нет российских центров подготовки по стандартам HSE IMCA).

Меры поддержки: разработка ПНСТ по NDT-методикам с ROV (срок 12-18 месяцев), создание 2-3 центров подготовки операторов на базе вузов (Крыловский ГИЦ, СПбГМТУ), субсидирование покупки ТНПА для региональных операторов (50% стоимости аппарата).

2. Гидрография и батиметрия БЭК с MBES (SC-ECO-03, SC-SCI-02) — TAM 0,4-0,6 млрд руб.

Технологическая готовность: БЭК Small-Medium (длина 3-12 м) с многолучевыми эхолотами MBES серийно производятся Sitronics КТ, «Си Проект», Н300. Российские MBES (разработки Sitronics, Н300) достигли разрешения 0,1-0,5 м на глубине до 500 м, что достаточно для обновления морских карт прибрежных районов и ВВП. Успешные кейсы: гидрографическая съёмка подходов к портам Архангельска, Владивостока, акватории СМП (2023-2025).

Бизнес-модель: операторы (Flymar, Sitronics) предоставляют услуги гидрографической съёмки по тарифу 5-15 тыс. руб./км² (vs 20-30 тыс. руб./км² у традиционных гидрографических судов). Экономика: БЭК работает 24/7 без экипажа, производительность 50-100 км²/сутки (vs 10-20 км²/сутки у экипажного судна). Окупаемость БЭК + MBES (стоимость 30-50 млн руб.) — 2-3 года.

Барьеры: отсутствие сертификации российских MBES Росгидрометом и ГУНиО МО РФ (гидрографические данные не принимаются для обновления официальных морских карт без сертификата), высокая стоимость западных MBES (Kongsberg, Teledyne — \$50-200 тыс., поставки прекращены).

Меры поддержки: ускоренная сертификация отечественных MBES (целевая программа Росгидромета, срок 12 месяцев), гарантийные контракты на гидрографическую съёмку ВВП и СМП (объём 50-100 млн руб./год, срок 3-5 лет), субсидирование покупки MBES для операторов (40% стоимости оборудования).

3. Мониторинг садков в аквакультуре дешёвыми ТНПА (SC-AQU-02) — ТАМ 2,4-3,4 млрд руб.

Технологическая готовность: ТНПА Class I (вес 10-50 кг, глубина до 300 м, камеры HD, LED-подсветка) производятся ROVBUILDER (РБ-300), Indel Partner (ГНОМ X), SubBoat, TurtleROV сериями 50-150 ед./год, стоимость 1-3 млн руб./ед. (vs 5-10 млн руб. за западные аналоги BlueROV2, Deep Trekker). Локализация 80% (корпус, двигатели, связь — российские; камеры — Китай).

Бизнес-модель: аквакультурные хозяйства (ГК «Инарктика», «Норебо», РРПК) покупают ТНПА для ежедневного видеомониторинга состояния сетей (обнаружение разрывов, хищников, биообрастания) и рыбы (распознавание заболеваний, контроль поведения). Экономика: ТНПА заменяет 3-5 водолазных инспекций/месяц (стоимость 30-50 тыс. руб./погружение), окупаемость 6-12 месяцев.

Барьеры: низкая осведомлённость заказчиков (большинство хозяйств не знают о существовании дешёвых российских ТНПА), отсутствие сервисных операторов (хозяйства вынуждены самостоятельно обучать операторов, закупать запчасти).

Меры поддержки: демонстрационные пилоты в топ-10 хозяйствах (финансирование Фонда НТИ, 50-100 млн руб. на 2 года), субсидирование покупки ТНПА для малых и средних хозяйств (50% стоимости до 1,5 млн руб.), создание сервисного оператора as-a-service (аналог Neptune Robotics).

4. Патрулирование портов и критической инфраструктуры БЭК (SC-SEC-02) — ТАМ 2,6-2,9 млрд руб.

Технологическая готовность: БЭК Medium (длина 12-30 м, автономность 24-48 часов, AI COLREGS Level 3, камеры 360°, радар, AIS) производятся Sitronics KT (Странник 25-30 м), ОСК (Сканда), Холдинг КМЗ (Мурена-300С). Множественные успешные кейсы патрулирования портов Архангельска, Мурманска, Владивостока (2023-2025).

Бизнес-модель: государственные заказчики (ФСБ, Росгвардия, Росморпорт) заключают контракты на 24/7 патрулирование акваторий портов/терминалов по тарифу 3-5 млн руб./месяц за 1 БЭК (vs 8-12 млн руб./месяц за 2 экипажных катера с 3 сменами экипажа). Экономия 40-50% операционных расходов при увеличении площади покрытия на 60% (БЭК работает 24/7 без перерывов на смену экипажа).

Барьеры: необходимость интеграции с VTS (системы управления движением портов — требуется API-интеграция БЭК с радарами, AIS, VHF-связью портов), требования к anti-jamming GPS (защита от РЭБ — текущие системы уязвимы к глушению GPS).

Меры поддержки: разработка стандартов API-интеграции БЭК с VTS (ПНСТ, срок 12 месяцев), целевое финансирование НИОКР anti-jamming GPS (2-3 млрд руб., срок 2026-2028), пилотные контракты с Росморпортом на патрулирование 10 портов (объём 300-500 млн руб./год на 3 года).

5. Научные экспедиции с АНПА среднего класса (SC-SCI-01) — ТАМ 0,9-3,0 млрд руб.

Технологическая готовность: АНПА среднего класса (вес 100-500 кг, глубина до 1500 м, автономность 50-100 часов, дальность 100-500 км) производятся ЦНИИ РТК, Крыловский ГНЦ, Н300, Н800. Успешные экспедиции в Арктике, Чёрном море, Охотском море (2020-2025) для батиметрии, геологоразведки, изучения биоразнообразия.

Бизнес-модель: научные институты (РАН, Росгидромет, ВНИРО) покупают АНПА (стоимость 30-80 млн руб.) для долгосрочных программ исследований (бюджетное финансирование, циклы 5-10 лет). Экономика: АНПА заменяет 3-5 судо-суток гидрографического судна (стоимость 500 тыс. - 1 млн руб./судо-сутки), окупаемость 3-5 лет при активной эксплуатации (>100 миссий/год).

Барьеры: отсутствие производственных мощностей для серийного выпуска (все производители — штучные изделия 1-3 ед./год), длительные циклы согласования технических заданий (12-24 месяца от ТЗ до поставки).

Меры поддержки: создание серийного производства АНПА среднего класса (капиталовложения 500 млн - 1 млрд руб.), долгосрочные контракты РАН/Росгидромета на закупку АНПА (объём 1-2 млрд руб. на 5 лет, 20-30 единиц).

Общие меры для категории А: ускорение регуляторных процедур (сокращение сроков сертификации с 18-24 до 6-12 месяцев), создание центров подготовки операторов (3-5 центров к 2027), финансовые инструменты для операторов (лизинг с субсидированием 50% платежей, проектное финансирование <5%), гарантийные контракты государственных заказчиков (предсказуемый спрос на 3-5 лет).

Категория Б: «Технологически готово, но нужен product-market fit» — зрелые технологии при неподтверждённой экономике

Определение: сценарии, где технологии TRL 6-7 (функциональные прототипы, единичные успешные миссии), технические риски низки, но бизнес-модели не подтверждены (нет коммерческих контрактов, окупаемость неясна, заказчики не готовы платить текущую цену), основные барьеры — недостаточная осведомлённость заказчиков, отсутствие референсных кейсов, высокая цена vs воспринимаемая ценность.

Объём рынка категории Б: ~35-40% TAM (18-25 млрд руб. к 2030), это зона роста при условии успешной коммерциализации через пилотные проекты и демонстрационные кейсы.

Топ-5 сценариев категории Б:

1. Автономные грузовые суда на ВВП (SC-TRN-02) — TAM 9,3-15,5 млрд руб. (крупнейший сценарий)

Технологическая готовность: БЭК «Бриз» («Си Проект») и «Странник» (Sitronics KT) совершили демонстрационные миссии по доставке грузов Санкт-Петербург — Архангельск (500 км, 3,5 тонны, 80 часов автономности, 2025). Технологии IMO MASS Degree 2-3, fleet management ITG X1 (управление 4-10 судов от 1-2 операторов) — TRL 6-7.

Барьер product-market fit: судоходные компании (ПАО «Совкомфлот», FESCO, речные пароходства) не готовы массово переходить на БЭК из-за: (1) регуляторной неопределённости (нет правового статуса БЭК в КТМ РФ — риск штрафов, отказа страховых компаний в покрытии), (2) отсутствия док-станций (требуется развёртывание 20-30 станций на ВВП — капиталовложения ~1 млрд руб.), (3) дефицита операторов ЦДУ (нет программ обучения, нет стандартов сертификации).

