

УДК 339.13.017

А.А. Кабанов, А.В. Малов

ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет», Севастополь,
email: antonmalov96@yandex.ru

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ РЫНКА ГИДРОАКУСТИЧЕСКИХ МОДЕМОВ В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Ключевые слова: подводная робототехника, анализ рынка, гидроакустический модем.

Данная статья посвящена исследованию особенностей, тенденций и факторов развития рынка гидроакустических модемов Российской Федерации. На данном этапе развития российский рынок гидроакустических модемов является олигополизированным ввиду введенных в 2022 году санкций. Данный факт актуализирует целесообразность анализа рынка гидроакустических модемов с точки зрения оценивания перспективы занять конкурентные позиции на быстрорастущем рынке. Кроме того, необходимость исследования рынка обусловлена широким распространением направлений ее использования.

A.A. Kabanov, A.V. Malov

FSAEI HE Sevastopol state university, Sevastopol, email: antonmalov96@yandex.ru

PROSPECTS FOR THE DEVELOPMENT OF THE HYDROACOUSTIC MODEM MARKET IN THE RUSSIAN FEDERATION

Keywords: underwater robotics, market analysis, hydroacoustic modem.

This article is devoted to the study of features, trends and development factors of the hydroacoustic modem market in the Russian Federation. At this stage of development, the Russian market for hydroacoustic modems is oligopolized due to the sanctions imposed in 2022. This fact actualizes the expediency of analyzing the market for hydroacoustic modems in terms of assessing the prospects for taking a competitive position in a rapidly growing market. In addition, the need for market research is due to the wide spread of directions for its use.

Рынок гидроакустической связи можно назвать зрелым, так как начало развитию гидроакустики было положено еще в 15 веке [1]. На данном этапе развития производители гидроакустических модемов конкурируют между собой в рамках увеличения рабочей глубины, рабочего диапазона и скорости передачи информации. Ввиду санкционного давления на РФ рынку стали недоступны многие товары, в том числе высокотехнологичные [2]. В связи с тем, что рынок гидроакустической связи используется во многих секторах экономики, которые так или иначе связаны с водной средой, возникает дефицит предложения, удовлетворить который не способны российские компании. Также стоит задача снизить стоимость разработки платформы морского интернета вещей, предоставив конкурентоспособный гидроакустический модем на рынке. Данные проблемы обусловили актуальность выбранной темы.

Обзор литературы

Проанализировав литературу, можем сделать вывод, что проблема исследования особенностей, тенденций и факторов развития рынка гидроакустических модемов не поднималась. В работах зарубежных авторов можно отметить ряд публикаций, которые посвящены отчетам о рынке подводной акустической связи различными консалтинговыми компаниями [3,4,5], исследованиям систем сбора данных [6], исследования гидроакустического мониторинга [7], работы, посвященные современному состоянию производства и факторам развития подводной робототехники в России [8, 9].

Цель исследования

Целью исследования является определение направлений развития рынка гидроакустических модемов на рынке РФ в условиях дефицита предложения. Для достижения цели поставлены следующие задачи:

- представить описание продукта и рынка гидроакустических модемов;
- определить отрасли применения гидроакустических модемов;
- проанализировать мировой рынок гидроакустических модемов;
- выделить тенденции развития рынка;
- проанализировать предложение на российском рынке;
- предложить пути развития рынка гидроакустических модемов в России.

Научная новизна исследования состоит в определении основных направлений развития рынка гидроакустических модемов в России на основании анализа мировых тенденций и исследования основных направлений их использования.

Методы исследования

В основу исследования легли как общенаучные, так и специальные методы познания. Полученные данные представляют собой комбинацию вторичных и первичных источников. Первичные источники включают в себя изучение мнений профессионалов и ученых, которые имеют квалификацию и опыт работы на рынке гидроакустических модемов. Вторичные источники включают различные каталоги, отраслевые порталы, статьи, официальные документы, информационные бюллетени, годовые отчеты и базы данных для выявления и сбора информации для обширной подготовки технических и коммерческих исследований. В исследовании использовались статистические методы для оценки спроса и предложения. Дополнительно был использован метод сравнения при описании актуальных аппаратов на рынке гидроакустических модемов.

