



Издается с 2008 г.

## СОДЕРЖАНИЕ

<i>Корчак В.Ю.</i> К 60-летию Секции прикладных проблем при Президиуме РАН .....	4
<b>Статьи</b>	
<i>Гурьев Ю.В., Ткаченко И.В., Якушенко Е.И.</i> Компьютерные технологии корабельной гидромеханики: состояние и перспективы .....	8
<i>Родионов А.А., Хантулева Т.А.</i> Нелокальная гидродинамика и ее приложения .....	22
<i>Кузьмицкий М.А., Гизитдинова М.Р.</i> Мобильные подводные роботы в решении задач ВМФ: современные технологии и перспективы .....	37
<i>Коваленко В.В., Корчак В.Ю., Чулков В.Л.</i> Концепция и ключевые технологии подводного наблюдения в условиях сетецентрических войн .....	49
<i>Дашевский О.Ю., Нежевенко Е.С., Чулков В.Л.</i> Апертурный синтез гидроакустических антенн – основа мобильных гидроакустических систем наблюдения .....	65
<i>Тарасов С.П., Воронин В.А.</i> Перспективы применения методов нелинейной акустики в технологиях гидроакустического поиска .....	78
<i>Белогубцев Е.С., Кирюхин А.В., Кузнецов Г.Н., Михайлов С.Г., Пудовкин А.А., Смагин Д.А., Федоров В.А.</i> Проблемы и предварительные результаты испытания систем активного гашения низкочастотных сигналов в водной и воздушной среде .....	93
<i>Иванов М.П., Степанов Б.Г.</i> Исследование акустического биосенсора дельфина и возможности построения его технического аналога .....	108
<i>Стародубцев Ю.Д., Надолшиня А.П.</i> История, современное состояние и перспективы служебного использования китообразных в составе биотехнических систем двойного назначения .....	123
<b>Перспективные направления развития науки и техники</b>	
<i>Арсентьев В.Г., Криволапов Г.И.</i> Некоторые результаты реализации подводных сетевых технологий в СибГУТИ .....	129
<b>Конференции</b> .....	135
<b>Поздравляем!</b> .....	138
<b>Хроника</b> .....	140
Правила представления материалов в редакцию.....	142

# CONTENTS

<i>Korchak V.Yu.</i> To the 60-th Anniversary of Section of Applied Problems at Presidium of RAS .....	4
--------------------------------------------------------------------------------------------------------	---

## Articles

<i>Guriev U.V., Tkachenko I.V., Ykushenko E.I.</i> Computer Technologies in Marine Hydrodynamics: State-of-the-Art and Perspectives .....	8
-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---

The basic stages and perspective directions of marine hydrodynamics development are considered. Efficiency of computer technologies in hydrodynamic and engineering analysis is demonstrated. Necessity of their wider use in shipbuilding is substantiated.

**Key words:** computer-aided technologies, marine hydromechanics, mathematical and physical experiments, multidisciplinary modeling.

<i>Rodionov A.A., Khantuleva T.A.</i> Nonlocal Hydrodynamics and Its Applications .....	22
-----------------------------------------------------------------------------------------	----

Modern problems of science and engineering lead outside the scope of continuum mechanics. In order to solve the problems a new nonlocal hydrodynamics of nonequilibrium processes had been developed on the base of statistical mechanics using methods of nonlinear operator sets and adaptive control. The allowance for self-organization and selfregulation provides the mathematical model to be completed and results discrete structure spectra and structure transitions in a system. Application of the new approach to problems of flow and wave propagation in condensed media allows the description of the observed effects that have no explanation in the framework of the classical hydrodynamics.

**Key words:** nonequilibrium process, nonlocality, memory, selforganization, structure, multi-scaling, control..

<i>Kuzmitsky M., Gizitdinova M.</i> Mobile Underwater Robots for the Navy Tasks: Modern Technologies and Prospects .....	37
--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----

In the article the state-of-the-art review of prospects of mobile underwater robots using for solving some naval problems is resulted: MCM, surveys, ports, harbors and sea borders protection, targeting and underwater surveillance. Possible technologies of the specified problems solving using mobile underwater robotics are considered.

**Key words:** mobile underwater robot, technical shape, mission, energy source, carriers, problems, technologies.

<i>Kovalenko V.V., Korchak V.J., Chulkov V.L.</i> Concepts and Key Technologies of Underwater Surveillance Systems in Networked Centric Warfare .....	49
-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----

This paper presents the concept of creation and main features of integrated networked underwater surveillance systems. Several key aspects of such systems variants creation and their features are discussed.

**Key words:** net-centric warfare; integrated networked underwater surveillance system; sensor networks; distributed network system.

<i>Dashevsky O.Yu., Nejevenko E.S., Chulkov V.L.</i> Sonar Array Aperture Synthesis as a Foundation for Mobile Surveillance Sonar Systems .....	65
-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----

The paper analyzes the most effective aperture synthesis methods in hydroacoustics. A synthesis method for wide-band signals is suggested. A SynApp program developed for comparative analysis of different methods is described. The results of an experimental study with test signals (generated by the program) and real signals (obtained from a real towed array) are presented. Aperture synthesis availability in hydroacoustics is concluded.

**Key words:** hydroacoustics, synthetic aperture, flexible underwater towed array, wide-band acoustic signals, real signals.

<i>Tarasov S.P., Voronin V.A.</i> Prospects of Application of Nonlinear Acoustics Methods in Hydroacoustic Search Technologies .....	78
--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----

In the report the results of theoretical and experimental researches of the nonlinear phenomena in acoustics are discussed. It is shown, that using of these phenomena allows to create sonar devices and integrated systems for underwater and buried objects search, underwater surveillance, mineral and biological resources exploration, ocean environment monitoring. Characteristics of parametrical devices are discussed and results of their applications for solving various problems of hydroacoustics are considered. Ways of sonar means perfection and

principles of their construction using methods of nonlinear acoustics are discussed.