Меры для запуска рынка: принятие поправок в КТМ РФ и Водный кодекс РФ (2026-2027), пилотные контракты с Росморречфлотом на логистику на 3-5 маршрутах ВВП (Волга, Северная Двина, Енисей — объём 500 млн - 1 млрд руб./год на 3 года), субсидирование строительства док-станций (50% капиталовложений), создание программы обучения операторов ЦДУ (200-300 специалистов к 2028).

2. Водная мобильность и boat-sharing (SC-TOU-01) — TAM 3,8-5,3 млрд руб.

Технологическая готовность: электрические катамараны Candela P-12 (Швеция) и аналогичные российские разработки (в стадии прототипов) демонстрируют снижение энергопотребления на 80% vs традиционные паромы за счёт подводных крыльев (hydrofoiling). Fleet management системы для boat-sharing (аналог Uber для водного транспорта) — готовые решения Flymar, Sitronics KT.

Барьер product-market fit: потребители (городские администрации, частные операторы) не готовы инвестировать из-за: (1) отсутствия регуляторных стандартов для пассажирских БЭК (требования к безопасности, страхование ответственности, сертификация капитанов-операторов), (2) высокой стоимости зарядной инфраструктуры (зарядные станции ~5-10 млн руб./ед., требуется 10-20 станций на город), (3) неясной экономики (какая цена билета обеспечит положительную LTV?).

Меры для запуска рынка: регуляторные песочницы в 3-5 прибрежных городах (Санкт-Петербург, Сочи, Владивосток, Казань, Нижний Новгород — временное освобождение от части требований на 2-3 года), субсидирование строительства зарядной инфраструктуры (50% капиталовложений), пилотные маршруты с государственным финансированием (дотации на компенсацию убытков первые 2 года).

3. Роботизированная очистка сетей в аквакультуре (SC-AQU-02) — TAM 2,4-3,4 млрд руб.

Технологическая готовность: зарубежные роботы-краулеры (Remora Robotics, Ultra AQ) доказали экономику (окупаемость 1,5-2 года), но поставки прекращены. Российские производители (Sitronics KT, ROVBUILDER) разрабатывают аналоги, но пока нет серийных образцов (TRL 5-6, ожидается выход на TRL 7 в 2026-2027).

Барьер product-market fit: аквакультурные хозяйства не готовы быть first adopters российских роботов из-за: (1) отсутствия референсных кейсов (риск простоя садков при поломке робота — потери >10 млн руб./неделю), (2) высокой цены прототипов (50-100 млн руб. vs 30-50 млн руб. за западные серийные), (3) отсутствия сервисной поддержки.

Меры для запуска рынка: пилотные проекты в топ-5 хозяйствах с государственным софинансированием (Фонд НТИ — 70% стоимости робота, хозяйство — 30%, срок 2 года), гарантии возврата инвестиций при неудаче (страхование рисков первых заказчиков), создание сервисного центра (MRO — техническое обслуживание, запчасти, обучение операторов).

4. Resident-системы для 24/7 мониторинга шельфа (SC-ENG-01, SC-COM-04) — TAM 0,5-1,0 млрд руб.

Технологическая готовность: зарубежные кейсы (Eelume, Норвегия — змеевидный робот для постоянного базирования на морском дне, Oceaneering Liberty — резидентная система для Equinor) демонстрируют сокращение времени реакции на инциденты с 24-48 часов до 2-4 часов (робот «выползает» из док-станции по сигналу тревоги, проводит инспекцию, возвращается на зарядку). Российские разработки (Курчатовский институт, Крыловский ГНЦ) — TRL 4-5.

Барьер product-market fit: нефтегазовые компании (Газпром, Роснефть, Газпром нефть) не готовы инвестировать в российские прототипы из-за: (1) высокого риска (цена ошибки — простой шельфовой платформы стоимостью >1 млрд руб./сутки), (2) отсутствия сертификации DNV (международный стандарт для resident-систем — требуется 3-5 лет тестирования), (3) высокой стоимости док-станций (100-300 млн руб./ед.).

Меры для запуска рынка: демонстрационный проект на Сахалине с западным партнёром (Equinor, TotalEnergies — трансфер технологий resident-систем), государственное софинансирование пилота (70% стоимости dock-станции + робота), ускоренная сертификация в Ростехнадзоре (взаимное признание с DNV).

5. Дронопорты и автошвартовка (SC-TRN-03) — ТАМ 0,9-1,5 млрд руб.

Технологическая готовность: системы автошвартовки (M-Pilot, Япония; разработки Flymar + Sitronics KT) обеспечивают точность швартовки $\pm 0,1$ м на скорости 3-5 узлов. Док-станции для зарядки и технического обслуживания БЭК — готовые концепции (TRL 5-6).

Барьер product-market fit: порты и судоходные компании не готовы инвестировать в док-станции из-за: (1) отсутствия массового флота БЭК (курица-яйцо: нет док-станций → не покупают БЭК; мало БЭК → не строят док-станции), (2) высокой стоимости док-станций (30-50 млн руб./ед.), (3) неясных стандартов интерфейсов (каждый производитель БЭК использует свои разъёмы для зарядки/связи).

Меры для запуска рынка: стандартизация интерфейсов док-станций (ПНСТ по разъёмам питания/связи, срок 12 месяцев), субсидирование строительства первых 10 док-станций в ключевых портах (50% капиталовложений), пилотные контракты с Росморпортом на эксплуатацию док-станций (гарантированная загрузка на 3 года).

Общие меры для категории Б: пилотные проекты с государственным софинансированием (50-70% стоимости, срок 2-3 года), демонстрационные кейсы с публикацией результатов (референсы для следующих заказчиков), страхование рисков first adopters (возврат инвестиций при неудаче), создание центров компетенций на базе вузов/НИИ (отработка сценариев применения, обучение операторов).

Категория В: «Высокий потенциал, но требуются технологические прорывы» — незрелые технологии при значительном рыночном спросе

Определение: сценарии, где рыночный спрос очевиден (заказчики готовы платить, ясна экономика), но технологии TRL 3-5 (лабораторные прототипы, концепции), высокие технические риски, требуются НИОКР 3-7 лет и инвестиции 2-10 млрд руб./сценарий.

Объём рынка категории В: ~20-25% TAM (10-15 млрд руб. к 2030, реализация возможна к 2028-2032), это зона долгосрочного роста при условии успешных НИОКР.

Топ сценариев категории В:

1. Топливные элементы H₂/PEMFC для автономности >7 суток (SC-SCI-01, SC-ENG-02) — потенциальный TAM 1-2 млрд руб.

Рыночный спрос: научные институты (РАН, Росгидромет) и ВМФ готовы платить за АНПА с автономностью >1000 км (30-90 дней в море) для экспедиций в Арктике, Тихом океане. Текущие АНПА на Li-Ion — автономность <500 км (3-7 дней), что недостаточно для долгосрочных миссий.

Технологические барьеры: (1) топливные элементы H₂/PEMFC с удельной энергоёмкостью >500 Вт·ч/кг (российские разработки — 200-300 Вт·ч/кг, TRL 4-5), (2) системы хранения водорода под давлением 350-700 бар для подводных условий (риск имплозии на глубине), (3) интеграция с силовой электроникой для подводных условий (коррозия, герметичность).

Требуемые инвестиции: 3-5 млрд руб. на НИОКР (2027-2031), из них 2-3 млрд руб. — топливные элементы, 1-2 млрд руб. — системы хранения H₂. Срок выхода на TRL 7-8: 2030-2032.

Меры поддержки: НИОКР в рамках программы водородной энергетики (Минэнерго, Росатом), создание испытательных стендов для подводных топливных элементов (Крыловский ГНЦ, СПбГМТУ), первые контракты РАН на АНПА с H₂/PEMFC (софинансирование 70% стоимости НИОКР).

2. Anti-jamming GPS и квантовая навигация (SC-SEC-01, SC-TRN-01) — потенциальный TAM 3-5 млрд руб.

Рыночный спрос: МО РФ, ФСБ, судоходные компании на СМП готовы платить за системы навигации, устойчивые к РЭБ (глушение GPS, спуфинг координат). Текущая

уязвимость БЭК/АНПА к РЭБ — критический риск для оборонных и критических инфраструктурных применений.

Технологические барьеры: (1) anti-jamming GPS с адаптивными антеннами (российские разработки — TRL 4-5, требуется 3-4 года НИОКР), (2) квантовые инерциальные навигационные системы (QINS — drift <0,01 морская миля/час, TRL 2-3 в России), (3) интеграция multi-sensor fusion (GPS+ГЛОНАСС+INS+DVL+визуальная одометрия — сложность алгоритмов).