Описание продукта и рынка гидроакустических модемов

Подводная акустическая связь – это метод отправки и приема сигналов под водой. На данном этапе развития, при проведении исследований и работ различного назначения, подводная гидроакустика выполняет функцию локации и связи. Несмотря на кратный рост рынков теле- и радиокommunikаций, их применение в водной среде ограничено. Подводная акустическая связь отличается от наземной связи тем, что в ней используются акустические вол-

ны, а не электромагнитные сигналы. Использование приборов гидроакустики позволяет получать информацию практически на любой глубине, причем развитие данной технологии уже сейчас позволяет получить изображение с разрешением в несколько сантиметров.

По назначению, месту расположения на носителе и виду выполняемых работ весь ряд гидроакустических приборов и устройств можно разделить на несколько групп:

- гидроакустические комплексы (гидроакустическая станция, гидроакустический буй и т.п.);
- гидролокаторы (в т.ч. эхолоты);
- гидрофоны;
- профилографы морского дна
- гидроакустические системы позиционирования
- гидроакустические модемы [на основании 1,10,11,12,15].

Развитие подводных исследований, особенно в целях защиты окружающей среды, стимулирует мировой рынок подводной акустической связи. Ожидается, что развертывание подводных акустических датчиков для измерения различных степеней загрязнения, таких как химические, биологические и радиоактивные загрязнители, поможет удовлетворить спрос на технологии подводной акустической связи. Подводные акустические процессоры цифровых сигналов [14] и связь – это область прикладных исследований, в которой наблюдается значительный прогресс. Хотя существует множество методов ввода в эксплуатацию подводной акустической связи, наиболее часто используются гидрофоны. Подводная связь сталкивается с рядом препятствий, включая колебания времени канала, ограниченную текущую полосу пропускания, многолучевое распространение и затухание сигнала на большом расстоянии, и все это можно преодолеть с помощью акустической связи. Растущая актуальность надежной и безопасной связи для конечных пользователей в вооруженных силах и службах национальной безопасности стимулирует рынок подводной акустической связи. Более широкое использование подводных акустических модемов в военноморской обороне способствует расширению рынка.

В Российской Федерации действует ГОСТ 22547-81 Средства гидроакустические. Термины и определения [15]. Данный документ вводит понятие «гидроакустика» и термины общих понятий, которые используются в гидроакустике. Однако в связи с тем, что данный документ был введен еще в СССР, ГОСТ требует множества доработок и дополнений, которые бы отражали нынешнюю действительность.

Отрасли применения гидроакустических модемов

Рассматривая спрос на гидроакустические модемы в РФ и мире, можно сделать вывод, что средства гидроакустической связи используются практически во всех сферах морской промышленности. На основании этого можно сделать вывод, что гидроакустические модемы могут быть интересны следующим компаниям:

- судоходные компании;
- компаниям, занимающимся поиском, добычей и транспортировкой полезных ископаемых;
- научным организациям;
- компаниям, деятельность которых связана с рыболовством и выращиванием аквакультур;
- службам метрологии и экологического мониторинга;
- компаниям, предоставляющим услуги навигации;
- системы поиска и спасения;
- компании мониторинга морской среды и сенсорной сети (Marine Environment Monitoring and Sensor Network);
- иные потребители, понимание о которых еще не сложилось.

Системы гидроакустической связи, также могут применяться как технологии двойного назначения.