**Key words:** nonlinear phenomena, nonlinear interaction, parametrical arrays, beam pattern.

*Belogubtsev E.S., Kirukhin A.V., Kuznetsov G.N., Mikhailov S.G., Pudovkin A.A., Smagin D.A., Fedorov V.A. Testing of Low Frequency Water and Air Sound Active Cancellation Techniques: Problems and Preliminary Results* ..... 93

Active control of low frequency sound vibration is considered. The necessity of solving this problem by active means in consequence of low cancellation effectiveness of passive techniques and means for signals on low frequencies is concluded. The algorithms and techniques development results are discussed for active cancellation of sound signals in water and air medium. The importance of solving this problem to ensure sea objects stealth and maintenance staff environmental safety is concluded. The real opportunity to cancel low frequency discreet components on not less than 8–15 dB and to reduce wide band level on not less than 6...8 dB is demonstrated. It is denoted that discreet frequency components cancellation both increase objects latency hiding and falsify objects classification characteristics.

**Key words:** Object ADT (armament and defense technology), Active cancelling of inner and outer noises, perceptibility decrease, environmental safety support, discreet receiving and radiating elements, falsification of classification characteristics, designer alternative.

*Ivanov M.P., Stepanov B.G. Study of the Dolphin Acoustic Biosonar and Feasibility of Constructing Its Technical Analogue* ..... 108

Presented below are the results of experimental studies of the biosensor system of dolphins using acoustic channel for search and identification of underwater objects as well as for orientation in three dimensional space and underwater communications between individuals. The dolphin's (*Tursiops truncatus*) sonar functioning in complicated conditions of acoustic noise of the dolphin sonar is analyzed. It is shown that the basic mechanisms that provide noise immunity of the dolphin sonar are: the radiation of broadband pulses with zero carrier, use of burst (accumulation), burst rate variable repetition (time selection), and burst with interval-time coding. Possible ways of constructing of broadband underwater transducers and arrays capable to radiate acoustic signals similar to echolocation impulses of cetaceans are considered. Analyzed in the paper is functioning of two electrically operated models of broadband transducers: rod with phased excitation of sections and waveguide type transducer in the form of a coaxial set of piezoactive rings. Some results of solving synthesis and analysis problems for the above models of transducers are presented. It is shown that these transducers provide bandwidth, respectively, 1.5–2 octaves and 2–3 octaves and more.

**Key words:** echolocation signals, the analysis and synthesis of broadband signals, noise immunity, broadband signal, signal without carrier, wideband underwater transducer.

*Starodubtsev Yu.D., Nadolishnyaya A.P. History, State-of-the-Art and Perspectives of the Cetaceans Use as a Part of Biotechnical Dual-Purpose Systems* ..... 123

Here we present the history of using marine mammals (MM) as humans' assistants, the place and time of the Soviet Navy Aquarium creation, the main tasks of Lomonosov Moscow State University (MSU) involved into the research of dolphins' abilities. We describe the biotechnical system for the underwater search (UwS) creation by MSU, about the active work of the USA on using MM. It is shown that the effectiveness and the economy of UwS using MM is much higher than using divers and technical means. The forecast of biotechnical systems development perspectives is given, and the necessity of creation of the Federal base for working with MM in Russia is pointed out.

**Key words:** marine mammals, aquarium, oceanarium, office use, biotechnical systems, underwater search, echolocation, training animals, cognitive activities of animals.

### **Perspective Tendency of Development of Science and Technics**

*Arsentiev V.G., Krivolapov G.I. Some Results of Undersea Networks Technologies Realization in SibSUTIS* ..... 129

This article represents some results, achieved in Siberian State University of Telecommunications and Information Sciences (SibSUTIS) in research of networks for underwater monitoring. Also, this article reports development and small series manufacturing of the range of unified underwater communication, control and navigation modules. These modules are needed for work in the near-field zone. Now they are used in the University experimental researches in the field of underwater networks technologies. These modules can be used as basis for solution of wide class of underwater researching and manufacturing problems.

**Key words:** underwater network technologies, underwater communication, control, navigation.

УДК 626

© М.А.Кузьмицкий, М.Р.Гизитдинова, 2011

Санкт-Петербургский государственный морской технический университет  
kafspa@yandex.ru

## МОБИЛЬНЫЕ ПОДВОДНЫЕ РОБОТЫ В РЕШЕНИИ ЗАДАЧ ВМФ: СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ПЕРСПЕКТИВЫ

Приведен аналитический обзор перспектив использования мобильных подводных роботов (МПР) в решении ряда военно-морских задач: противоминные, разведка, охрана портов, гаваней, морских рубежей, целеуказания и освещения подводной обстановки. Рассмотрены возможные технологии решения указанных задач с использованием мобильной подводной робототехники.

Ключевые слова: мобильный подводный робот, технический облик, миссия, источник энергии, носители, задачи, технологии.

Стремительные и во многом неожиданные геополитические изменения, произошедшие в конце XX в. в мире, привели к столь же масштабным изменениям во многих аспектах жизни всего человеческого сообщества – политических, военных, экономических. Исчезли или отошли на второй план многие ранее существовавшие угрозы, значительно снизился (но не исчез полностью) риск глобальной ядерной катастрофы.

Однако появились новые реалии и новые угрозы:

- региональные конфликты;
- международный терроризм;
- нерешенные спорные территориальные вопросы в пограничных зонах ряда государств;
- значительное усиление интереса (как коммерческого, так и военного) к шельфовым и арктическим зонам.

Результат этих масштабных процессов – принципиальные изменения в военных доктринах, в том числе и морских, ведущих государств мира. Существенно изменилась вся традиционная система взглядов на цели, способы и средства ведения вооруженной борьбы на море. Океаническая стратегия осталась в прошлом; на первый план вышли экспедиционные действия в удаленных регионах, литоральная стратегия, концепция нанесения ударов с моря по берегу высокоточным оружием и т.д.

