

---

---

# ПРОМЫШЛЕННОЕ РЫБОЛОВСТВО. АКУСТИКА

---

---

УДК 629.127.4-52:62.501.55-531.501

**С.А. Бахарев<sup>1</sup>, В.В. Карасев<sup>2</sup>, А.В. Карасев<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>АО ЦНИИ «Курс»,

105187, г. Москва, ул. Кирпичная, д. 34а

<sup>2</sup>Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет,  
690087, г. Владивосток, ул. Луговая, 52б

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АВТОНОМНЫХ НЕОБИТАЕМЫХ ПОДВОДНЫХ АППАРАТОВ В ПРОЦЕССЕ ИЗУЧЕНИЯ МИРОВОГО ОКЕАНА

*Рассмотрены современные образцы автономных необитаемых подводных аппаратов и оценены возможности и перспективы использования их для решения промысловых и народнохозяйственных задач.*

**Ключевые слова:** *необитаемые подводные аппараты, изучение Мирового океана.*

**S.A. Bakharev, V.V. Karasev, A.V. Karasev**

## THE USE OF AUTONOMOUS UNMANNED UNDERWATER VEHICLES IN THE PROCESS OF STUDYING THE WORLD OCEAN

*The article considers the modern samples of Autonomous unmanned underwater vehicles and assessed opportunities and prospects of using them for the decision of fishing and other tasks.*

**Key words:** *unmanned undersea vehicles, study of the oceans.*

Наша цивилизация в начале третьего тысячелетия столкнулась с множеством глобальных проблем, в числе которых ограниченность сырьевых ресурсов суши выдвигается на одно из первых мест.

В этих условиях взоры дальновидных политиков и ученых устремлены к Мировому океану, в недрах которого скрыт огромный минерально-сырьевой потенциал. Узнать, постичь и освоить богатства Мирового океана, – другой альтернативы выживания быстро растущему человечеству в обозримом будущем нет. И это должно произойти уже в середине XXI столетия. Большое количество проблем и сложностей в изучении Мирового океана и его богатств уже не может остановить современного человека на пути их освоения.

Кроме того, принадлежность дна океана так же, как и суши Земли, становится новой геополитической проблемой России. Нет сомнения в том, что она станет актуальной в ближайшее десятилетие и может быть успешно решена только при наличии передовых экологических технологий и техники погружения, в том числе на предельные глубины океана.

Безусловно, «вход в океан» представляется делом трудоемким и технически сложным. Ведь сам по себе этот шаг есть вхождение человека в новую среду обитания, в чем-то подобную, по сложности, освоению космического пространства.

В этой связи особую актуальность приобретает развитие работ в области специального судостроения, включая обитаемые подводные аппараты (ОПА) и необитаемые подводные аппараты (НПА), последние, в свою очередь, подразделяются на автономные (АНПА) и телеуправляемые (ТНПА).

К видам технических и исследовательских работ, осуществляемых подводными аппаратами различного назначения, можно отнести [1–3, 10–12, 16–19]:

*I. Общие виды работ:*

- отработка методов подводного судовождения;
- установка и обслуживание донных навигационных систем;
- отработка схем взаимодействия со средствами надводного обеспечения;
- проверка точности карт;
- доставка и подъем материалов;
- выбор места установки подводных лабораторий;
- испытания аппаратуры различного назначения;
- замена деталей подводного оборудования;
- обслуживание подводных полигонов и заповедников;
- обследование трубопроводов и кабелей;
- осмотр опор эстакад и платформ;
- перезарядка подводных источников энергии;
- фото- и видеосъемка, в том числе маршрутная;
- обеспечение аварийных, спасательных и подъемных работ;
- обеспечение водолазных работ;
- наблюдение подо льдом;
- подготовка и проведение подрывных работ и др.