Мировой рынок гидроакустических модемов

Акустические модемы доминировали на рынке подводной акустической связи с выручкой в размере 566,3 млн долларов в 2021 году и, по прогнозам, достигнет 1083,6 млн долларов к 2027 году, а также должен стать самым быстрорастущим сегментом со среднегодовым темпом роста 11,6% в течение

периода 2022-2027 [13]. Подводные акустические модемы используются для отправки и приема сигналов связи. Подводные акустические модемы преобразуют цифровые сигналы в уникальные звуковые волны, которые можно передавать под водой, обеспечивая подводную связь. Подводные модемы работают, модулируя и демодулируя сигналы связи под поверхностью воды, что отличается от того, что происходит на суше. Участники рынка подводных модемов разрабатывают инновационные технологии для повышения качества беспроводной передачи данных под водой. В июле 2021 г. Popoto Modem, американский производитель компактных, недорогих, мощных и универсальных подводных устройств связи, объявил о выпуске версии 2.7 своего акустического модема. Новый модем разработан в соответствии с отраслевым стандартом для недорогих, небольших, совместимых с JANUS подводных операций связи и управления. Эта обновленная версия от Popoto Modem обеспечивает расширенные функции и упрощает развертывание как в OEM, так и в полностью закрытых конфигурациях.

На рис. 1 представлены основные производители гидроакустических модемов в мире. Индекс концентрации (CR) равен 61,70%, что говорит о том, что рынок умеренно концентрирован. Однако индекс Херфиндала-Хиршмана равен 1115,52, что говорит о том, что мировой рынок гидроакустических модемов более конкурентен, чем монополистичен.

Крупнейшими игроками на рынке являются компании Evologics, DiveNET, LinkQuest, Teledyne Benthos, Oceania. Если рассматривать российский рынок гидроакустических модемов, можно выделить UC&N и AQUA. Стоит отметить, что российский рынок гидроакустических модемов олигополистичен.

Рынок подводной акустической связи для военных и оборонных целей в 2021 году оценивался в 291,62 миллиона долларов, а в 2027 году планируется в 586,43 млн долларов США при среднегодовом темпе роста около 12,5% в течение периода 2022-2027 годов [13]. Растущая потребность в надежной дальней связи для передачи акустически за-

кодированных тактических сигналов от управляемой пользователем станции на подводную лодку или другое подводное оборудование является основным фактором, стимулирующим глобальный рынок подводной акустической связи. Ненадежные или небезопасные системы создают недопустимые риски, приводящие к потере активов и людей. Широкое разнообразие применений подводной акустической связи включает системы подводной связи, включая связь с АНПА, водолазные системы связи и так далее. Силы специального назначения используют эти передовые сети связи для разминирования и других военных операций. Подводные коммуникации и сети включают более современные технологии и инновации, чтобы повысить надежность развертывания крупномасштабных подводных сетей и подводной связи с высокой скоростью передачи данных. В марте 2022 года DSIT Solutions объявила о запуске WhitePointer, современной системы подводной акустической связи, которая обеспечивает одновременную связь между несколькими надводными и подводными платформами. Система основана на передовых подводных технологиях компании, которые обеспечивают сетевое общение между различными пользователями.

Тренд на рост рынка гидроакустической связи вынуждает производителей постоянно увеличивать технические характеристики создаваемых продуктов. В связи с тем, что отрасль является инновационной, производители не имеют возможности снижать издержки, а соответственно и цену своих продуктов. Сравнительный анализ гидроакустических моделей крупнейших производителей в РФ и мире представлен в таблице 1. В случаях, когда приведен диапазонный показатель, означает что производитель может предоставить мощность модема в зависимости от спецификации.

Из таблицы 1 можно сделать вывод, что модели модемов компании Evologics являются лидерами рынка по технологическим характеристикам, данный фактор является ключевым при выборе поставщика оборудования.

Тенденции развития рынка

Размер рынка подводной гидроакустической связи будет расти в среднем на 11,4% в год в течение 2022–2027 годов и достигнет 2 489 миллионов долларов. [13]. На рисунке 2 можем видеть прогнозируемый рост рынка гидроакустической связи в зависимости от региона.