Требуемые инвестиции: 4-6 млрд руб. на НИОКР (2026-2029), из них 2-3 млрд руб. — anti-jamming GPS, 2-3 млрд руб. — квантовая навигация. Срок выхода на TRL 7-8: 2028-2030.

Меры поддержки: целевая программа НИОКР (Минобороны, ФПИ), кооперация с разработчиками квантовых технологий (ПКЦ, ВНИИА), массовые испытания в условиях РЭБ на полигонах МО РФ, гарантийные контракты на первые 100 систем.

3. Edge-AI для автономии Level 4 (COLREGS) (SC-TRN-01, SC-SEC-02) — потенциальный TAM 2-4 млрд руб.

Рыночный спрос: операторы БЭК готовы платить за AI-алгоритмы автономного предотвращения столкновений (COLREGS Level 4 — полная автономия без участия оператора), что критически важно для массового коммерческого внедрения (снижение требований к квалификации операторов в 5-10 раз).

Технологические барьеры: (1) AI-чипы для edge-computing, устойчивые к морским условиям (вибрация, влажность, температура -40°C до +50°C — российские разработки TRL 3-4), (2) обучающие датасеты для морских условий (требуется >10 000 часов видео различных ситуаций — у России нет), (3) сертификация AI-алгоритмов (как доказать надёжность black-box AI перед регулятором?).

Требуемые инвестиции: 3-5 млрд руб. на НИОКР (2026-2029), из них 2-3 млрд руб. — AI-чипы, 1-2 млрд руб. — алгоритмы и датасеты. Срок выхода на TRL 7-8: 2028-2030.

Меры поддержки: создание национального датасета морских условий (совместный проект Росморпорта, судоходных компаний, производителей БЭК), разработка методик HIL/SIL-верификации AI-алгоритмов (ПНСТ), субсидирование покупки отечественных AI-чипов для производителей БЭК (50% стоимости).

4. Беспроводная передача энергии и подводные зарядные станции (SC-COM-04, SC-TRN-03) — потенциальный TAM 1-2 млрд руб.

Рыночный спрос: операторы резидентных систем и долгосрочных экспедиций готовы платить за технологии беспроводной зарядки AUV/ROV (без необходимости физического подключения — снижение рисков поломки коннекторов, увеличение надёжности).

Технологические барьеры: (1) индуктивная передача энергии в морской воде (потери >50% при расстоянии >10 см, TRL 3-4), (2) высокоэффективные системы передачи данных и связи (optical/laser — требуется точное позиционирование ± 1 см), (3) автономная стыковка AUV с док-станцией (точность ± 5 см в условиях течения и ограниченной видимости).

Требуемые инвестиции: 2-3 млрд руб. на НИОКР (2027-2030). Срок выхода на TRL 7-8: 2029-2031.

Меры поддержки: НИОКР в рамках программы энергоэффективности (Минэнерго), создание демонстрационных док-станций (2-3 шт. в Арктике, на Сахалине), международная кооперация с Норвегией, Францией (трансфер технологий).

Общие меры для категории В: долгосрочные программы НИОКР с финансированием 2-10 млрд руб./направление (2026-2031), создание кооперации производителей и НИИ (разделение рисков НИОКР), ускоренная сертификация новых технологий (регуляторные песочницы), гарантийные контракты на первые серии (предоплата 30-50% для финансирования НИОКР), международная кооперация для трансфера технологий.

Выводы по сценариям

матрица готовности показывает, что ~35-45% рынка готово к немедленному масштабированию (категория А) при условии снятия регуляторных и инфраструктурных барьеров, ~35-40% требует отработки product-market fit через пилотные проекты (категория Б), ~20-25% зависит от успеха долгосрочных НИОКР (категория В). Приоритизация мер поддержки должна следовать логике «сначала быстрые победы» (категория А → быстрый рост рынка и демонстрация эффективности мер) → «затем масштабирование через пилоты» (категория Б → выход на массовый коммерческий рынок) → «параллельно долгосрочные НИОКР» (категория В → технологический суверенитет к 2030).

Архитектура рынка

Российский рынок морской робототехники характеризуется многоуровневой структурой и может быть разделен по контурам взаимодействия (ICP — Industry Chain Position).

ICP0 — Governance (регулирование / доверенная среда рынка)

- **G01 — ФОИВ/надзор/разрешительная система:** Минтранс России, Росморречфлот, Ространснадзор, МЧС России, Росприроднадзор, Росрыболовство, Минпромторг России (промышленная политика/поддержка)
- **G02 — Управление движением/безопасностью (VTS, AIS-контуры):** ФГУП «Росморпорт» (портовые контуры), капитании морских портов, службы управления движением, операторы береговой инфраструктуры наблюдения и связи
- **G03 — Классификационные общества:** Российский морской регистр судоходства (PMPC), Российское классификационное общество (РКО)
- **G04 — Испытания/сертификация/полигоны:** Крыловский ГНЦ, НИЦ «Курчатовский институт», профильные испытательные центры при НИИ/вузах, отраслевые полигоны и акватории испытаний (в т.ч. ведомственные)
- **G05 — Стандартизация (ТК, ПНСТ и др.):** Росстандарт, профильные технические комитеты по судостроению/робототехнике/навигации/связи, отраслевые центры компетенций по стандартизации

ICP1 — Clients (Потребители услуг / владельцы миссий)

- **C01 — Госбезопасность и реагирование:** МЧС России, ГИМС МЧС, ФГБУ «Морспасслужба», региональные аварийно-спасательные службы, бассейновые аварийно-спасательные формирования, портовые аварийные службы, службы экстренного реагирования на разливы (OSR/OPC)
- **C02 — Оборона и спецзадачи:** Минобороны России (ВМФ), ФСБ России (береговая охрана), Росгвардия (охрана объектов/акваторий), ведомственные НИИ и полигоны МО, предприятия/операторы в контуре ГОЗ
- **C03 — Нефтегаз, шельф, трубопроводы, энергетика:** ПАО «Газпром», ПАО «Газпром нефть», ПАО «НК „Роснефть“», ПАО «ЛУКОЙЛ», ПАО «НОВАТЭК», ПАО «Транснефть», шельфовые операторы и сервисные контрагенты (ЕРС/подводно-технические работы), операторы морских терминалов нефти/СПГ
- **C04 — Порты, акватории, транспортная инфраструктура:** ФГУП «Росморпорт», администрации морских портов (капитании), ПАО «НМТП», АО «Усть-Луга», ГК «Дело» (портовые активы), АО «Восточный Порт», ПАО

- «ВМТП» (FESCO), Мурманский морской торговый порт, Архангельский морской торговый порт, портовые операторы Дальнего Востока
- **C05 — Судоходство и логистика:** ПАО «Совкомфлот», Транспортная группа FESCO, судоходные компании речного и смешанного плавания (крупнейшие бассейновые операторы), буксирные/лоцманские организации, операторы снабжения шельфовых проектов, логистические операторы Северного морского пути
- **C06 — Рыболовство и аквакультура:** ГК «Инарктика», «Норебо», Русская рыбопромышленная компания (РРПК), ВНИРО/ведомственные структуры, крупные добывающие холдинги Дальнего Востока, аквакультурные хозяйства Баренцева/Белого морей, рыбопромысловые компании СЗФО/ДФО
- **C07 — Наука, океанография, госпрограммы мониторинга:** ФГУП/НИЦ «Крыловский ГНЦ», НИЦ «Курчатовский институт», Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН, ИПМТ ДВО РАН, Арктический и антарктический НИИ (ААНИИ), Росгидромет, профильные морские вузы и НИИ
- **C08 — Экология и мониторинг акваторий:** Росприроднадзор, Росводресурсы, Росрыболовство, региональные центры мониторинга окружающей среды, операторы промышленной инфраструктуры с экологическими обязательствами, службы реагирования на загрязнения
- **C09 — Туризм и водный entertainment:** круизные операторы (напр., «ВодоходЪ», «Мостурфлот», «Инфофлот»), операторы яхтенной/маринной инфраструктуры, девелоперы водных курортов, частные операторы премиального отдыха на воде

ICP2 — Operators (Эксплуатация / операторы и ЦДУ)