*II. Поиск и разведка промысловых объектов:*

- запись и анализ звуков, издаваемых промысловыми морскими биологическими объектами (МБО);
- разведка и определение численности глубоководных промысловых МБО: беспозвоночных (крабов, креветки и др.) и рыб;
- отработка методов подводного поиска МБО по звукам, издаваемым ими в процессе жизнедеятельности (питании, передвижении и т.д.);
- наблюдение за донной флорой и фауной, а также качественным составом планктона;
- изучение влияния донного рельефа на уловистость орудий лова;
- исследование эффективности совместной работы устройств искусственной концентрации промысловых объектов и орудий лова;
- изучение действия светового, звукового, электрического и других полей на процессы концентрации промысловых МБО и др.

*III. Геологические и геофизические исследования:*

- взятие проб осадочных пород поршневыми и гравиметрическими трубками;
- общие исследования участков дна;
- обследование глубоководных трасс и обнажений коренных пород;
- выявление и исследование структурных форм дна, благоприятных для скопления углеводородов с составлением карт нефтегазоносности;
- оценка возможности использования рудных полезных ископаемых, в том числе конкреций;
- наблюдение за режимом и развитием подводной окраины материка (континентального шельфа);
- непосредственный отбор образцов и маршрутная съемка;
- сейсмопрофилирование и др.

*IV. Биологические исследования:*

- непосредственное изучение донных биоценозов;
- районирование подводных участков по донной фауне;

- наблюдение за структурой и миграцией биологических звукорассеивающих слоев (ЗРС);
- идентификация и изучение миграций морских организмов;
- изучение распределения популяций МБО;
- взятие проб;
- поимка живых особей и др.

*V. Гидрофизические исследования:*

- измерение скорости и направления придонных течений;
- геотермические измерения;
- измерение уровня радиоактивности в толще и у дна;
- измерение уровня растворенного кислорода;
- измерение поглощения, отражения и преломления звука у грунта;
- измерение распространения акустических волн в грунте;
- изучение полей температуры, солености, плотности, гидрооптических и звуковых полей в придонных слоях;
- точное измерение магнитного поля Земли, в том числе его быстрых вариаций;
- измерение характеристик воды с одновременным визуальным наблюдением на любых горизонтах;
- изучение мутьевых потоков;
- дрейф в водной массе, с целью изучения ее динамических параметров;
- изучение проникновения космических частиц;
- электромагнитные измерения для оценки глубины проникновения радиоволн;
- разведка на дне источников пресных и геотермальных вод;
- исследование химической структуры придонных вод, зоны «вода-осадки» и осадочного материала;
- исследование условий образования рудных концентраций отдельных элементов и др.

Проанализируем состояние развития АНПО.

Известно [10–12], что эффективность проведения работ с помощью буксируемых средств или привязных аппаратов резко уменьшается с увеличением глубины. Автономный необитаемый подводный аппарат, обладая значительно большей маневренностью, чем ТНПА, высокой степенью стабилизации параметров движения (в том числе в условиях сложного рельефа дна), а также простотой эксплуатации, имеет производительность, не зависящую от глубины.

За последние два десятилетия в различных странах, занимающих ведущее положение в области подводной робототехники, было создано большое число АНПА, или AUV (Autonomous Underwater Vehicles) – по международной классификации, использующихся для решения широкого круга научных и прикладных задач по исследованию и освоению океана. За относительно короткий период времени АНПА продемонстрировали свою эффективность при выполнении глубоководных обзорно-поисковых и обследовательских работ и открыли ряд новых важных применений для морской геологоразведки, освещения подводной обстановки, мониторинга подводных технических сооружений (трубопроводов, кабельных трасс и др.) и водной среды в целом [16, 17].

Современные АНПА представляют собой особый класс подводных робототехнических средств (ПРТС) с присущими им задачами и практическим применением, особенностями технологии, составом систем и функциональными свойствами.

Проблемы, связанные с развитием АНПА, многоплановы и во многих случаях не имеют пока законченных решений. Системы, входящие в состав АНПА и судового оборудования, отличаются большим разнообразием по назначению и физическим принципам работы, что порождает достаточно жесткие и противоречивые требования к технологии и системной организации.