Структура рынка гидроакустических модемов
в 2022 году

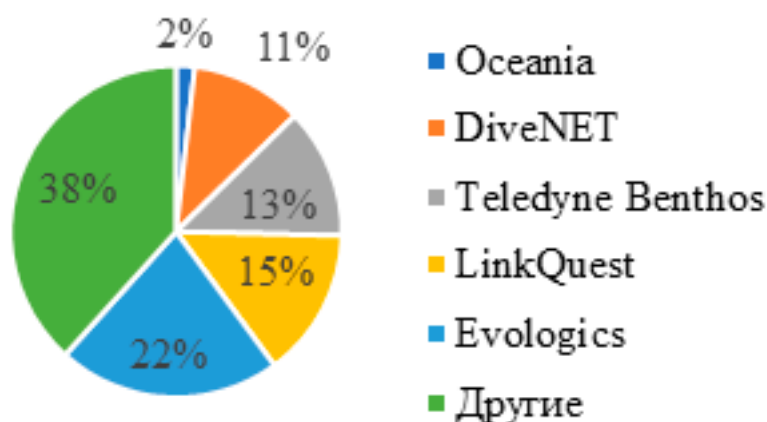


Рис. 1. Структура рынка гидроакустических модемов [16]

Таблица 1

Модели крупнейших производителей гидроакустических модемов

Модель	Компания	Страна	Рабочая глубина, м	Рабочий диапазон, м	Скорость передачи информации, килобит
S2C R WiSE Modems	Evologics	Германия	200-10000	1000-10000	6,9-31,2
Модем AQUA Op2	Aquatec group	США	3500	3000	1,275
Modem 6 (subsea)	Sonardyne	Великобритания	1000-5000	3000	10
Kongsberg cNODE Modem MiniS	KONGSBERG	Норвегия	4000	1000	0,16-11,7
Sealink	DiveNET	Филиппины	300-1000	1000-8000	1,4
GPM 300 ACOUSTIC MODEM	Oceania	США	1000	25000	1,23
UWM	LinkQuest	США	200-7000	350-10000	17,8
Гидроакустический модем ATM-28	AQUA	Россия	500	3500	4
Гидроакустический модем ATM-28OEM	AQUA	Россия	500	15000	1,7
Оптический подводный модем DeepLight	UC&N	Россия	1000	10*	4,68
Гидроакустический микромодем uWave	UC&N	Россия	300	1000	0,08

Примечание: * производитель заявляет, что в ближайшее время планируется существенное увеличение рабочего диапазона



Рис. 2. Прогноз размера рынка гидроакустической связи по регионам [13]

Североамериканский регион доминирует на рынке подводной акустической связи с выручкой в размере 447,3 млн долларов США в 2021 году, и, по оценкам, среднегодовой темп роста в 11,1% в течение прогнозируемого периода 2022-2027 годов приведет к получению выручки в размере 833,8 млн долларов США в 2027 году [13]. Ожидается, что Северная Америка имеет наибольшую долю рынка подводной акустической связи. Из-за растущих проблем с безопасностью в этих странах Соединенные Штаты используют беспилотные подводные аппараты (UUV) для различных оборонных мероприятий, таких как противолодочная война, безопасность и наблюдение. В результате ожидается, что растущая применимость БПА в оборонном и коммерческом секторах будет способствовать расширению рынка в Северной Америке. В январе 2021 года Управление военно-морских исследований США заключило с Advanced Acoustic Concepts LLC контракт на сумму 9,3 миллиона долларов на разработку технологий [18], позволяющих беспилотным подводным аппаратам идентифицировать и эксплуатировать объекты в глубоководных условиях океана. Эти типы государственных инвестиций продвигают рынок в этом регионе. Еще одним ключевым фактором является более широкое использование беспилотных и автономных подводных аппаратов (UUV и AUV), оснащенных улучшенными акустическими датчиками, для мониторинга и стратегических приложений, таких как наблюдение и выявление угроз. UUV и AUV в основном используются для операций по разведке природных подводных ресурсов и сбора данных в совместных миссиях по мониторингу.