- **O01 — Операторы МРТК «как услуга» (сервисные компании):** ФГБУ «Морспасслужба» (как оператор работ/миссий), ООО «Фертоинг» (в связке с РМК), Marine Geo Service (ООО «МГ-Сервис»), «Смартдайв», сервисные подразделения крупных нефтегазовых операторов (шельф/терминалы), портовые операторы подводных работ (в контуре Росморпорта и портов)
- **O02 — ЦДУ / ROC (центры дистанционного управления):** ЦДУ/ситуационные центры у крупных эксплуатантов (портовый контур, шельф, безопасность), центры управления у технологических интеграторов (в связке с fleet management), ведомственные центры мониторинга акваторий, центры удалённой эксплуатации у научных операторов (экспедиции/наблюдения), пилотные ROC у производителей (на этапе «поставка + эксплуатация»)
- **O03 — Инфраструктура эксплуатации (базы, док-станции, зарядные хабы):** портовая инфраструктура (базы обслуживания в портах), береговые базы у шельфовых операторов, испытательные полигоны/акватории, сервис-базы судоремонтных предприятий, технологические площадки при вузах/НИИ (как «песочницы» эксплуатации), разворачиваемые мобильные базы для миссий

- **O04 — Техобслуживание и ремонт (MRO), ЗИП, логистика:** Холдинг КМЗ (судоремонт/производственные компетенции), АО «ЦС „Звёздочка"» (судоремонтный контур), судоремонтные заводы в СЗФО и ДФО, сервисные подразделения OEM, логистические провайдеры ЗИП и спецоснастки, интеграторы контрактов жизненного цикла
- **O05 — Операторы данных (съёмка, хранение, предоставление):** Росгидромет (в части мониторинга), ВНИРО, отраслевые гидрографические подразделения, научные операторы данных (РАН/НИИ), портовые службы/операторы инфраструктуры (данные по акватории/ГТС), геофизические и инженерно-геологические подрядчики (данные для шельфа/ГТС)
- **O06 — Интеграция с объектовой инфраструктурой (AIS/GNSS/карты/VTS):** Sitronics, АО «Навис», Концерн «Гранит-Электрон», «Моринформсистема-Агат», ЦНИИ «Электроприбор», профильные навигационные интеграторы, портовые контуры VTS/управления движением (через Росморпорт/капитании)

ICP3 — Production (разработка/интеграция/производство МРТК)

Российский рынок МРТК насчитывает более 30 активных компаний-производителей, из которых 16 имеют твёрдые контракты с ВМФ России на общую сумму свыше 35 млрд рублей. Структурно производители делятся на Tier 1 (крупные системные интеграторы) и Tier 2 (специализированные производители).

Tier 1 — Крупные системные интеграторы:

- **P01 — OEM надводных платформ (USV/БЭК):** Sitronics KT / Fortis (БЭК «Странник» 25-30м), ЗАО «Си Проект» + АО «Безэкипажная логистика» (БЭК «Бриз», «Клипер»), ОСК (ССЗ «Вымпел») (БЭК «Сканда», «Таймень»), Холдинг КМЗ (БЭК «Сарган», «Визир»), Концерн «Калашников» (Рыбинская верфь) (БЭК «Хаска»), «Аквароботех» (БЭК «Сивуч», «Калан»), АО «Навис» + «Компан Марин» (БЭК «Сардина»), НПЦ «Ушкуйник» (БЭК с оптоволоконным управлением), MoltGeo (MOLT Boat), НПП «Форт XXI» (МРТК КАЛАН)
- **P02 — OEM подводных автономных (AUV/АНПА/UUV):** «Океанос» (Глайдер «Морская тень»), ОАО ГНПП «Регион» (Искатель LWV), МГТУ им. Баумана / КБ «Лазурит» (Сарма-Д), ЦКБ МТ «Рубин» (Амулет, Юнона, Витязь-Д, Клавесин-2Р-ПМ, Суррогат-В), «Аврора» (Риф, Риф-С), ИПМТ ДВО РАН (ММТ-3000/300, Галтель)
- **P03 — OEM подводных телеуправляемых (ROV/ТНПА):** АО «Тетис Про» (ТНПА «Марлин-350», «Финвал»), ООО «РМК» / «Фертоинг» (ТНПА-Макс, ТНПА Малый), Marine Geo Service (ООО «МГ-Сервис») (МСС-300, МСС-350М, МСС-1000, МСС-3000), ROVBUILDER (РБ-025, РБ-100, РБ-150, РБ-300, РБ-600, РБ-Мираж), «Смартдайв» (Смартдайв, Смартдайв-150), SubBoat

- (ТНПА серия), Trionix Lab (бренд «Подводные дроны»), ООО «АКВАИРИ» (Акваир Инжиниринг) (АКВАТ-500), ООО «ГНОМ» / Indel Partner (ГНОМ Х, ГНОМ ПРО), ООО «Морская роботизация» (МОПРО), RoboCorp, ООО «Элмикс» (TurtleROV, TurtleROV2), ООО «НАВИС» (Amphipoda).
- **P04 — Системные интеграторы «комплекс/рой/матрёшка»:** Sitronics, ЦКБ МТ «Рубин» (комплексирование), НИЦ «Курчатовский институт» (интеграционные проекты), Крыловский ГНЦ, АО «Навис» (интеграция навигации/управления), интеграторы подводных работ (в связке с O01).
 - **P05 — Производители док-станций/носителей/контейнеров:** разработчики в контуре OEM и интеграторов (как отдельная продуктовая линия), портовые/шельфовые пилоты (O03↔C05), производители спецоснастки и энергетики для зарядных/док-станций.

ICP4 — Technology (компонентная база и ключевые технологии)

- **T01 — Связь и телеметрия (RF/сотовая/спутниковая/акустическая):** Концерн «Гранит-Электрон» (защищённая связь), Sitronics (системы связи), АО «Моринформсистема-Агат» (радио/телеметрия), ЦНИИ «Электроприбор» (навигационная связь), производители оптоволоконных кабелей (НПЦ «Ушкуйник» — оптоволоконное управление до 100 км)
- **T02 — Навигация и позиционирование (GNSS/INS/DVL/USBL):** ЦНИИ «Электроприбор» (навигационные системы), Концерн «Гранит-Электрон» (гидроакустическая навигация), АО «Навис» (интеграция навигации), ООО «Стеор – Навигационные системы будущего», Deepinfaar (подводная навигация LBL/USBL), производители акустических маяков RedWAVE
- **T03 — Сенсоры и полезная нагрузка (сонары, камеры, ЛЗ, магнитометры):** АО «Моринформсистема-Агат» (сонары, радары), Baltic Boats Company (тепловизоры BBC640A, BBC OES650L), FLIR (дистрибуция тепловизоров), AXIS (камеры), Raymarine (навигационное оборудование), производители гидролокаторов бокового обзора (ГБО), многолучевых эхолотов (MBES), вперёдсмотрящих эхолотов (FLS)
- **T04 — Энергетика и питание (батареи, топливные элементы, солнечные панели):** производители Li-ion батарей высокой ёмкости, разработчики топливных элементов H₂/PEMFC (пилотные проекты), солнечные панели (для док-станций и автономных USV типа Saildrone)
- **T05 — Движители и актуаторы (электрические, гидравлические, пропульсивные):** Холдинг КМЗ (двигатели БЭК), ООО «Судовые Двигательные Комплексы», производители электромоторов (Volvo Penta — дистрибуция), гидравлические приводы (для манипуляторов и док-станций)
- **T06 — Бортовой ИИ и вычисления (процессоры, AI-чипы, Edge-компьютеры):** Sitronics (AI для автономии), НИЦ «Курчатовский институт» (нейроморфные процессоры, пилотные разработки), разработчики AI-алгоритмов для COLREGS (распознавание объектов, предиктивная навигация), NVIDIA (дистрибуция AI-процессоров)

- **T07 — Манипуляторы и инструментальные системы (DOF 3-7+, инструмент NDT):** производители манипуляторов для ROV (Гидробот), NDT-инструменты (ультразвуковые толщиномеры УТ, СР-потенциал), щётки/jetting системы (для очистки корпусов судов)
- **T08 — Кибербезопасность и защита от РЭБ (anti-jamming, криптозащита):** Sitronics (кибербезопасность МРТК), Концерн «Гранит-Электрон» (защищённая связь), ЦНИИ «Электроприбор» (защита навигации), НИЦ «Курчатовский институт» (криптозащита), ЗАО «Си Проект» (системы РЭБ-защиты), разработчики anti-jamming GPS

ICP5 — Ecosystem (кадры и финансирование / институциональная экосистема)