В свою очередь расширение функциональных возможностей АНПА связано с решением ряда новых теоретических и технологических проблем. В первую очередь это задачи управления и навигации, ориентирования на местности, сбора и накопления разнообразной целевой информации о среде и, наконец, обеспечения безопасности аппарата в штатных режимах и в особых ситуациях. Совершенно очевидно, что их решение напрямую связано с эффективным использованием на АНПА методов и средств гидроакустики [2, 4, 5, 8, 9, 13–15].

Еще в 1977 г. в журнале «Sea Technology» была опубликована работа [19], Джона Р. Крайдера, в которой автор сформулировал три основных требования, которым должна удовлетворять технология AUV:

- направлена на то, чтобы «делать работу»;
- должна обеспечить «минимальный потребительский риск»;
- должна обеспечить «экономический эффект».

Вопрос, который был сформулирован в этой работе, на самом деле возник значительно раньше, когда перед специалистами впервые встала проблема, как преодолеть «барьер» глубины при неизменных условиях – аппарат должен быть относительно небольшим, надежным и достаточно универсальным, т.е. должен допускать возможность функциональной перестройки. Противоречивость указанных выше требований достаточно очевидна, как очевидно и то, что эти требования могут быть отнесены не только к АНПА, но и к целому ряду других ПРТС.

Например, стремление уменьшить массу и размеры приводит к росту индивидуальности разработок. Связано это с тем, что серийная аппаратура зачастую не может быть применена в качестве комплектующих элементов из-за неприемлемых масс и габаритов. Кроме того, типовой является ситуация, когда необходимая серийная продукция отсутствует, а комплектующие изделия доступны только в виде недостаточно совершенных и дорогостоящих экспериментальных образцов.

Другая особенность связана с необходимостью выбора компромиссных решений между универсальностью и специализацией. Причем во многих случаях грань, их разделяющая, достаточно размыта. Универсальность АНПА может быть реализована различными подходами в зависимости от целей, которые при этом преследуются.

Например, при создании АНПА, который должен служить рабочим инструментом для выполнения конкретных работ в океане, все его функции должны быть достаточно отработаны для каждой конкретной конфигурации систем. Какой-либо резерв здесь, по крайней мере, нежелателен, либо вообще недопустим, поскольку приводит к ухудшению тактико-технических характеристик аппарата. Переналадка рабочего аппарата на заданную функцию должна производиться простыми и надежными способами путем подключения, замены или удаления унифицированных программно-аппаратных модулей.

Например, стремление увеличить дальность действия гидроакустических средств (ГАС) связано с необходимостью использования более низкочастотных сигналов, что автоматически приводит к ухудшению точности пеленгования и разрешающей способности по направлению при тех же волновых размерах антенных устройств и др.

Известно, что одной из наиболее важных задач является построение комплексной навигационной системы на основе совместной обработки информации от бортовой автономной системы и ГАС различного назначения [8, 9, 13–16]. При этом наиболее точными являются длиннотазовые гидроакустические системы, содержащие донные приемопередатчики, однако их развертывание, особенно в условиях глубокого моря, сопряжено с определенными трудностями [13]. Системы с ультракороткой базой не требуют установки приемопередатчиков, поэтому их использование оказывается более выгодным при оперативных работах [15].

Кроме гидроакустических систем, входящих в состав навигационного комплекса, большое значение имеют средства гидроакустической связи и «технического зрения». К последним относятся обзорные и дальномерные гидролокаторы, а также донные акустические профилографы.

При создании и эксплуатации глубоководных АНПА обычно применяют гидроакустические навигационные системы с длинной базой (ГАНС-ДБ) и донными приемниками-ответчиками, работающими в диапазоне частот 12...14 кГц (для АНПА ИПМТ ДВО РАЕН). При благоприятных гидролого-акустических условиях на дальностях действия 12...15 км точность определения локальных координат составляла 0,1 % от дальности [13]. Повышение дальности ГАНС-ДБ связано с переходом на более низкие частоты при одновременном решении проблемы придонной рефракции, а повышение точности – с использованием более корректной модели звукового канала и повышением направленности приемных антенных устройств и др.