Беспокойство по поводу безопасности, опасения по поводу оспариваемых территорий и угрозы привели к значительному увеличению глобальных расходов на оборону. Беспилотные летательные аппараты используются военными для противоминной защиты, быстрой оценки состояния окружающей среды, разведки, наблюдения, рекогносцировки, защиты гаваней и операций по очистке портов, а также для борьбы с подводными лодками. В результате в ближайшие годы беспилотные лета-

тельные аппараты, вероятно, будут чаще использоваться для борьбы с угрозами безопасности под водой, что приведет к росту мирового рынка. Основным фактором, стимулирующим развитие рынка подводной акустической связи, является все более широкое использование решений для подводной акустической связи морскими оборонными системами. Согласно отчету [17], опубликованному Стокгольмским международным институтом исследования проблем мира, глобальные военные расходы впервые превысят 2 триллиона долларов в 2021 году, что обусловлено увеличением расходов в Азии. Китай, потративший примерно 293 миллиарда долларов, и Индия, потратившая 76,6 миллиарда долларов, были ключевыми движущими силами развития в Азии и Океании. По данным SIPRI, военные расходы в регионе увеличились на 3,5%, больше, чем в Европе (3%), Африке (1,2%, на Ближнем Востоке (-3,3%) и в Америке (-1,2%). Долгосрочный рост рынка будет также обусловлен ожидаемым здоровым спросом на высокоскоростную и надежную связь для национальной безопасности и обороны.

Растущее значение акустической связи в проектах подводной разведки и в приложениях по охране окружающей среды открывает новые возможности. Ожидается, что акустические системы превзойдут традиционные технологии картирования морского дна и сбора данных в качестве системы предупреждения о подводных землетрясениях и цунами, а также для мониторинга подводного загрязнения и среды обитания. Химическое, биологическое и ядерное загрязнение можно отслеживать с помощью подводных акустических датчиков. Мониторинг океанских течений и ветров, улучшение прогнозирования погоды, обнаружение изменения климата, а также понимание и прогнозирование воздействия деятельности человека на морские экосистемы – все это примеры мониторинга окружающей среды. Мониторинг качества воды – еще одно применение подводной акустической связи, которое может оказать существенное влияние на управление аквакультурой, очистку сточных вод, питьевую воду и другие приложения. Ожидается,

что высокопроизводительные и надежные подводные акустические сети будут пользоваться большим спросом для поддержки научно-исследовательских инициатив, направленных на решение проблем, связанных с передачей сигналов данных через мелководные зоны.

Спрос и предложение, на российском рынке

Рынок инновационных товаров, работ и услуг в Российской Федерации с каждым годом растет, среднегодовой темп роста составляет 16,79% с 2010 года, что считается высоким показателем в условиях ограниченности привлечения инвестиционного капитала в российские разработки со стороны иностранных компаний. Данный рост обусловлен высоким уровнем инвестиций в инновационную сферу со стороны государства. Предполагается, что в 2025 году (рис. 3) объем отгруженных инновационных товаров, работ и услуг сможет достигнуть уровня 2021 года и составит 6 055 029,00 млн. руб.

Рынок гидроакустической связи является инновационной технологией, которая в дальнейшем имеет высокий потенциал развития. Рассматривая данный рынок, в рамках передовых производственных технологий, которые оценивает Росстат, его можно отнести к группе «Связь и управление».

Начиная с 2000 года среднегодовой темп роста количества разработанных передовых технологий по группе «Связь и управление» был на уровне 12,9%. Удельный вес данной группы в среднем составлял 13,13%. Стоит отметить, что начиная с 2017 года удельный вес находился выше уровня 15%. Предполагается, что количество разработанных технологий Связи и управления будет расти и в 2024 составит 202 единицы (рис. 4).

Можно сделать вывод, что рынок имеет средний потенциал роста, но государственный курс, направленный на импортозамещение, может выступить мощным драйвером роста для рынка.

На российском рынке гидроакустических модемов представлены две компании: UC&N и AQUA. Сравнивая данные компании с зарубежными конкурентами (табл. 1) можем сделать вывод, что компании придерживаются стратегии следования за конкурентом, что на данном инновационном рынке может быть неэффективным. Компаниям необходимо совершенствовать существующие модели модемов для повышения конкурентоспособности своих продуктов.

Рынок гидроакустических модемов можно назвать олигополистическим, в связи с этим рынок может быть привлекателен неограниченному числу инвесторов.