Смена морских доктрин привела к достаточно неожиданным результатам: ключевым техническим элементом реализации новой стратегии сегодня признаны мобильные подводные роботы (МПР) как часть подводных робототехнических средств (ПРТС) и компонент всесредной (море, суша, атмосфера, ближний космос) сетецентрической системы роботизированных средств (рис. 1) [1–4]. Всесредность, мобильность и интегрированная сетецентрическая организация информационного обеспечения координированных действий – главные атрибуты современных концептуальных взглядов.

Огромная номенклатура МПР, созданных за короткий период времени за рубежом, внимание, которое уделяется их развитию, – все это не просто вызывает интерес, но делает необходимым и детальный анализ столь масштабного и важного феномена, выявление вызвавших его побудительных мотивов.

Темпы научно-технического прогресса в целом, прорыв в развитии современных технологий в области ПРТС в настоящее время таковы, что нередко создание реально действующей техники опережает социальный заказ. Подчас осмысление места, роли и способов использования принципиально новых систем происходит после того, как системы уже созданы и успешно испытаны. Именно такая ситуация сложилась сейчас в области МПР: быстро пройдя стадии инициативных разработок, рекламно-демонстрационных испытаний, лаборатории целого ряда ведущих университетов западных стран, военно-морские и промышленные организации заложили основы для мощной индустрии, активно субсидируемой ВМС.

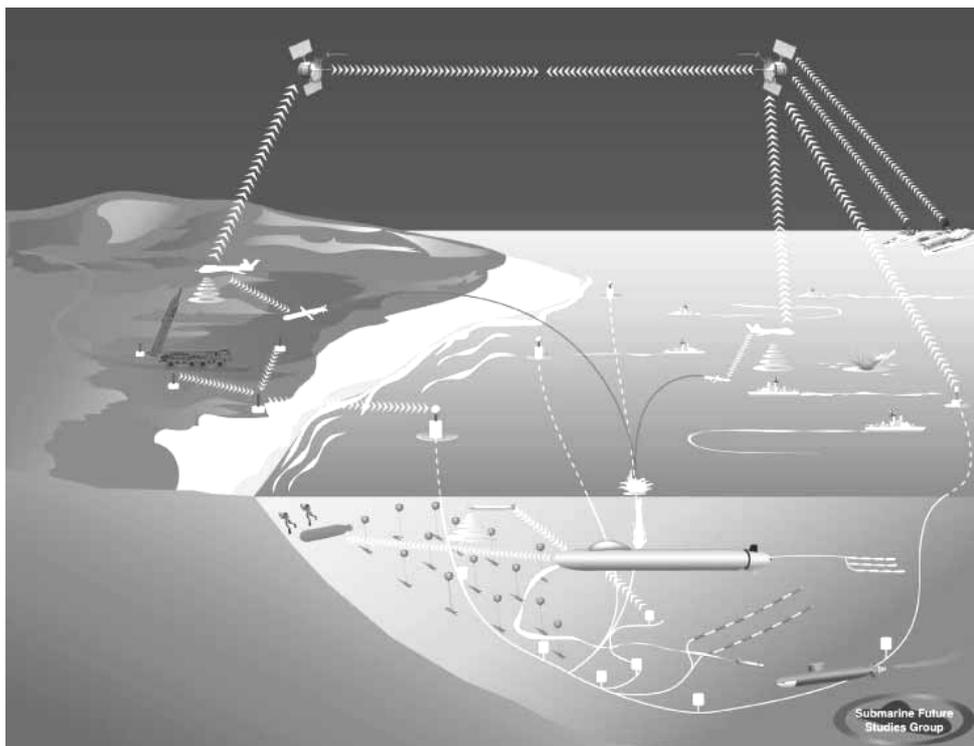


Рис. 1. Концепция использования всесредной сетцентрической системы [4].

Мобильные подводные роботы (МПР) представляют собой самоходные автономные необитаемые подводные аппараты (САНПА), способные к длительной автономной работе в море на различных глубинах и существенных по площади акваториях с целью самостоятельного (независимого от носителя и оператора) выполнения программ-заданий (миссий).

Появление и развитие нового вида технических систем любого целевого назначения – сложный и неоднозначный процесс, в каждом случае имеющий свои индивидуальные черты. В то же время существуют инвариантные, не зависящие от конкретных особенностей технических систем факторы, влияющие на процесс их появления и развития. Три основные группы таких внешних факторов, которые оказывают самое непосредственное влияние на развитие новых видов подводной техники, объединены понятиями *необходимость*, *возможность* и *случайность* (рис. 2).

*Необходимость* и *случайность* играют роль стимулирующих факторов, побуждающих появление нового вида систем, а *возможность* выступает в качестве ресурсного фактора, снимающего ограничения на пути к практической реализации нового вида техники. Необходимость в появлении и развитии подводной техники порождается запросами в двух разных областях человеческой деятельности – военной и гражданской.