Для гидроакустических навигационных систем с ультракороткой базой (ГАНС-УКБ) производства таких известных фирм, как Edo-Western, Trackpoint, Edo-corporation и др., достижимая дальность действия составляет семь-восемь величин глубины моря. Однако угловая погрешность при фазовом методе пеленгования относительно велика, что приводит к увеличению (на порядок и более) общей навигационной погрешности. Решение данной проблемы специалистам видится в использовании приемных антенных систем с круговой базой, а также более совершенных алгоритмов обработки гидроакустических сигналов.

В бортовых навигационных комплексах в качестве штатного измерителя скорости движения АНПА относительно дна обычно используется гидроакустический лаг. Технические характеристики современных разработок достаточно высоки, что позволяет использовать получаемую с их помощью информацию в системах коррекции бортовых инерциальных систем.

Гидролокаторы бокового (КБО) и секторного (кругового) обзора относятся к числу систем, традиционно используемых во всех типах подводных аппаратов. В ИПМТ ДВО РАН был разработан автономный вариант ГБО, который вошел в состав штатных систем АНПА. Основной его характеристикой является двухсторонняя полоса обзора  $2 \times 375$  м при разрешении 0,04...0,05 м, что соответствует характеристикам известных зарубежных аналогов.

К системам зондирования морского дна относится акустический профилограф, с помощью которого определяется глубинная структура донного рельефа. Известные аналоги, работающие со специализированных буксируемых аппаратов и тем более с судов, по своим масштабам и габаритам совершенно непригодны для их установки на борту АНПА. Поэтому для каждого типа АНПА разрабатываются свои акустические профилографы.

Прогресс в области использования гидроакустических систем телеизмерения и телеуправления связан главным образом с компьютеризацией систем, а также использованием методов кодирования и адаптивной обработки сигналов. Однако имеющиеся существенные ограничения по быстродействию и пропускной способности канала связи затрудняют разработку дальнедействующих и высокоскоростных систем.

Некоторые перспективы специалисты связывают с разделением каналов телеуправления и телеметрии по их рабочим частотам и диапазонам. Однако такое разделение функций приводит фактически к построению двух совершенно разных систем, оптимизируемых по различным критериям. Например, дальность действия системы телеуправления должна соответствовать протяженности ближней зоны акустической освещенности (7...8 величин глубины моря) при рабочих частотах 5...6 кГц. Система же телеметрии должна быть широкополосной и сравнительно высокочастотной (25...35 кГц), что в совокупности позволит реализовать скорость передачи информации 30...40 кбит/с.

Следует заметить, что специфика перечисленных выше систем во многом определяется свойствами гидроакустического канала и требованиями прежде всего весогабаритного характера, предъявляемыми для их установки на борту АНПА.

Известно, что одним из основных элементов гидроакустической системы любого назначения являются акустические антенны, входящие в их состав. Традиционные антенны одновременно совмещают в себе две функции: преобразование энергии (электрической в акустическую – при излучении сигналов, и наоборот, акустическую в электрическую – при приеме сигналов) и формирование направленности. Совмещение этих функций является причиной значительных весогабаритных характеристик антенных устройств, особенно на низких частотах. В работах [4–6] эту проблему предлагается решить за счет использования в составе гидроакустических средств различного назначения адаптивных параметрических излучающих и приемных антенн. В таких антеннах функцию устройства, формирующего направленность, выполняют не только волновые размеры антенного устройства, но и участок водной среды (десятки метров), непосредственно прилегающий к антенному устройству.

В настоящее время развитие AUV за рубежом осуществляется при посредстве коммерческих структур, научных организаций, военных ведомств и др., т.е. относится к числу наиболее приоритетных направлений в океанотехнике [13, 14].

Из зарубежных разработок AUV последних лет к наиболее известным относятся разработки таких компаний, как канадская ISE, американская NOSC, французская IFREMER, а также проекты Европейского консорциума и ряда организаций в Англии, Австралии, Японии, Норвегии и в других странах [13, 14].

Анализ АНПА, представленных на мировом рынке, показал, что в последнее время все большее развитие получают проекты коммерческих аппаратов классов «микро» и «мини» массой до 100 кг. Диапазон дальности плавания АНПА категории «мини» весьма широк и находится в пределах до 4000 морских миль. Наиболее известными представителями этого класса являются американские аппараты следующих проектов: «Sea Glider», «Slocum Glider I/II» и «Spray Glider» (АНПА – планеры с системой движения на основе изменения собственной плавучести).