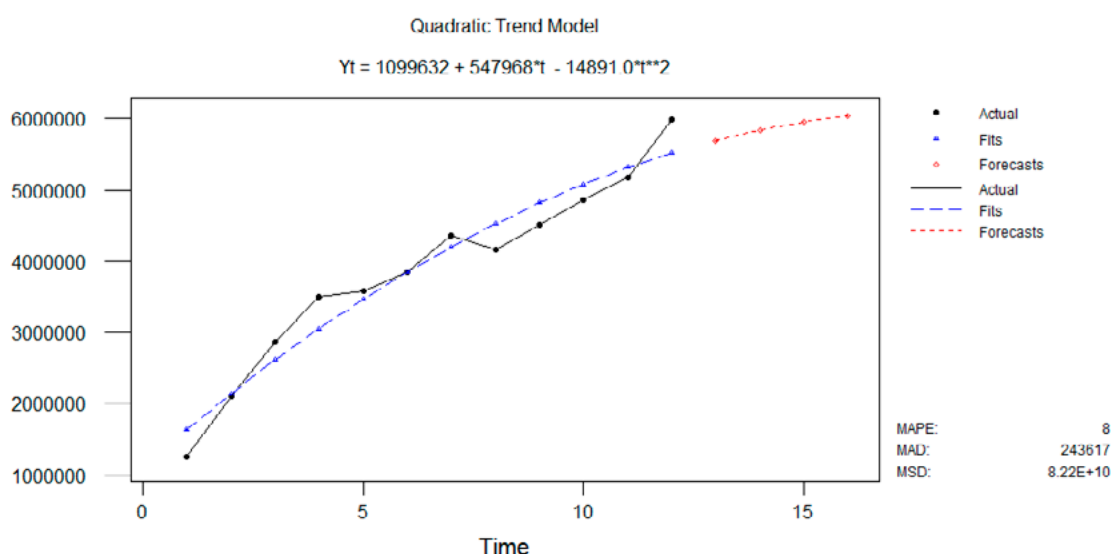


Рис. 3. Прогнозируемый объем отгруженных ТРУ в 2022-2025 гг.