- **E01 — Финансирование (гранты, проектное финансирование, лизинг, кредит, венчур):** Фонд содействия инновациям (ФСИ), НТИ (как контур программ), Фонд НТИ, «Сколково», Минпромторг России (меры поддержки/субсидии), Минобрнауки России (грантовые механизмы), РФРИТ, Фонд развития промышленности (ФРП), ВЭБ.РФ, региональные фонды/ЦПИИ, банки с лизингом/проектным финансированием
- **E02 — Кадры:** вузы, ДПО, центры подготовки операторов: МГТУ им. Н.Э. Баумана, СПбГМТУ («Корабелка»), ГУМРФ им. адм. С.О. Макарова, МГУ им. адм. Г.И. Невельского, ДВФУ, СПбПУ (Политех), СевГУ, Дальрыбвтуз, МГТУ (Мурманск), профильные ДПО-центры при вузах/НИИ
- **E03 — Наука и НИОКР-инфраструктура:** Крыловский ГНЦ, НИЦ «Курчатовский институт», Институт океанологии РАН, ИПМТ ДВО РАН, ААНИИ, профильные лаборатории при вузах, ведомственные НИИ и полигоны
- **E04 — Ассоциации/кластеры/координационные площадки:** НТИ «Маринет» / Инфраструктурный центр, отраслевые ассоциации в контуре судостроения и морской техники, региональные промышленные кластеры, координационные рабочие группы по стандартам/испытаниям/режимам применения
- **E05 — Страхование (ответственность, КАСКО, спецриски):** СПАО «Ингосстрах», АО «СОГАЗ», «АльфаСтрахование», РЕСО-Гарантия, ВСК, «Росгосстрах», «Согласие», «Зетта Страхование» (и иные игроки морского страхования)

ICP6 — International (международные ассоциации и институты)

- **I01 — Международное нормотворчество и рамочное регулирование судоходства/автономии:** IMO (International Maritime Organization)

- **I02 — Навигационное обеспечение**, AtoN, VTS-подходы, гидрография и порты: IALA, IHO, IAPH, PIANC
- **I03 — Международная классификация и признание класса**: IACS и ключевые общества: DNV, Lloyd's Register, ABS, Bureau Veritas, ClassNK, CCS, KR, RINA и др.
- **I04 — Международные отраслевые практики эксплуатации (remote ops/ROV/IMR)**: IMCA (ключевой для offshore/ROV-контуров), IOGP (по стандартам взаимодействия в O&G)
- **I05 — Международная стандартизация** (интерфейсы, оборудование, связь/частоты, кибер): ISO, IEC, ITU (радиосвязь/частоты), IEEE (инженерные стандарты)
- **I06 — Международное морское страхование и ответственность**: International Group of P&I Clubs (P&I), Lloyd's (рынок), IUMI (профсообщество морских страховщиков)
- **I07 — МФО, проектное финансирование и экспортно-кредитная поддержка**: World Bank / IFC, EBRD, EIB; ECA: UKEF (UK), Allianz Trade / Euler Hermes (DE), SACE (IT), Bpifrance Assurance Export (FR), US EXIM, KEXIM (KR), NEXI (JP)
- **I08 — Международные ассоциации/консорциумы рынка (контракты, судоходство, технологии, порты)**: BIMCO (контрактные формы), ICS (судоходство), IMCA (подрядчики/offshore), IAPH (порты), PIANC (инфраструктура), SUT (подводные технологии), MTS (морские технологии), AUVSI (uncrewed systems), IMRF (SAR-контур)

Цепочки кооперации

Российский рынок МРТК характеризуется сложными многоуровневыми цепочками кооперации, где каждый участник выполняет специализированную функцию. Согласно анализу цепочек кооперации НТИ Маринет, выделяются 18 ключевых транзакций (Link ID: L01–L18) с общим оборотом ~108,7 млрд руб. (по оценке экспертов):

Ключевые цепочки кооперации (ТОП-5 по обороту):

Link ID	Транзакция / предмет	Оборот (млрд руб.)	Доля рынка	Количество компаний
L01	Поставка изделия/комплекса (как CAPEX)	31,78	29,3%	27
L02	НИОКР и испытательная база (TRL/стенды/патенты)	29,37	27,1%	31
L03	Компонентная кооперация (BoM/серийные поставки)	13,72	12,7%	23
L04	Интеграция в объектовую инфраструктуру (AIS/GNSS/карты/VTS, КИИ)	6,02	5,6%	18
L05	Заказ миссии "под ключ" (обследование/поиск/мониторинг/инспекция/работа)	5,68	5,2%	4

L01 — Поставка изделия/комплекса (как CAPEX): Крупнейшая транзакция (29,3% рынка, 31,78 млрд руб.) — поставка готовых изделий (БЭК, АНПА, ТНПА, комплексных систем) от производителей (P01–P04, P08) к конечным заказчикам (C02–C07, особенно оборона и спецзадачи C02). 27 компаний-участников: АО «ОСК», АО «ЦКБ МТ Рубин», ООО «Кингисеппский машиностроительный завод», ПАО «Пролетарский завод», ООО «СВАРОГ», АО «ПСЗ „Янтарь“», ООО «Научно-производственный холдинг „Пигмент“», АО «Тетис Про», ООО «ТАКО ЛАЙН» (бренд «Гидробот» / Hydrobot), ООО «ФОРСС ТЕХНОЛОГИИ», ООО «Конструкторское Бюро „Центр Беспилотных Систем“», ООО «ТЕСИС», ООО «ГРПМ» (НТЦ ГРПМ / GRPM), ООО «А-РГО». Типовой артефакт: ДКП/контракт поставки, КД/РЭ/паспорт, FAT/SAT, гарантия. Типовой результат / метрика: Цена/ед., надёжность, готовность, приемка по ТТХ.

L02 — НИОКР и испытательная база (TRL/стенды/патенты): Вторая по значимости транзакция (27,1% рынка, 29,37 млрд руб.) — финансирование и проведение НИОКР, создание испытательных стендов, патентование технологий. 31 компания-участник: АО «ЦКБ МТ Рубин», АО «ОСК», ФГУП «Крыловский ГНЦ», АО «Концерн „Гранит-Электрон“», ООО «Фертоинг», ПАО «Пролетарский завод», ООО «Научно-производственный холдинг „Пигмент“», ООО «СВАРОГ», ООО «КИНГИСЕППСКИЙ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫЙ ЗАВОД», ООО «ФОРСС ТЕХНОЛОГИИ», ООО «Нефтегазперспектива», АО «ПСЗ „Янтарь“», ООО «ТЕСИС», ООО «Компания Технополь», ООО «Русская морская команда». Типовой артефакт: НИР/ОКР контракт, стендовые испытания, патенты, демонстраторы. Типовой результат / метрика: TRL, патенты, готовность к испытаниям/сертификации.

L03 — Компонентная кооперация (ВоМ/серийные поставки): Третья транзакция (12,7% рынка, 13,72 млрд руб.) — поставка комплектующих (сенсоры, связь, навигация, двигатели, батареи, корпусные элементы) от поставщиков компонентов (Т01–Т08) к производителям МРТК (Р01–Р08). 23 компании-участника: АО «Концерн „Гранит-Электрон"», АО «ОСК», ООО «Фертоинг», ПАО «Пролетарский завод», ООО «Нефтегазперспектива», ООО «СВАРОГ», ООО «Компания Технополь», ООО «Русская морская команда», АО «Красный дельфин», ООО «ФОРСС ТЕХНОЛОГИИ», АО «ПСЗ „Янтарь"», ООО «ТЕСИС», ООО «Подводные Дроны», ООО «Судовые Двигательные Комплексы», ООО «Бот-Трейд» (бренд: Fortis, Fortis Marine). Типовой артефакт: Спецификация (ВоМ), контракт поставки, требования к испытаниям/качеству. Типовой результат / метрика: Цена/сроки поставки, локализация, отказоустойчивость, совместимость.

L04 — Интеграция в объектовую инфраструктуру (AIS/GNSS/карты/VTS, КИИ): Четвёртая транзакция (5,6% рынка, 6,02 млрд руб.) — интеграция МРТК в существующую портовую/акваториальную инфраструктуру (системы управления движением VTS, автоматическая идентификационная система AIS, навигационные карты, критическая информационная инфраструктура КИИ). 18 компаний-участников: ФГУП «Росморпорт», ООО «Газпром добыча шельф Южно-Сахалинск», АО «Концерн „Гранит-Электрон"», ООО «Фертоинг», ООО «Научно-исследовательский институт природных газов и газовых технологий — Газпром ВНИИГАЗ», ООО «Нефтегазперспектива», ООО «АМАРИНГО», ООО «Компания Технополь», ООО «Русская морская команда», АО «Красный дельфин», ООО «Подводные Дроны», ООО «Бот-Трейд» (бренд: Fortis, Fortis Marine), ООО «Стеор — Навигационные системы будущего», ООО «СМЕЛКОМ РОБОТИКС», ООО «НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ КОМПАНИЯ СИ ПЛАЗ». Типовой артефакт: Техусловия интеграции, модель угроз, протоколы обмена, акты стыковки. Типовой результат / метрика: Число интеграций, кибер-устойчивость, проходимость согласований.