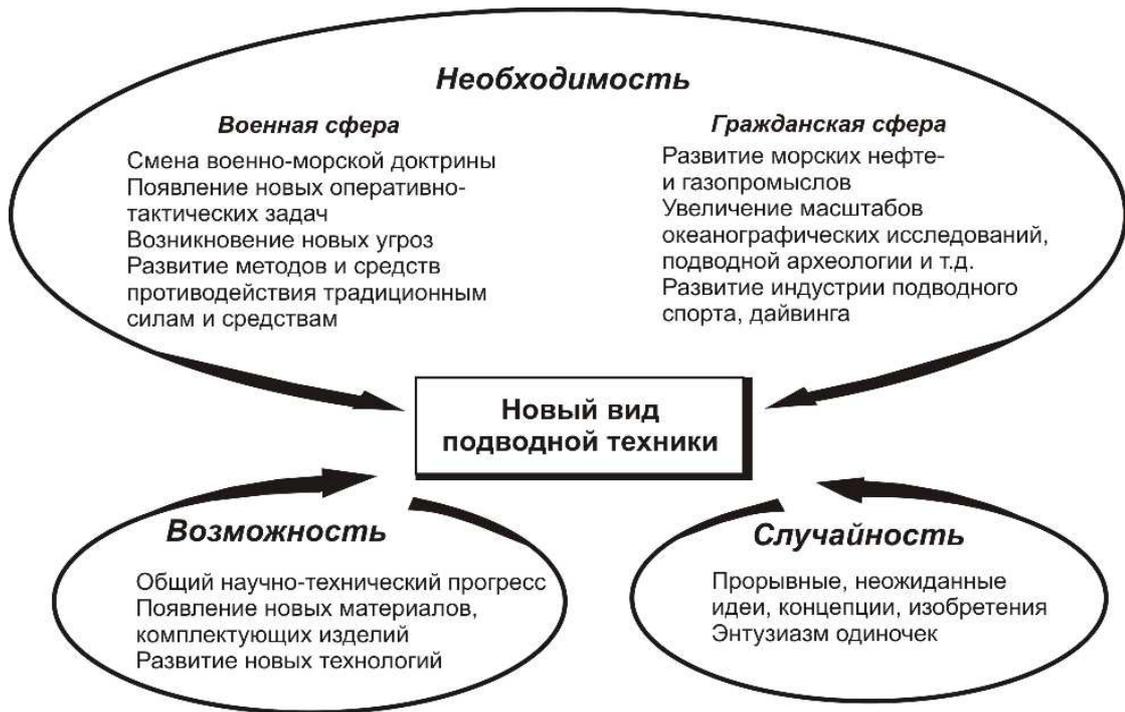


Рис. 2. Стимулирующие и обеспечивающие факторы развития подводной техники.

Техника – это «вторая природа», где создаются новые рукотворные объекты (артефакты), где действуют свои законы эволюции и отбора наиболее совершенных проектов. На рис. 3 представлены внешние системные факторы, отражающие аспект необходимости в развитии мобильных подводных роботов, а также показаны их основные прототипы и аналоги, во многом определяющие возможность реализации новых концепций.



Рис. 3. Необходимость и возможность в развитии МПР.

Сегодня все четче намечаются контуры основных типов МПР, во все большей степени учитывающих интересы потенциальных и уже реальных пользователей со стороны ВМС, промышленности и науки.

Ниже излагаются результаты анализа современного состояния и обозримых перспектив развития МПР, отражающие следующие основные аспекты:

- технический облик МПР;
- интеграция МПР в ВМС;
- носители и системы пуска-обратного приема МПР;
- вероятные варианты использования МПР.

**Технический облик современных МПР.** Мировой «парк» МПР насчитывает несколько сотен оригинальных аппаратов разного целевого назначения, разных массогабаритов, разной автономности и предельных глубин погружения. Целый ряд удачных проектов различных зарубежных фирм приобрели статус базовых, послужив основой для целых семейств МПР (рис. 4).



Рис. 4. Распределение МПР по областям применения на 2011 г.

Впечатляет и разнообразие конструктивных форм МПР: их насчитывается не меньше 16 [1, 2, 7]. Наряду с привычной торпедообразной конфигурацией появилось много новых, подчас необычных форм, вплоть до МПР в виде кольцевого крыла, много подводных роботов бионического типа (плавающих, шагающих, ползающих).

Модульность и сравнительная простота реконфигурации многих МПР под новую миссию не позволяют надежно их классифицировать по традиционному признаку – целевому назначению. Это привело к классификации МПР по массогабаритным характеристикам. Основные типоразмеры современных МПР торпедообразной формы и характерные для них уровни автономности наглядно иллюстрирует табл. 1.

Таблица 1

Основные типоразмеры современных МПР

Класс МПР	Калибр, дюймы	Водоизмещение, кг	Автономность с нагрузкой, ч		Полезная нагрузка, м <sup>3</sup>
			макс.	мин.	
Портативные	3–9	<50	<10	10–20	< 0.01
Легкие	12.75	≈ 250–300	10–20	20–40	0.03–0.09
Тяжелые	21	<1300–1500	20–50	40–80	0.10–0.20
Большие	>36	≈ 9 000	100–300	>>400	0.40–0.90 + внешние

Прогресс мобильной подводной техники существенно зависит от развития эффективных источников энергии (ИЭ). Потенциальные возможности химических ИЭ хорошо изучены, и большая часть тепловых и электрических ИЭ на высокоэнергоемких элементах уже реализована (рис. 5) [5].



Рис. 5. Химическая активность элементов Периодической системы. Для окислителей теплотворная способность условно представлена в виде отрицательных величин.

Распределение различных типов ИЭ в существующих МПР иллюстрирует рис. 6. Очевидно доминирование химических источников тока (ХИТ), тепловые энергоустановки составляют не более 5 %: ХИТ имеют широчайшую сферу применения, в то время как каждая тепловая ЭУ уникальна и специализирована. Это предопределяет экономические преимущества использования ХИТ. Столь же очевидны эксплуатационные преимущества электроэнергетики.