Типичными представителями ПНПА малого класса, следующими за миниатюрными аппаратами, являются проекты: «AQUA EXPLORER-2» (Япония), «Odyssey III» (США), «Ocean Explorer» (США), «BRAUV» (США) и «SAUUV II» (США).

Новое поколение АНПА «GAVIA», созданных исландской фирмой Hafmynd Ltd., построено по модульному принципу с целью решения более широкого круга задач. При этом разработано 2 базовых типа аппарата: прибрежный – для глубин до 200 м и аппарат открытого моря – для глубин до 2000 м. Конструкция аппарата исключает использование каких-либо динамических уплотнений, а крутящий момент к движителю и рулевым приводам передают магнитные муфты. Приоритетом при проектировании аппарата стала минимизация потребляемой мощности для обеспечения максимальной автономности, потребляемая мощность (для скорости хода 1,5 м/с) составила менее 60 Вт.

Данный аппарат обладает следующими особенностями:

- модульность конструкции;
- возможность работы на различных глубинах (200, 500, 1000 и 2000 м);
- наличие большого набора датчиков;
- инерциальная акустическая навигационные системы;
- масштабируемость программного обеспечения;
- гребной винт и управляющие рули имеют направляющие насадки;
- загоризонтное выполнение операций;

- графическое планирование операций;
- простота в эксплуатации;
- низкие эксплуатационные расходы и др.

При этом модульность конструкции обеспечивает следующие преимущества:

- портативность;
- возможность изменения конфигурации;
- быстрая замена батарей;
- возможность установки дополнительных батарей;
- доступность внедрения новых технологий;
- составление конфигурации согласно требованиям заказчика;
- снижение стоимости технического обслуживания и др.

В нашей стране работы по созданию АНПА были начаты в конце 1972 г. в стенах Института автоматики и процессов управления Дальневосточного научного центра АН СССР силами небольшой лаборатории, которая постепенно переросла в отдел, а затем – в 1988 г. – в Институт проблем морских технологий ДВО РАН [1, 2].

Макет первого АНПА типа «ПА-04-300» был испытан в зал. Петра Великого в сентябре 1973 г. с борта рыболовного сейнера «Валдай» водоизмещением 300 т, переоборудованного в обеспечивающее судно. Натурные эксперименты позволили определить направления его конструктивного усовершенствования, получить практические данные для выбора гидродинамических характеристик, состава навигационного обеспечения, повышения надежности работы бортовых систем и т.д.

В августе 1974 г. на базе АНПА «ПА-04-300» был создан АНПА «Скат», способный осуществлять пространственные траектории движения зависать на заданной глубине, а также состоялась первая экспедиция, в задачу которой входила отработка методики гидрохимических измерений вблизи целлюлозно-бумажного комбината, расположенного на берегу оз. Байкал. В процессе этих работ накопился экспериментальный материал, позволивший осуществить конструктивную доработку аппарата и определить направления дальнейших исследований.

Результаты этой работы были реализованы при создании АНПА «Скат-ГЕО», разработка которого была начата в конце 1974 г. по договору с Центральным научно-исследовательским институтом геодезии, аэросъемки и картографии (ЦНИИГАиК). Первая практическая работа, которую выполнил данный аппарат, заключалась в идентификации подводных объектов, обнаруживаемых буксируемым гидролокатором бокового обзора (ГБО) в Белом море в 1978 г. Оба эти аппарата были способны работать под водой на глубине до 300 м.

Практический опыт, полученный при разработке и испытаниях первых образцов АНПА, оказался весьма полезным для понимания общей концепции данного типа подводных аппаратов и перехода к технологии, позволившей осуществить «скачок в глубину» [2].