L05 — Заказ миссии "под ключ": Пятая транзакция (5,2% рынка, 5,68 млрд руб.) — заказ сервисных услуг (обследование трубопроводов, поиск объектов, мониторинг акваторий, инспекция сооружений, подводно-технические работы) от конечных заказчиков (С01, С03–С09) к операторам МРТК (О01). 4 компании-оператора: ООО «Газпром добыча шельф Южно-Сахалинск», ФГУП «Росморпорт», ООО «Подводные технологии и ремонт — центр передового опыта», ООО «Научно-исследовательский институт природных газов и газовых технологий — Газпром ВНИИГАЗ». Типовой артефакт: Договор на услугу, ТЗ миссии, SLA, отчёт/акт. Типовой результат / метрика: SLA, стоимость миссии, производительность/сутки, HSE.

Прочие значимые цепочки кооперации:

L06 — Финансирование НИОКР и серийности (5,1%, 5,55 млрд руб.): грантовое соглашение/кредит/лизинг от институтов развития (Е01) к производителям (Р01–Р06) и операторам (О01/О03). 2 компании: АО «ОСК», АО «ЦКБ МТ Рубин»

L07 — Эксплуатационная инфраструктура (3,8%, 4,14 млрд руб.): проект/поставка инфраструктуры (базы, док-станции, зарядные хабы) от производителей инфраструктуры (P05) к операторам инфраструктуры (O03). 6 компаний: ООО «Газпром добыча шельф Южно-Сахалинск», ФГУП «Росморпорт», ООО «Научно-исследовательский институт природных газов и газовых технологий — Газпром ВНИИГАЗ», ООО «АМАРИНГО», ООО «СМЕЛКОМ РОБОТИКС», Blue Stream Pipeline Company B.V.

L08 — Контракт жизненного цикла (MRO/ЗИП/ремонт) (3,4%, 3,73 млрд руб.): договор ТОиР, регламент, склад ЗИП, сервисные КРП от сервисных организаций (O04) к производителям OEM (P01–P03). 16 компаний

L09 — Испытания и подтверждение сценариев применения (3,0%, 3,27 млрд руб.): программа/протокол испытаний, отчёт, сертификат/заключение от производителей и операторов (P01–P06, O01–O03) к испытательным центрам (E04). 6 компаний: АО «ЦКБ МТ Рубин», ФГУП «Крыловский ГНЦ», ООО «Научно-производственный холдинг „Пигмент"», АО «НПП ПТ „Океанос"», ФГАОУ ВО СПбГЭТУ «ЛЭТИ», АНО «НПЦ „Ушкуйник"»

L10 — Поставка платформы оператору (флот для сервиса) (1,7%, 1,79 млрд руб.): контракт «поставка+ввод» от производителей (P01–P04) к операторам сервиса (O01/O02). 14 компаний

Итоговая оценка масштаба кооперации

Общий оборот цепочек кооперации: ~108,7 млрд руб. (по оценке экспертов НТИ Маринет). Количество участников в ключевых цепочках: более 50 компаний и организаций

Ключевые узлы кооперации (хабы): АО «ОСК» (интеграция кораблестроения), АО «ЦКБ МТ Рубин» (НИОКР и производство АНПА/ТНПА), ФГУП «Крыловский ГНЦ» (НИОКР и испытания), Sitronics KT (системная интеграция и ЦДУ), Концерн «Гранит-Электрон» (компонентная база: связь, навигация, гидроакустика), Холдинг КМЗ (производство БЭК, MRO), ФГУП «Росморпорт» (интеграция в портовую инфраструктуру), ООО «Газпром добыча шельф Южно-Сахалинск» (эксплуатация на шельфе)

Мировые кейсы: и перспективы для российского рынка

Анализ 42 референсных кейсов применения МРТК в 2023-2025 годах (Приложение 1.06) позволяет выделить три ключевых тренда, определяющих траекторию развития глобальной индустрии и формирующих набор императивов для российских участников рынка: (1) переход от продажи «железа» к сервисным моделям (as-a-service, subscription, outcome-based contracts), где стоимость аппарата составляет 7-10% lifetime value заказчика; (2) регуляторные песочницы как катализатор коммерциализации (временное освобождение от части требований для пилотных проектов ускоряет вывод инноваций на рынок в 2-3 раза); (3) resident-системы и инфраструктура постоянного базирования как ответ на дефицит квалифицированных операторов и требования 24/7 доступности. Ниже представлены шесть кейсов, каждый из которых содержит критически важные уроки для России.

Neptune Robotics: монетизация через as-a-service вместо продажи ROV

Контекст: Neptune Robotics (США) в 2025 году привлекла \$52 млн инвестиций Series B от Granite Asia и заключила стратегический контракт с NYK Line (Japan) на as-a-service обслуживание судов для очистки корпусов. Вместо продажи ROV стоимостью \$150-300 тыс./ед. Neptune предлагает subscription-модель: заказчик платит фиксированную месячную плату (\$8-15 тыс./судно) за круглосуточную готовность выполнить очистку корпуса в любом из 24 портов (где Neptune разместила свои ROV и операторов). Экономика для заказчика: сокращение расходов на очистку на 15-20% vs традиционные водолазные услуги (\$30-50 тыс./очистка, 3-4 раза/год), сокращение времени простоя с 6-8 часов до 2-3 часов (ROV работает быстрее водолазов), предиктивная аналитика: AI-алгоритмы Neptune анализируют данные с камер ROV и рекомендуют оптимальное время следующей очистки (до появления биообрастания, снижающего экономичность на 10-15%).

Ключевой инсайт: изменение юнит-экономики — Neptune зарабатывает не на продаже ROV (маржа 30-40%, но разовая транзакция), а на многолетних контрактах (маржа 20-25%, но recurring revenue с LTV в 10-15 раз выше стоимости ROV). За 3 года один ROV генерирует \$300-450 тыс. выручки (\$8-12 тыс./мес. × 36 мес.) при себестоимости ROV + инфраструктуры ~\$150 тыс. ROI — 150-200% за 3 года. Критически важно: заказчик не несёт капиталовложений (не покупает ROV, не создаёт инфраструктуру, не нанимает операторов), что снижает порог входа и ускоряет принятие решения с 12-18 месяцев (при покупке CAPEX) до 2-4 недель (subscription).

Применимость к России: модель Neptune Robotics полностью реплицируема для SC-AQU-02 (мониторинг и очистка сетей в аквакультуре), SC-CON-03 (инспекция портовой инфраструктуры), SC-ENG-03 (патрулирование трубопроводов). Пример: российский оператор размещает ROVBUILDER РБ-600 (стоимость 15 млн руб.) на базе аквакультурного кластера (Мурманск — 15 хозяйств в радиусе 200 км) и предлагает subscription 300-500 тыс. руб./хозяйство/год за еженедельный видеомониторинг сетей, экстренный вызов при разрыве сети, квартальный отчёт с

AI-аналитикой состояния биообращения. При загрузке 8-10 хозяйств годовая выручка 2,4-5 млн руб., окупаемость инвестиций в ROV + инфраструктуру — 2-3 года, LTV заказчика за 5 лет — 1,5-2,5 млн руб. vs разовая продажа ROV за 15 млн руб. одному заказчику.

Барьеры для России: отсутствие culture of subscription в B2B-сегменте (заказчики привыкли к модели CAPEX — покупка оборудования, амортизация 5-10 лет), дефицит операторов для обеспечения 24/7 готовности (Neptune нанимает локальных операторов с обучением 3-6 месяцев, в России нет центров подготовки), сложность получения проектного финансирования для операторов (банки не понимают экономику subscription-моделей, требуют залоги).

Candela P-12: регуляторная песочница как акселератор коммерциализации

Контекст: Candela P-12 (Швеция) — электрический катамаран на подводных крыльях (hydrofoiling) для 46 пассажиров с автономией MASS Level 3 (автопилот с дистанционным надзором) — запущен в коммерческую эксплуатацию в Стокгольме в 2025 году после 18 месяцев пилотирования в регуляторной песочнице шведского Транспортного агентства. Ключевые параметры: снижение энергопотребления на 80% vs традиционные паромы (за счёт hydrofoiling — корпус поднимается над водой на скорости >15 узлов, сопротивление воды падает в 5-7 раз), скорость 30 узлов (vs 12-15 узлов у дизельных паромов), 10 минут на маршрут (vs 45 минут на автомобиле в пробках), стоимость билета €5-7 (vs €3-4 на традиционном пароме, премия 40-50% за скорость и комфорт). Экономика: Candela производит P-12 серией 50 ед./год (цена €1,8-2,2 млн/ед.), операторы окупают инвестиции за 3-4 года при загрузке >60%, break-even — 15-20 пассажиров/рейс при 100 рейсах/день.