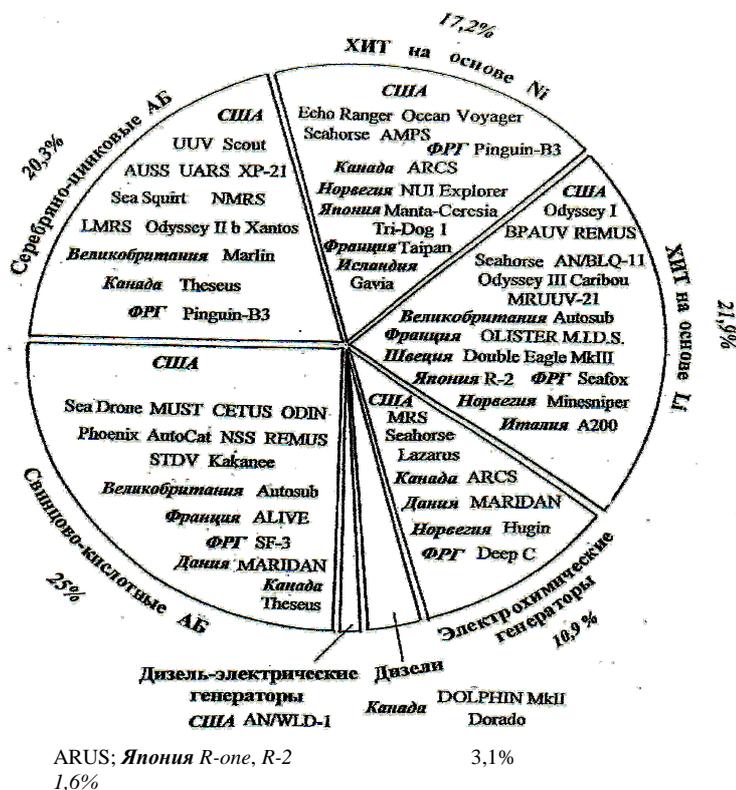


Рис.6. Источники энергии зарубежных МПР.

Преимущества литий-ионных, литий-полимерных ХИТ и электрохимических генераторов (ЭХГ) в качестве ИЭ для МПР сегодня ни у кого не вызывают сомнений [6]. При всех успехах в развитии ХИТ их потенциальные возможности неограничены. Проведенные расчеты для девяти различных типов ХИТ в составе конкретного среднего по размерам МПР это подтверждают (рис. 7).

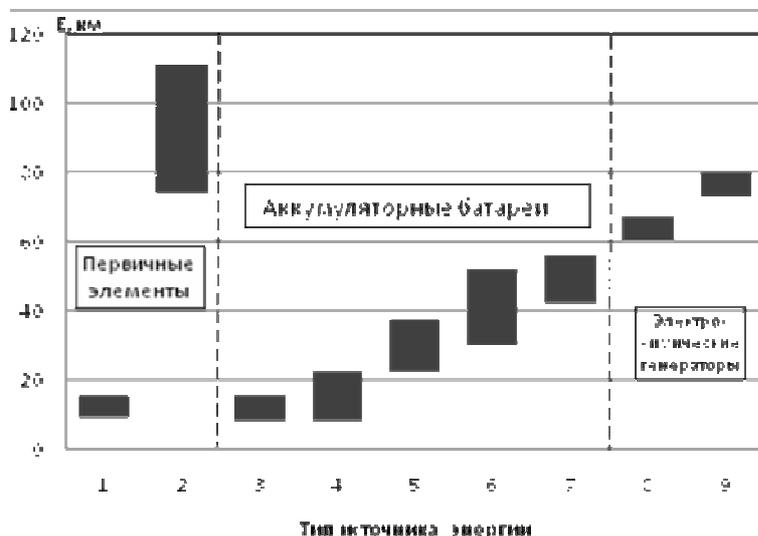


Рис. 7. Расчетная дальность плавания МПР с девятью различными ХИТ.

1 – первичные щелочные батареи; 2 – первичные литиевые батареи; 3 – свинцово-кислотные АБ; 4 – никель-кадмиевые и никель-металлогидридные АБ; 5 – серебряно-цинковые АБ; 6 – литий-ионные АБ; 7 – литий-полимерные АБ; 8 – ЭХГ «алюминий-кислород»; 9 – ЭХГ «водород-кислород».

Преодоление энергетического барьера возможно несколькими путями:

- консервативный путь – дальнейшее совершенствование ХИТ, поиск и освоение новых электрохимических систем;
- оборудование морского театра донными станциями для подзарядки ИЭ, а заодно и сброса накопленной информации;
- использование внебортовых ИЭ – солнечной радиации, поля земного тяготения, градиента температур термоклина, энергии поверхностного волнения.

Первый путь очевиден, второй, по понятным причинам, не всегда возможен, однако активно и успешно прорабатывается. Системы подводного докования созданы для МПР Remus, Bluefin (США), Maridan (Дания), Marine Bird (Япония) [7]. В США и Дании предпочтение отдается конусным решетчатым ловушкам, в Японии отработывается спуск аппарата на специальный ложемент с устройством захвата (рис. 8).

Третий путь предполагает использование МПР-глайдеров [7, 8]. У этих МПР автономность может достигать одного года, а оперативный радиус – больше 1000 км. Глайдеры, использующие в качестве энергоисточника солнечную энергию или энергию волн, имеют практически неограниченную автономность.

ВМС США планируют приобрести к 2011 г. до 250 НПА-глайдеров большой автономности для сбора океанографических данных в военных целях. Глайдеры предполагается использовать также для задач освещения подводной обстановки, целеуказания, разведки и рекогносцировки.

Фирма Teledyne Brown Engineering является ведущей в этом проекте и получила от ВМС США контракт на 6.2 млн долл. США в марте 2009 г. на создание системы обследования прибрежной зоны с помощью глайдеров (LBS-G).