Первые модульные глубоководные АНПА «Л-1» (рабочая глубина до 2000 м) и «Л-2» (рабочая глубина до 6000 м), разработка которых началась в 1976 г. по договору с Главным управлением навигации и океанографии (ГУНиО), были изготовлены в 1980 г. При этом следует особо отметить важную роль ГУНиО в деле развития подводной робототехники, которая не ограничилась только финансовой поддержкой, но также придала работам государственную важность и практическую направленность.

Модульная архитектура, реализованная в конструкции АНПА «Л-2», открыла широкие возможности для функциональной унификации бортовых систем. Разработанная оригинальная технология компоновки, сборки и монтажа бортовой аппаратуры являлась существенным достижением в области подводной робототехники и обеспечивала надежное функцио-

нирование аппарата при выполнении ряда практических работ. В частности, АНПА «Л-2» успешно использовался в интересах ВМФ, в том числе для обследования подводных лодок «К-8» (1982–1983 гг.) и «К-219» (1989 г.), затонувших, соответственно, в Атлантическом океане в 1971 г. и в Саргассовом море в 1986 г.

В 1986 г. в ИМПТ ДВО РАН был создан АНПА «Тифлонус» (рабочая глубина до 2000 м), предназначенный для выполнения океанографических работ, в том числе в подледных условиях. Аппарат имел удобообтекаемую форму корпуса с малым гидродинамическим сопротивлением.

Затем в 1988 г. были последовательно созданы АНПА «МТ-88» и «МТ-ГЕО» практически на той же базе, что и АНПА «Л-2», но с более совершенным электронным оборудованием. При этом АНПА «МТ-88» относился к числу первых аппаратов, в которых конструктивно-функциональная модульная технология была реализована в полной мере.

В 1991 г. ИМПТ ДВО РАН был подписан контракт с Шеньянским институтом автоматической академии наук Китая на совместную разработку АНПА «CR-01» (рабочая глубина до 6000 м), положившую начало перехода на международную элементную базу. В конце лета 1995 г. российско-китайский аппарат, предназначенный для океанографических и обследования запасов глубоководных полезных ископаемых, а также для изучения биологии моря, успешно прошел сдаточные испытания в Тихом океане.

А годом ранее, в 1994 г., по контракту с частной американской фирмой Hibbard Marine был создан автономно-привязной аппарат «TSL» (рабочая глубина до 300 м), представляющий собой самоходный объект с управлением по оптоволоконному кабелю и предназначенный для выполнения работ на шельфе и обследования протяженных водонаполненных тоннелей. При этом был предусмотрен и автономный вариант использования данного аппарата.

К числу международных проектов относится также создание в 1997 г., по заказу корейской корпорации DAEWOO, АНПА «OKRO-6000» – близкого аналога АНПА «CR-01», предназначенного для океанологических исследований и поиска затонувших предметов. Конструктивные отличия заключались в отсутствии носовых движителей.

Как известно, особенностью любого АНПА, которую относят к недостаткам данного класса техники, является ограниченный запас энергии на его борту. Для решения данной проблемы был направлен совместный, с Институтом автоматизации подводных систем (Ли, Нью-Хэпшир, США) проект АНПА «САНПА». В 1998–1999 гг. в зал. Петра Великого успешно прошел испытания первый экспериментальный образец малогабаритного «солнечного» АНПА, предназначенного для экологических исследований на трансокеанских трассах.

В 2002 г. был построен «CR-02», отличающийся от своего предшественника, дополнительной возможностью передачи информации на спутник при периодическом всплытии АНПА на поверхность моря.

Одним из наиболее ярких достижений коллектива ДВО РАН последних лет стала успешная работа АНПА «Клавесин-1Р» в арктической экспедиции российских ученых. Данный аппарат наделен искусственным интеллектом, имеет аппаратуру, обеспечивающую постоянно действующий гидроакустический канал связи с оператором на судне, что дает возможность надежно контролировать его работу под водой. Находясь в автономном режиме плавания, АНПА способен выполнять целый ряд задач, в числе которых передача на поверхность изображения морского дна с высокой разрешающей способностью.

Сегодня коллектив ИМПТ ДВО РАН также работает над разработкой АНПА лёгкого класса, который должен весить около 200 кг.