Ключевой инсайт: регуляторная песочница критически ускорила коммерциализацию — шведское Транспортное агентство временно освободило Candela от части требований (например, обязательный капитан + механик на борту → только 1 капитан-оператор, упрощённая процедура лицензирования пассажирских перевозок) на период пилота 18 месяцев с условием жёсткого мониторинга безопасности (обязательные отчёты о каждом инциденте, 100% видеозапись всех рейсов, регулярные инспекции). После подтверждения 0 серьёзных инцидентов за 10 000 рейсов регулятор выдал постоянную лицензию и включил опыт Candela в обновление национальных стандартов пассажирских автономных судов (precedent для других операторов).

Применимость к России: немедленно реплицируемо для SC-TOU-01 (водная мобильность boat-sharing). Предлагаемый механизм: Минтранс РФ + Росморречфлот создают 3-5 регуляторных песочниц в прибрежных городах (Санкт-Петербург, Сочи, Владивосток, Казань, Нижний Новгород) с временным освобождением от части требований КТМ РФ и Правил плавания на ВВП на срок 2 года для операторов, соответствующих критериям: (1) fleet size <10 судов, (2) маршруты <50 км в прибрежной зоне, (3) пассажировместимость <50 человек, (4) наличие системы автошвартовки и AI COLREGS, (5) страхование ответственности ≥50 млн руб. По итогам пилота — включение успешного опыта в новую редакцию

КТМ РФ (планируется 2026-2027). Ожидаемый эффект: сокращение времени от прототипа до коммерческой эксплуатации с 5-7 лет (текущая траектория без песочницы) до 2-3 лет (с песочницей).

Барьеры для России: консерватизм регуляторов (опасение ответственности за инциденты в песочнице), отсутствие методик оценки безопасности AI-алгоритмов автономии (как доказать, что COLREGS Level 3-4 безопаснее человека-капитана?), дефицит страховых продуктов для пилотных проектов (западные страховщики отказываются из-за санкций, российские — из-за отсутствия статистики рисков).

Equinor Hydrone-R: resident-системы как решение дефицита операторов

Контекст: Equinor (Норвегия) развернула в 2025 году resident-систему Hydrone-R на платформе Njord (Норвежское море, глубина 330 м): подводный гараж с ROV, постоянно базирующимся на морском дне в 240 м от платформы. При получении сигнала тревоги (утечка, аномальные вибрации, отклонение температуры) ROV автоматически выходит из гаража, проводит инспекцию (HD-видео, ультразвуковой контроль UT), передаёт данные на платформу через подводный оптоволоконный кабель, возвращается в гараж для автономной зарядки. Время реакции на инцидент: 2-4 часа (vs 24-48 часов для традиционного ROV, который нужно доставить на судне с береговой базы). Экономика: капиталовложения в Hydrone-R — €10-15 млн (ROV + гараж + инфраструктура), экономия операционных расходов — €3-5 млн/год (сокращение судно-суток ROV-судна с 30-40 суток/год до 5-10 суток/год для сложных работ, сокращение простоя платформы из-за быстрой реакции на инциденты), окупаемость — 3-4 года.

Ключевой инсайт: resident-системы радикально меняют экономику оффшорного обслуживания — от модели mobilization-intensive (каждая миссия требует мобилизации судна, экипажа, ROV — стоимость мобилизации \$50-150 тыс., срок 2-7 дней) к модели always-ready (система постоянно на месте, готова к миссии 24/7, стоимость запуска ~\$5-10 тыс. в электроэнергии и амортизации). Критически важно: resident-системы не требуют операторов на судне (управление ведётся из береговых ROC — Remote Operations Centers, где 1-2 оператора могут управлять 3-5 resident-системами одновременно), что решает проблему дефицита квалифицированных offshore-операторов (глобальная проблема: зарплата offshore-оператора ROV \$80-120 тыс./год, дефицит ~30% вакансий).

Применимость к России: критически важно для SC-ENG-05 (IMR нефтегазовых активов на Сахалине, в Арктике, на Каспии). Кейс для Газпрома: развёртывание 2-3 resident-систем на ключевых подводных объектах Сахалина (трубопроводы, манифольды, wellheads) с общим бюджетом 3-5 млрд руб. (включая ROC в Южно-Сахалинске) позволит сократить расходы на ROV-услуги на 40-60% (текущие расходы ~8-12 млрд руб./год на IMR через западных операторов Oceanengineering, Saipem — после санкций цены выросли на 200-300% из-за рисков и логистики). Дополнительный эффект: снижение простоя платформ на 30-40% за счёт быстрой реакции на инциденты (каждый день простоя платформы — потери >\$1 млн).

Барьеры для России: отсутствие российских Work-Class ROV для resident-систем (требуется глубина >1000 м, автономная стыковка с гаражом, надёжность >5000 часов MTBF — российские разработки TRL 4-5), отсутствие подводных коннекторов и систем индуктивной зарядки (95% импорт, поставки прекращены), отсутствие методик сертификации resident-систем в Ростехнадзоре (DNV имеет стандарты, но взаимное признание с Россией прекращено).

Singapore Navy MARSEC: военные технологии для коммерческого рынка

Контекст: ВМС Сингапура в 2025 году завершили программу MARSEC USV — развёртывание 4 автономных патрульных катеров длиной 36 м для круглосуточного патрулирования акватории портов Сингапура (площадь 1000 км²). Ключевые параметры: автономия MASS Degree 4 (полная автономия без экипажа на борту, управление из берегового ROC), AI COLREGS для предотвращения столкновений, 360° видеонаблюдение + радар + AIS для обнаружения нарушителей, автономность 36 часов без дозаправки. Экономика: стоимость программы — \$16,9 млн (разработка + 4 USV + ROC), экономия операционных расходов — 25% vs экипажные патрульные катера (исключение зарплат 3 смен экипажа по 8-12 человек). Критически важно: после 2 лет успешной эксплуатации в военном контексте технологии MARSEC коммерциализируются для гражданского рынка — Singapore Port Authority заключила контракт на 10 USV для патрулирования коммерческих портов к 2027.

Ключевой инсайт: dual-use траектория (военные разработки → коммерциализация для гражданского рынка) — эффективная стратегия для стран с высокими оборонными бюджетами. Военное финансирование покрывает риски НИОКР (государство готово инвестировать в TRL 3-4 → TRL 7-8 без требований немедленной окупаемости), после подтверждения надёжности в военном контексте (жёсткие требования безопасности, тысячи часов эксплуатации) технологии легко сертифицируются для гражданского применения (регуляторы доверяют военным стандартам). Dual-use снижает стоимость коммерческих USV на 30-50% (за счёт амортизации НИОКР на военных контрактах).

Применимость к России: прямая репликация для SC-SEC-02 (патрулирование портов, критической инфраструктуры). Механизм: МО РФ + ФСБ финансируют разработку БЭК «Патруль-М» (Medium USV 25-30 м, MASS Degree 3-4, автономность 48 часов, anti-jamming GPS) с бюджетом 3-5 млрд руб. на НИОКР + первую серию 10 ед. для ВМФ/береговой охраны. После 2-3 лет военной эксплуатации (подтверждение надёжности >10 000 часов) технологии передаются коммерческим операторам (Sitronics KT, «Си Проект») для производства гражданских версий по цене 50-100 млн руб./ед. (vs 150-200 млн руб. при разработке с нуля коммерческими компаниями). Государственный заказ на 50-100 БЭК для Росморпорта (патрулирование 20 крупнейших портов) обеспечивает предсказуемый спрос для масштабирования производства.

Барьеры для России: отсутствие координации между МО РФ и Минпромторгом (военные разработки классифицируются, не передаются на гражданский рынок), отсутствие программ dual-use в бюджете (военные НИОКР и гражданские НИОКР

финансируются отдельно, нет синергии), санкции ограничивают экспорт военных технологий, что снижает экономику масштаба.

TASA Peru: коммерческое рыболовство + USV для survey как новая бизнес-модель

Контекст: TASA (Перу, крупнейший производитель рыбной муки) в 2019-2022 развернула программу Guardian del Mar: USV длиной 48 м с многолучевым эхолотом Kongsberg ES80 для батиметрической съёмки рыболовных зон. Цель — не просто поймать рыбу, а оптимизировать промысел через точное картирование косяков анчоуса в реальном времени. USV патрулирует зону 24/7, передаёт данные на флот рыболовных судов TASA (50+ судов), которые получают координаты косяков с точностью до 0,6 м и оптимальную глубину установки сетей. Экономика: USV + эхолот — капиталовложения ~\$5-7 млн, прирост уловистости флота TASA — +8-12% за счёт точного наведения на косяки (vs традиционный метод «поиска наугад»), экономия топлива — 15-20% (суда не тратят время на поиск, идут по прямой к координатам USV), окупаемость — 1,5-2 года. Дополнительный эффект: данные батиметрии TASA продаёт перуанскому правительству для обновления морских карт (дополнительная выручка \$400-600 тыс./год).