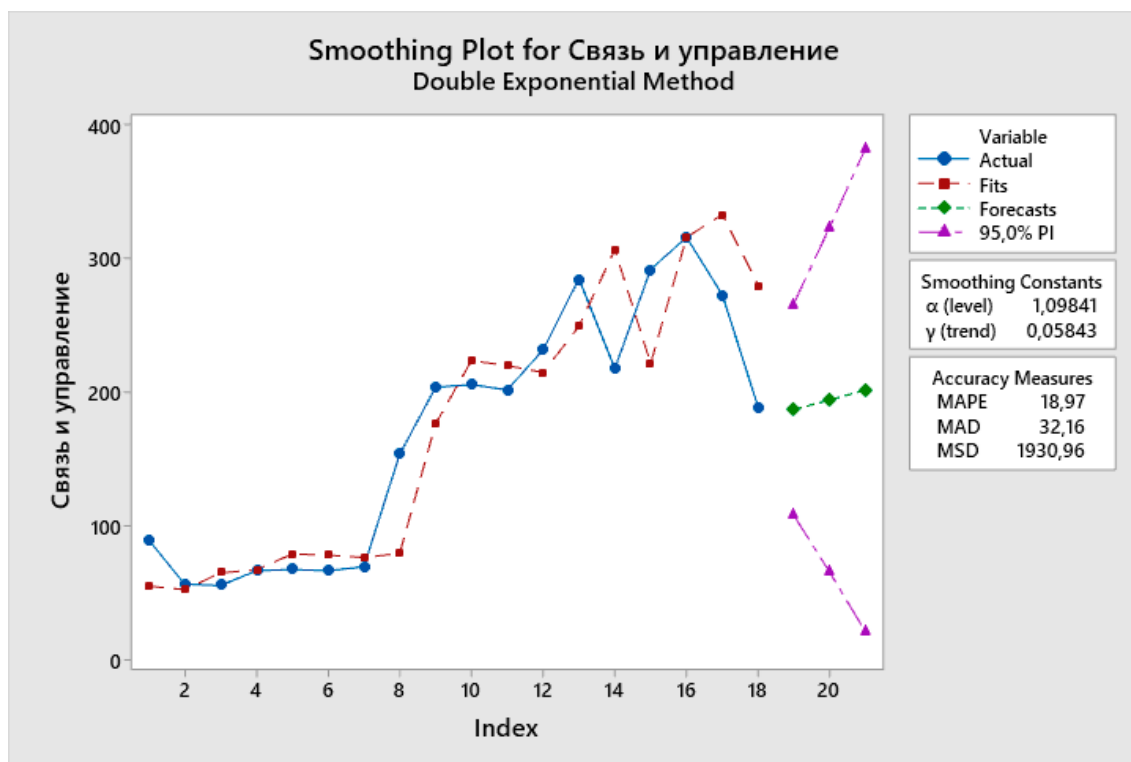


Рис. 4. Прогноз количества отгруженных товаров в 2022-2024 гг.

Гидроакустические модемы можно назвать «сопутствующей инновацией», т.е. инновация, которая должна работать в связке с другими продуктами, которые являются базовой или основной инновацией. Данный факт может быть привлекательным для инвесторов ввиду невысокого порога входа, а также изначально понятных характеристик.

В ходе проведенного анализа потенциальными потребителями технологии могут быть следующие российские компании:

- Институт молекулярной генетики РАН;
- Всероссийский научно-исследовательский институт метрологии им. Д.И. Менделеева;
- Государственный океанографический институт им. Н.Н. Зубова;
- Арктический и антарктический научно-исследовательский институт;
- Рыбинский завод приборостроения;
- Приморский Торговый Порт;
- Водоканал;
- Государственный оптический институт имени С.И. Вавилова;
- Курчатовский институт;

- Морской государственный университет имени адмирала Г.И. Невельского;
- Центральное конструкторское бюро морской техники «Рубин»;
- Кубанский центр мониторинга водных объектов;
- Санкт-Петербургский государственный морской технический университет;
- Черноморнефтегаз;
- Предприятия, подведомственные Министерству транспорта РФ;
- Предприятия, подведомственные Министерству обороны РФ [19].

Выводы

Рынок гидроакустической связи является олигополией, на рынке всего два продавца и множество реальных и потенциальных покупателей. Данный факт представляет интерес для потенциальных инвесторов и исследователей в сфере гидроакустической связи.

В связи с тем, что назначение гидроакустических модемов является узкоспециализированным и дорогостоящим в разработке, можем сделать вывод, что в отрасли доминирует мелкосерийный тип производства или производство

единичных образцов под цели основной технологии.

До 2022 года рынок развивался в основном за счет импортного оборудования. В условиях санкционного давления компании-производители испытывают необходимость в создании отечественных подводных модемов с характеристиками не хуже зарубежных.

Основными проблемами рынка гидроакустических модемов можно выделить:

- недостаточная рабочая глубина;
- невысокая скорость передачи данных;
- нехватка иностранных комплектующих;
- отсутствие крупного серийного производства модемов, адаптированных под различные цели исследователей и производителей инновационных технологий;

Основными направлениями развития рынка гидроакустических модемов являются:

- инвестиции в фундаментальные разработки, для создания более

конкурентного рынка и вывода новых игроков на рынок;

- развитие государственно-частного партнерства в рамках инвестирования в инновационные проекты;

- улучшения технических характеристик гидроакустических модемов;

- совершенствование материалов производства модемов с учетом защиты окружающей среды;

- расширение ассортимента модемов для универсализации товара (например, под одни задачи необходима высокая рабочая глубина, под другие – высокая скорость передачи данных);

- увеличение энергетических возможностей, автономности, дальности плавания и точности позиционирования под водой, а также дальнейшее совершенствование алгоритмов и принципов управления;

- беспрепятственная интеграция в единый комплекс разнородных технических средств.