Одновременно с этим институтом недавно был приобретен ТНПА типа «Апачи» (электрическая мощность 15 л.с.), что говорит о расширении интересов института в сторону другого класса подводных роботов.

Однако надо признать, что в целом отечественные разработки носят опытный характер и в абсолютном большинстве случаев единичны по исполнению, а бортовая электронная элементная база, как правило, иностранного производства.

Подводя итоги вышеизложенному, можно сделать вывод о том, что в настоящее время отечественные автономные необитаемые подводные аппараты существенно уступают зарубежным аналогам, среди которых наиболее предпочтительным является АНПА серии «GAVIA».

По нашим оценкам, уже в самое ближайшее время разработка и исследование эффективных технических средств и технологий разведки полезных ископаемых: железомарганцевые конкреции, глубоководные полиметаллические сульфиды, кобальтоносные железомарганцевые корки и др. международного района морского дна, залегающих на глубинах 1–6 км, – приобретет особую актуальность.

Нет сомнения в том, что данная задача может быть успешно решена только при наличии передовых экологических технологий и техники погружения, в том числе на предельные глубины океана.

В связи с этим разработка двухзвенного поискового комплекса на базе глубоководного АНПА и малогабаритного телеуправляемого необитаемого подводного аппарата инспекционно-рабочего класса представляет, по нашему мнению, большой практический интерес.

В таблице представлены некоторые отечественные глубоководные АНПА, созданные в ИПМТ ДВО РАН [2], на базе которых могут быть созданы двухзвенные поисковые комплексы для решения сформулированной выше задачи.

**Некоторые отечественные глубоководные автономные  
необитаемые подводные аппараты**  
**Some domestic deepwater autonomous uninhabited underwater vehicles**

| Наименование     | Размеры, м     | Масса, кг | Рабочая глубина, м | Скорость хода, м/с | Автономность, ч |
|------------------|----------------|-----------|--------------------|--------------------|-----------------|
| Л-2              | 4,30×1,2×1,2   | 1180      | 6000               | 1,0                | 6,0             |
| МТ-88,<br>МТ-ГЕО | 3,81×1,12×1,19 | 1150      | 6000               | 1,0                | 6,0             |
| СR-01            | 4,38×0,8×0,93  | 1300      | 6000               | 1,5                | 10,0            |
| ОКРО-6000        | 3,94×0,7×0,88  | 975       | 6000               | 1,5                | 8,0             |

При этом хотелось бы также отметить, что часть относительно простых операций: подъем ранее установленного оборудования и др., выполняемых подводными аппаратами, – могут с успехом заменить разработанные с нашим участием подводные модули [7].

Подводя итоги вышеизложенному, можно сделать вывод о том, дальнейшее развитие АНПА видится нам в модульности построения, уменьшения весогабаритных характеристик, повышении скорости хода и автономности, а также в создании двухзвенных систем и более широком применении достижений конверсионной акустики и нелинейной гидроакустики в частности.

В заключение хотелось бы пожелать руководителям нашего государства уделить более пристальное внимание вопросу развития отечественной робототехники, предназначенной не

только для изучения и освоения богатств Мирового океана – предмета данного обсуждения, но и для решения целого спектра специальных и народнохозяйственных задач, в том числе в социальной области и здравоохранении.