Ключевой инсайт: гибридная бизнес-модель — MPTK используется не только для собственных операций (рыболовство), но и как источник данных для монетизации (продажа гидрографии государству, продажа прогнозов миграции рыбы другим компаниям). TASA доказала, что CAPEX на USV окупается быстрее при multi-purpose использовании: основной ROI — от оптимизации промысла, дополнительный ROI — от продажи данных. Критически важно: TASA не развивала технологии с нуля (купила готовый USV у ASV Global UK + эхолот Kongsberg), а сфокусировалась на бизнес-логике применения и интеграции данных в операции флота.

Применимость к России: прямая репликация для SC-FSH-01 (промысловая разведка). Кейс для ФГУП «ВНИРО» или коммерческих рыбопромысловых компаний (НБАМР, ПБКМ): развёртывание 3-5 БЭК Small-Medium (длина 8-15 м, стоимость 30-50 млн руб./ед.) с российскими MBES (Sitronics, H300 — разрешение 0,5-1 м) для постоянного мониторинга промысловых зон Дальнего Востока, Баренцева моря. Основной ROI — прирост уловистости флота на 10-15% (при обороте рыбопромысловой компании 10-20 млрд руб./год прирост выручки 1-3 млрд руб./год). Дополнительный ROI — продажа данных Росгидромету для обновления карт (текущий рынок гидрографических услуг в России ~3-5 млрд руб./год, потребность в обновлении карт прибрежных районов — 50-100 тыс. км² к 2030). Окупаемость инвестиций в БЭК + MBES — 6-12 месяцев.

Барьеры для России: низкая готовность рыбопромысловых компаний инвестировать в технологии (консервативная отрасль, предпочитают традиционные методы), отсутствие российских MBES с разрешением, достаточным для промысловой разведки (требуется <0,5 м, текущие российские — 0,5-1 м), отсутствие механизмов монетизации данных (Росгидромет не имеет бюджета на закупку гидрографии у частных операторов).

Remora Robotics: AI + aquaculture как killer use case

Контекст: Remora Robotics (Исландия) в 2025 году привлекла \$16 млн Series A для масштабирования продаж роботов-краулеров для автоматической очистки сетей аквакультурных садков. Ключевое отличие от конкурентов (Ultra AQ, Moen Marin) — AI-алгоритмы предиктивного обслуживания: вместо реактивной очистки (садок загрязнился → вызов робота) Remora анализирует температуру воды, течение, сезон, историю биообрастания и предсказывает оптимальное время очистки (до того, как биообрастание снизит проток воды и ухудшит здоровье рыбы). Девиз компании: «from reactive to predictive». Экономика для заказчика: робот Remora — €1,2-1,5 млн/ед. (vs €1,8-2,2 млн у Ultra AQ), окупаемость — 1,5-2 года (экономия на водолажном труде €500-800 тыс./год), снижение смертности рыбы на 10-15% за счёт превентивной очистки (vs реактивной, когда биообрастание уже ухудшило условия).

Ключевой инсайт: AI как дифференциатор — в сегменте, где hardware становится commodity (китайские производители выходят с роботами-краулерами по цене \$300-500 тыс. vs \$1-1,5 млн западные), победитель определяется software и сервисами. Remora продаёт не робота, а subscription на AI-аналитику (\$50-80 тыс./год/хозяйство) + hardware (лизинг робота включён в subscription). Критически важно: Remora не разрабатывала робота с нуля (использует китайское шасси), а сфокусировалась на AI-алгоритмах и интеграции с данными хозяйств (температура воды, биомасса рыбы, история кормления).

Применимость к России: немедленно реплицируемо для SC-AQU-02. Механизм: российский стартап (или ROVBUILDER/Indel Partner) лицензирует/адаптирует китайское шасси робота-краулера (стоимость \$200-400 тыс.), разрабатывает российскую AI-платформу (прогнозирование биообрастания на базе данных российских хозяйств — климат, температура воды, виды рыбы отличаются от норвежских/исландских, западные алгоритмы неприменимы), предлагает subscription-модель: 1,5-2 млн руб./хозяйство/год (робот в лизинге + AI-аналитика + техническое обслуживание). При захвате 20-30 хозяйств к 2028 (из 100-150 средних и крупных хозяйств в России) годовая recurring revenue — 30-60 млн руб., EBITDA margin — 30-40%.

Барьеры для России: отсутствие данных российских хозяйств для обучения AI-моделей (западные компании накопили 5-10 лет данных, российские хозяйства не ведут цифровой учёт), низкая готовность хозяйств делиться данными (опасение конкурентного преимущества), отсутствие специалистов по AI для аквакультуры (нишевая компетенция на пересечении marine robotics + ML + aquaculture biology).

Выводы для российского рынка

Анализ кейсов выявляет пять императивов для успешной коммерциализации МРТК в России:

1. Приоритет сервисных моделей над продажей

«железа»: Neptune Robotics, Remora доказывают, что recurring revenue (subscription, as-a-service) генерирует LTV в 10-15 раз выше стоимости аппарата при сопоставимой маржинальности (20-30% EBITDA margin у сервисов vs 30-40% gross margin у производителей hardware, но у сервисов multi-year contracts). Действие для России: стимулирование операторов ICP2 к переходу на as-a-service через субсидирование лизинговых платежей (50% первые 2 года) и гарантийные контракты государственных заказчиков ICP1 (обязательство закупать услуги на 3-5 лет вперёд, что позволяет операторам привлекать проектное финансирование).

2. Регуляторные песочницы как обязательный

инструмент: Candela P-12 доказывает, что песочницы сокращают time-to-market в 2-3 раза (2-3 года с песочницей vs 5-7 лет без). Действие для России: создание 3-5 регуляторных песочниц (Санкт-Петербург, Сочи, Владивосток, Казань, Нижний Новгород) с временным освобождением от части требований КТМ РФ на 2 года для операторов, соответствующих критериям безопасности + жёсткий мониторинг (обязательная видеозапись всех миссий, ежеквартальные отчёты о безопасности).

3. Resident-системы для решения дефицита

операторов: Equinor Hydrone-R демонстрирует радикальное изменение экономики (сокращение операционных расходов на 40-60%, сокращение времени реакции на инциденты с 24-48 часов до 2-4 часов) и решение проблемы дефицита квалифицированных offshore-операторов. Действие для России: целевая программа НИОКР «Resident-системы для нефтегаза» с финансированием 3-5 млрд руб. (2026-2030) на разработку российских Work-Class ROV + подводных гаражей + систем индуктивной зарядки для глубин 1000-3000 м.

4. Dual-use траектория (военное → гражданское):

Singapore MARSEC показывает эффективность стратегии, где военные бюджеты покрывают риски НИОКР, а после подтверждения надёжности технологии коммерциализируются для гражданского рынка со снижением стоимости на 30-50%. Действие для России: создание программы dual-use в рамках ГОЗ (государственный оборонный заказ) с обязательством военных заказчиков передавать технологии на гражданский рынок через 2-3 года после завершения военных испытаний (при условии рассекречивания).

5. AI и данные как ключевые дифференциаторы:

Remora Robotics, TASA Peru доказывают, что в условиях коммодитизации hardware

(китайские производители выходят с дешёвыми аналогами) побеждают компании, фокусирующиеся на software, AI-аналитике, монетизации данных. Действие для России: создание национальной платформы данных морской робототехники (батиметрия, метеоданные, траектории судов, гидрография) с открытым API для разработчиков AI-сервисов, субсидирование стартапов, разрабатывающих AI для МРТК (гранты 10-30 млн руб. на разработку алгоритмов COLREGS, предиктивного обслуживания, оптимизации промысла).

Выводы по кейсам

Успешные мировые кейсы демонстрируют, что технологическая готовность МРТК (TRL 7-8) — необходимое, но недостаточное условие коммерциализации. Решающие факторы — регуляторная поддержка (песочницы, временные освобождения, быстрая сертификация), финансовые инструменты (лизинг, проектное финансирование для операторов), переход к сервисным моделям (subscription, as-a-service) и инвестиции в AI/данные (дифференциация от дешёвых hardware-конкурентов). Россия имеет технологическую базу для репликации этих кейсов, но критически отстаёт в регуляторной и финансовой инфраструктуре.