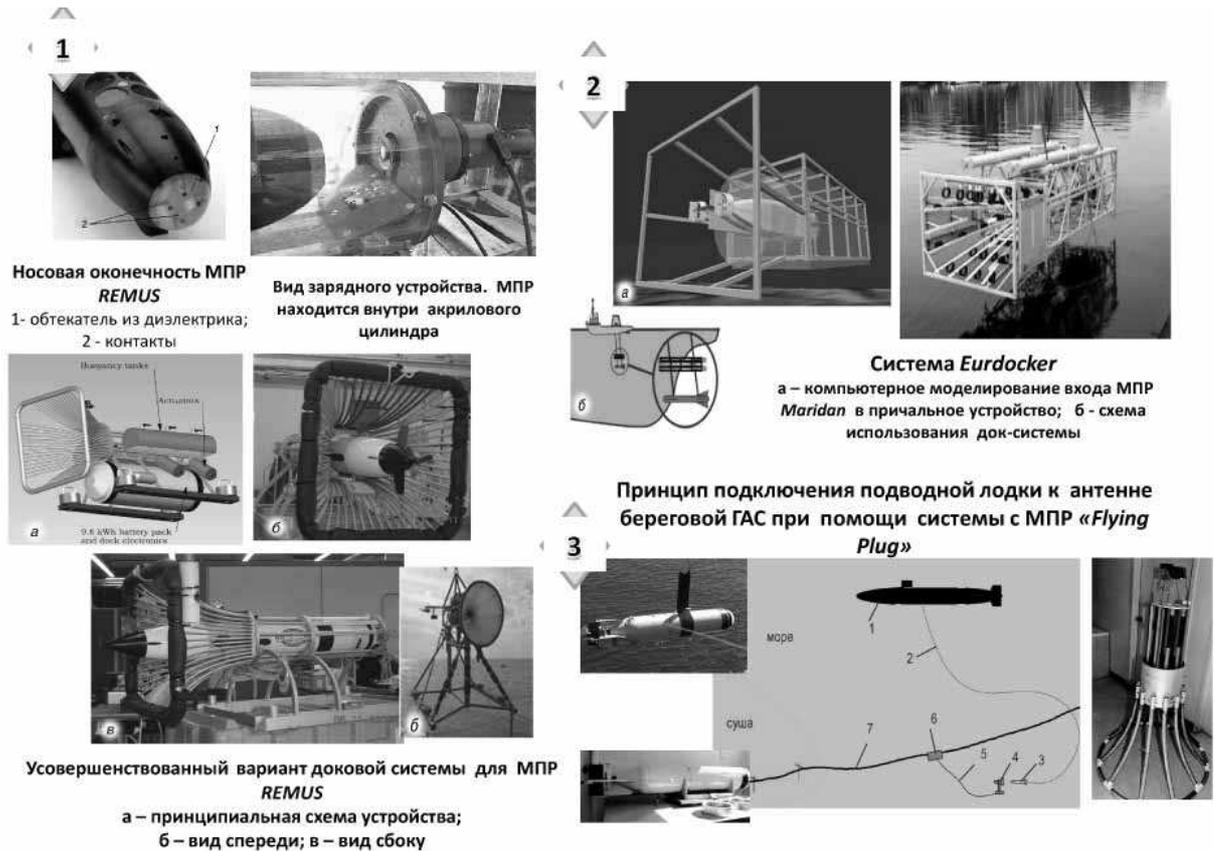


Рис. 8. Подводные доковые системы для МПР.

Концепция использования внебортовых источников энергии в теоретическом плане рассматривалась в работе [9], а в практическом – успешно реализована в ряде разработок МПР, планирующих на солнечных батареях, с использованием энергии волн [1, 2, 10–12].

Довольно долго МПР разрабатывались в университетских лабораториях, небольших коммерческих компаниях. ВМС ряда стран финансировали некоторые разработки, следили за их ходом, оценивали перспективы, но не спешили включать использование МПР в долгосрочные программы флота. В последнее время все резко изменилось. Пришло время быстро реагировать и принимать неординарные решения. Интерес ВМС стран Запада к МПР хорошо известен и конечно не случаен, так как военные специалисты видят в подводных роботах системообразующий компонент ВМС обозримого будущего.

Мобильные подводные роботы убедительно продемонстрировали свои возможности, перспективы и оказались к моменту пересмотра военных доктрин весьма кстати, т.е. «в нужное время в нужном месте». Реальный интерес ВМС к МПР активизировали океанографы своими амбициозными планами создания развитой сети подводных обсерваторий, где МПР отводилась ключевая роль ввиду огромных пространственных и временных масштабов наблюдений и измерений.

В 2005 г. в Master Plan [1] специалисты ВМС США зафиксировали ранжированный ряд основных приоритетов на обозримую перспективу (рис. 9):

Если задачи информационного обеспечения сетевых операций пока еще ориентированы на будущее, то противоминные задачи не заставили себя ждать. Первый случай использования МПР в военной операции – это разминирование в мелких водах северной части Арабского залива на подходах к порту Умм-Каср (март 2003 г., операция «Свобода Ираку»), где были использованы МПР REMUS 100 фирмы Hydroid. С этого момента ряд ВМС ввели в свой состав МПР для противоминных операций. К январю

2008 г. более чем 140 МПР REMUS 100 были поставлены ВМС США, Великобритании, Германии, Нидерландов, Бельгии, Новой Зеландии, Сингапура. 70 % из этих МПР предназначены для противоминных операций. Активную борьбу за военно-морской сегмент рынка ведут такие известные фирмы, как Bluefin Robotics, Teledyne Brown Engineering, Hydroid, Raytheon (США), Kongsberg Maritime (Норвегия), Saab (Швеция), BAE System (Великобритания), ATLAS Elektronik GmbH (Германия), ECA (Франция), Gaymarine Srl's (Италия), Hafmund (Исландия) и др. (табл. 2).



Рис. 9. Приоритеты миссий МПР.

Интеграция МПР в ВМС, несмотря на сравнительно невысокую стоимость самих аппаратов, конечно, требует немалых капиталовложений. Динамика военных расходов США за 65 лет (рис. 10) свидетельствует о современной тенденции их роста. За последнее десятилетие уровень расходов приблизился к 500 млрд долл. США, т.е. примерно соответствует расходам на момент окончания Второй мировой войны.

Основные специфические свойства МПР, способствующие бурному росту интереса ВМС к ним, следующие:

- полная энергетическая автономность;
- полная или почти полная информационная автономность, скрытность, неуязвимость;
- модульность и реконфигурируемость под различные миссии;
- возможность эффективного использования в любых акваториях: на поверхности, в условиях мелководья, в прибойной зоне, на дне;
- интеллектуальные системы управления, открывающие возможность группового координированного использования в ходе масштабных во времени и пространстве сетевых операций.

Отличительная особенность МПР – высокая наукоемкость при сравнительно невысокой стоимости производства.