### Список литературы

1. Агеев, М.Д. Автоматические подводные аппараты / М.Д. Агеев, Б.А. Касаткин, Н.И. Рылов и др. – Л.: Судостроение, 1981. – 223 с.
2. Автономные необитаемые подводные аппараты / под общ. ред. акад. М.Д. Агеева. – Владивосток: Дальнаука, 2000. – 272 с.
3. Баженов, Ю.А. Самоходные необитаемые подводные аппараты / Ю.А. Баженов, В.М. Гаврилов, Ю.И. Жуков и др. – Л.: Судостроение, 1986. – 277 с.
4. Бахарев, С.А. Анализ физических принципов функционирования параметрических антенн / С.А. Бахарев, В.В. Кравченко, Г.И. Лямин // Приборы для исследования и освоения океана, включая подводные аппараты: материалы V Дальневост. науч.-техн. конф. – Владивосток, 1989. – С. 78–81.
5. Бахарев, С.А. Способ дистанционного измерения подводных объектов / С.А. Бахарев, М.В. Мироненко, В.В. Пономарев // Конверсионные технологии в гидроакустике: материалы III Междунар. науч.-техн. конф. – СПб., 1996. – С. 18–20.
6. Бахарев, С.А. Обеспечение экологической безопасности деятельности человека на морском шельфе / С.А. Бахарев // Вестн. РАЕН. – 2003. – Т. 3, № 3. – С. 18–23.
7. Бахарев, С.А. Использование дистанционных размыкателей для обслуживания морских платформ / С.А. Бахарев, Е.В. Завалко, А.В. Рогожников // Морская радиоэлектроника. – 2009. – № 3–4 (29–30). – С. 56–58.
8. Богородский, А.В. Гидроакустическая техника исследования и освоения океана / А.В. Богородский, Г.В. Яковлев, Е.А. Корепин, А.К. Должиков. – Л.: Гидрометеиздат, 1984. – 264 с.
9. Бородин, В.И. Гидроакустические навигационные средства / В.И. Бородин, Г.Е. Смирнов, Н.А. Толстякова и др. – Л.: Судостроение, 1983. – 262 с.
10. Войтов, Д.В. Подводные обитаемые аппараты / Д.В. Войтов. – М.: Изд-во «Астрель», 2002. – 303 с.
11. Дмитриев, А.Н. Проектирование подводных аппаратов / А.Н. Дмитриев. – Л.: Судостроение, 1978. – 236 с.
12. Илларионов, Г.Ю. Исследовательское проектирование необитаемых подводных аппаратов / Г.Ю. Илларионов, А.А. Карпачев. – Владивосток: Дальнаука, 1998. – 270 с.
13. Комляков, В.А. Гидроакустические системы с маяками-ответчиками для слежения за буксируемыми подводными комплексами / В.А. Комляков // Судостроение. – 1997. – № 6. – С. 39–45.
14. Касаткин, Б.А. Особенности гидроакустической навигации в шельфовой зоне. Подводные аппараты с программным управлением и их системы / Б.А. Касаткин, В.В. Кобаидзе. – Владивосток: Изд-во ДВНЦ, 1977. – С. 84–88.
15. Матвиенко, Ю.А. Статистическая обработка информации гидроакустической навигационной системой с ультракороткой базой / Ю.А. Матвиенко // Морские технологии. – Владивосток: Дальнаука, 1998. – Вып. 2. – С. 70–80.
16. Обзор дистанционно-управляемых подводных систем и аппаратов военного назначения // Журн. Underwater, август, 2006.
17. Обзор дистанционно-управляемых подводных систем и аппаратов многоцелевого назначения // Журн. Underwater, май-июнь, 2006.

18. Подводные роботы / под общ. ред. В.С. Ястребова. – Л.: Судостроение, 1977. – 363 с.
19. Kraider D.R. UUVs for underwater Worn-Innovation or Higt tech Toy? // Sea Technology. – 1977. – Vol. 38, № 2. – P. 51.
20. Алифанов, Р.Н. Интеллектуальная система гидроакустических буев для поиска беспозвоночных / Р.Н. Алифанов, Е.В. Осипов, В.В. Карасев // Науч. тр. Дальрыбвтуза. – Владивосток: Дальрыбвтуз, 2003. – Вып.15, ч. 1.
21. Бахарев, С.А. К вопросу влияния акустических полей на эффективность промысла морских биологических объектов / С.А. Бахарев, А.В. Карасев, И.Н. Сургаев // Проблемы и методы разработки и эксплуатации вооружения и военной техники ВМФ: сб. ст. – Владивосток: ТОВМИ, 2002. – Вып. 30.

**Сведения об авторах:** Бахарев Сергей Алексеевич, доктор технических наук, профессор, e-mail: taf@list.ru;  
Карасев Владимир Владимирович, кандидат технических наук, профессор, e-mail: karasevvv@list.ru;  
Карасев Александр Владимирович, кандидат технических наук, доцент, e-mail: kav6713@mail.ru.