Библиографический список

1. Яковлев А.А. Современный рынок гидроакустических систем. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.tetis-pro.ru/article/4144/> (дата обращения 24.03.2023)
2. Pobedin A.A. Reconsidering contemporary classifications of sanctions in the light of the Russia sanctions regime. R-Economy. 2022. V. 8(3). P. 196-207.
3. The Undersea Acoustic Market is expected to generate \$7.38 billion in revenue by 2030, with a CAGR of 12.82% globally: Validated Market Research. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.prnewswire.com/news-releases/underwater-acoustic-communication-market-is-expected-to-generate-a-revenue-of-usd-7-38-billion-by-2030--globally-at-12-82-cagr-verified-market-research-301723273.html> (дата обращения 24.03.2023)
4. Global Underwater Acoustic Communication Market – Industry Trends and Forecast to 2029. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.databridgemarketresearch.com/reports/global-underwater-acoustic-communication-market> (дата обращения 24.03.2023)
5. Underwater Acoustic Communication Market Size And Forecast. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.verifiedmarketresearch.com/product/underwater-acoustic-communication-market/> (дата обращения 24.03.2023).
6. Gao C., Hu W., Chen K. Research on Multi-AUVs Data Acquisition System of Underwater Acoustic Communication Network. Sensors (Basel). 2022. V. 22 (14). P. 5090. DOI: 10.3390/s22145090.
7. HYDROACOUSTIC MONITORING. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.ctbto.org/our-work/monitoring-technologies/hydroacoustic-monitoring> (дата обращения 24.03.2023).
8. Курбанова Д. Факторы и тенденции развития как водной, так и подводной робототехники // Научный электронный журнал Меридиан. 2019. № 15 (33). С. 627-629.
9. Шматков А.А., Шматков А.Г., Сергейчиков О.А Современное состояние производства и перспективы развития серийных российских телеуправляемых необитаемых подводных аппаратов // Газовая промышленность. 2020. № S2 (802). С. 156-160.
10. Kebkal K.G. (Evolgies GmbH, Berlin, Germany), Mashoshin A.I. (Concern CSRI Elektropribor, JSC, St. Petersburg, Russia), Morozs N.V. (University of York, York, UK) Solutions for Underwater Communication and Positioning Network Development, Giroskopiya i Navigatsiya. 2019. V. 27. № 2 (105). P. 106-135.

11. Выболдин Ю.К., Румянцев Н.А. Гидроакустические комплексы морской сейсморазведки // Инновации и перспективы развития горного машиностроения и электромеханики: IPDME-2021: Сборник тезисов VIII Международной научно-практической конференции, Санкт-Петербург, 22–23 апреля 2021 года. СПб.: Санкт-Петербургский горный университет, 2021. С. 259-262.
12. Кебкал К.Г., Кебкал А.Г., Глушко Е.В. и др. Гидроакустические модемы с интегрированными цезиевыми часами для задач подводного позиционирования автономных необитаемых подводных аппаратов // Подводные исследования и робототехника. 2019. № 2(28). С. 4-12. DOI: 10.25808/24094609.2019.28.2.001.
13. Underwater Acoustic Communication Market Report Overview. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.industryarc.com/Research/Underwater-Acoustic-Communication-Market-Research-505417> (дата обращения 24.03.2023).
14. Digital Signal Processors Market Overview. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.industryarc.com/Report/15686/digital-signal-processors-market.html> (дата обращения 24.03.2023).
15. ГОСТ 22547-81 Средства гидроакустические. Термины и определения М.: Издательство стандартов, 1981.
16. Zia M.Y.I., Poncela J., Otero P. State-of-the-Art Underwater Acoustic Communication Modems: Classifications, Analyses and Design Challenges. Wireless Pers Commun 116. 2021. P. 1325-1360. DOI: 10.1007/s11277-020-07431-x.
17. SIPRI Yearbook 2022. [Электронный ресурс]. URL: <https://sipri.org/publications> (дата обращения 24.03.2023).
18. Официальный сайт государственных закупок США. [Электронный ресурс]. URL: <https://fbohome.sam.gov/> (дата обращения 24.03.2023).
19. Официальный сайт Единой информационной системы в сфере закупок. [Электронный ресурс]. URL: <https://zakupki.gov.ru/epz/main/public/home.html> (дата обращения 24.03.2023).