Таблица 2

МПП на вооружении стран НАТО [13]

Наименование МПП	Фирма-производитель	Страна-производитель	Страны, принявшие МПП на вооружение																																																																																																																				
SCULPIN	HYDROID	США	<p style="text-align: center;"><b>UNMANNED UNDERWATER VEHICLES</b></p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>UUV SYSTEM</th> <th>MANUFACTURER</th> <th>COUNTRY</th> <th>OPERATORS (SYSTEMS IN USE/ORDERS)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>SCULPIN</td> <td>HYDROID</td> <td>U.S.A.</td> <td>U.S.A.</td> </tr> <tr> <td>SWORDFISH</td> <td>HYDROID</td> <td>U.S.A.</td> <td>U.S.A.</td> </tr> <tr> <td>REMUS 100</td> <td>HYDROID</td> <td>U.S.A.</td> <td>BELGIUM, GERMANY, NETHERLANDS, NEW ZEALAND (3), SINGAPORE, NATO (NURC), U.K. (2), NORWAY (1), FINLAND (2+1 OPTION), U.S.A.</td> </tr> <tr> <td>REMUS 600</td> <td>HYDROID</td> <td>U.S.A.</td> <td>U.K. (2), AUSTRALIA (1)</td> </tr> <tr> <td>HUGIN MRS</td> <td>HUGIN</td> <td>NORWAY</td> <td>NORWAY</td> </tr> <tr> <td>HUGIN 1000-MR</td> <td>HUGIN</td> <td>NORWAY</td> <td>NORWAY, FINLAND (3)</td> </tr> <tr> <td>GAVIA</td> <td>HAFVIND</td> <td>ICELAND</td> <td>U.S.A. (1), UNDISCLOSED (2)</td> </tr> <tr> <td>SMCM/UUV-2 (BLUEFIN 12)</td> <td>BLUEFIN ROBOTICS</td> <td>U.S.A.</td> <td>U.S.A. (3)</td> </tr> <tr> <td>BPAUV</td> <td>BLUEFIN ROBOTICS</td> <td>U.S.A.</td> <td>U.S.A. (1)</td> </tr> <tr> <td>BLUEFIN 21</td> <td>BLUEFIN ROBOTICS</td> <td>U.S.A.</td> <td>NATO (1)</td> </tr> <tr> <td>TALISMAN M</td> <td>BAE SYSTEMS</td> <td>U.K.</td> <td></td> </tr> <tr> <td>SAPPHIRE</td> <td>SAAB UNDERWATER SYSTEMS</td> <td>SWEDEN</td> <td>SWEDEN</td> </tr> <tr> <td>SEA OTTER MK 1</td> <td>ATLAS ELEKTRONIK</td> <td>GERMANY</td> <td>GERMANY (1)</td> </tr> <tr> <td>SEA OTTER MK 2</td> <td>ATLAS ELEKTRONIK</td> <td>GERMANY</td> <td>GERMANY (2)</td> </tr> <tr> <td>DAVID</td> <td>DIEHL</td> <td>GERMANY</td> <td></td> </tr> <tr> <td>LBS-G (SLOCUM)</td> <td>TELEDYNE BROWN</td> <td>U.S.A.</td> <td>U.S.A. (UP TO 250)</td> </tr> <tr> <td>PAP-104</td> <td>ECA</td> <td>FRANCE</td> <td></td> </tr> <tr> <td>PINGUIN B3</td> <td>ATLAS ELEKTRONIK</td> <td>GERMANY</td> <td>GERMANY, UAE, REP OF CHINA</td> </tr> <tr> <td>PLUTO (FAMILY)</td> <td>GAYMARINE SRL</td> <td>ITALY</td> <td>ITALY, NIGERIA, NORWAY, S. KOREA, SPAIN, THAILAND</td> </tr> <tr> <td>AN/SLQ-48</td> <td>RAYTHEON</td> <td>U.S.A.</td> <td>U.S.A., EGYPT, GREECE, JAPAN</td> </tr> <tr> <td>S-7/S-10</td> <td>TECHNICAL RESEARCH AND DEVELOPMENT INSTITUTE</td> <td>JAPAN</td> <td>JAPAN</td> </tr> <tr> <td>DOUBLE EAGLE MK I/II</td> <td>SAAB UNDERWATER SYSTEMS</td> <td>SWEDEN</td> <td>AUSTRALIA, DENMARK, FRANCE, FINLAND, SWEDEN</td> </tr> <tr> <td>DOUBLE EAGLE MK III</td> <td>SAAB UNDERWATER SYSTEMS</td> <td>SWEDEN</td> <td>SWEDEN, BELGIUM, NETHERLANDS</td> </tr> <tr> <td>DAURADE</td> <td>ECA</td> <td>FRANCE</td> <td>FRANCE</td> </tr> <tr> <td>MINESNIPEP</td> <td>KONGSBERG</td> <td>NORWAY</td> <td></td> </tr> <tr> <td>K-STER</td> <td>ECA</td> <td>FRANCE</td> <td></td> </tr> <tr> <td>CLUPTAK</td> <td>CTM</td> <td>POLAND</td> <td></td> </tr> <tr> <td>MIKI</td> <td>GAYMARINE</td> <td>ITALY</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	UUV SYSTEM	MANUFACTURER	COUNTRY	OPERATORS (SYSTEMS IN USE/ORDERS)	SCULPIN	HYDROID	U.S.A.	U.S.A.	SWORDFISH	HYDROID	U.S.A.	U.S.A.	REMUS 100	HYDROID	U.S.A.	BELGIUM, GERMANY, NETHERLANDS, NEW ZEALAND (3), SINGAPORE, NATO (NURC), U.K. (2), NORWAY (1), FINLAND (2+1 OPTION), U.S.A.	REMUS 600	HYDROID	U.S.A.	U.K. (2), AUSTRALIA (1)	HUGIN MRS	HUGIN	NORWAY	NORWAY	HUGIN 1000-MR	HUGIN	NORWAY	NORWAY, FINLAND (3)	GAVIA	HAFVIND	ICELAND	U.S.A. (1), UNDISCLOSED (2)	SMCM/UUV-2 (BLUEFIN 12)	BLUEFIN ROBOTICS	U.S.A.	U.S.A. (3)	BPAUV	BLUEFIN ROBOTICS	U.S.A.	U.S.A. (1)	BLUEFIN 21	BLUEFIN ROBOTICS	U.S.A.	NATO (1)	TALISMAN M	BAE SYSTEMS	U.K.		SAPPHIRE	SAAB UNDERWATER SYSTEMS	SWEDEN	SWEDEN	SEA OTTER MK 1	ATLAS ELEKTRONIK	GERMANY	GERMANY (1)	SEA OTTER MK 2	ATLAS ELEKTRONIK	GERMANY	GERMANY (2)	DAVID	DIEHL	GERMANY		LBS-G (SLOCUM)	TELEDYNE BROWN	U.S.A.	U.S.A. (UP TO 250)	PAP-104	ECA	FRANCE		PINGUIN B3	ATLAS ELEKTRONIK	GERMANY	GERMANY, UAE, REP OF CHINA	PLUTO (FAMILY)	GAYMARINE SRL	ITALY	ITALY, NIGERIA, NORWAY, S. KOREA, SPAIN, THAILAND	AN/SLQ-48	RAYTHEON	U.S.A.	U.S.A., EGYPT, GREECE, JAPAN	S-7/S-10	TECHNICAL RESEARCH AND DEVELOPMENT INSTITUTE	JAPAN	JAPAN	DOUBLE EAGLE MK I/II	SAAB UNDERWATER SYSTEMS	SWEDEN	AUSTRALIA, DENMARK, FRANCE, FINLAND, SWEDEN	DOUBLE EAGLE MK III	SAAB UNDERWATER SYSTEMS	SWEDEN	SWEDEN, BELGIUM, NETHERLANDS	DAURADE	ECA	FRANCE	FRANCE	MINESNIPEP	KONGSBERG	NORWAY		K-STER	ECA	FRANCE		CLUPTAK	CTM	POLAND		MIKI	GAYMARINE	ITALY	
UUV SYSTEM	MANUFACTURER	COUNTRY		OPERATORS (SYSTEMS IN USE/ORDERS)																																																																																																																			
SCULPIN	HYDROID	U.S.A.		U.S.A.																																																																																																																			
SWORDFISH	HYDROID	U.S.A.		U.S.A.																																																																																																																			
REMUS 100	HYDROID	U.S.A.		BELGIUM, GERMANY, NETHERLANDS, NEW ZEALAND (3), SINGAPORE, NATO (NURC), U.K. (2), NORWAY (1), FINLAND (2+1 OPTION), U.S.A.																																																																																																																			
REMUS 600	HYDROID	U.S.A.		U.K. (2), AUSTRALIA (1)																																																																																																																			
HUGIN MRS	HUGIN	NORWAY		NORWAY																																																																																																																			
HUGIN 1000-MR	HUGIN	NORWAY		NORWAY, FINLAND (3)																																																																																																																			
GAVIA	HAFVIND	ICELAND		U.S.A. (1), UNDISCLOSED (2)																																																																																																																			
SMCM/UUV-2 (BLUEFIN 12)	BLUEFIN ROBOTICS	U.S.A.		U.S.A. (3)																																																																																																																			
BPAUV	BLUEFIN ROBOTICS	U.S.A.		U.S.A. (1)																																																																																																																			
BLUEFIN 21	BLUEFIN ROBOTICS	U.S.A.		NATO (1)																																																																																																																			
TALISMAN M	BAE SYSTEMS	U.K.																																																																																																																					
SAPPHIRE	SAAB UNDERWATER SYSTEMS	SWEDEN		SWEDEN																																																																																																																			
SEA OTTER MK 1	ATLAS ELEKTRONIK	GERMANY		GERMANY (1)																																																																																																																			
SEA OTTER MK 2	ATLAS ELEKTRONIK	GERMANY		GERMANY (2)																																																																																																																			
DAVID	DIEHL	GERMANY																																																																																																																					
LBS-G (SLOCUM)	TELEDYNE BROWN	U.S.A.		U.S.A. (UP TO 250)																																																																																																																			
PAP-104	ECA	FRANCE																																																																																																																					
PINGUIN B3	ATLAS ELEKTRONIK	GERMANY		GERMANY, UAE, REP OF CHINA																																																																																																																			
PLUTO (FAMILY)	GAYMARINE SRL	ITALY		ITALY, NIGERIA, NORWAY, S. KOREA, SPAIN, THAILAND																																																																																																																			
AN/SLQ-48	RAYTHEON	U.S.A.		U.S.A., EGYPT, GREECE, JAPAN																																																																																																																			
S-7/S-10	TECHNICAL RESEARCH AND DEVELOPMENT INSTITUTE	JAPAN		JAPAN																																																																																																																			
DOUBLE EAGLE MK I/II	SAAB UNDERWATER SYSTEMS	SWEDEN		AUSTRALIA, DENMARK, FRANCE, FINLAND, SWEDEN																																																																																																																			
DOUBLE EAGLE MK III	SAAB UNDERWATER SYSTEMS	SWEDEN		SWEDEN, BELGIUM, NETHERLANDS																																																																																																																			
DAURADE	ECA	FRANCE		FRANCE																																																																																																																			
MINESNIPEP	KONGSBERG	NORWAY																																																																																																																					
K-STER	ECA	FRANCE																																																																																																																					
CLUPTAK	CTM	POLAND																																																																																																																					
MIKI	GAYMARINE	ITALY																																																																																																																					
REMUS 100	HYDROID	США																																																																																																																					
REMUS 600	HYDROID	США																																																																																																																					
HUGIN 1000-MR	HUGIN	Норвегия																																																																																																																					
GAVIA	HUGIN	Норвегия																																																																																																																					
SMCM/UUV-2 (BLUEFIN 12)	BLUEFIN ROBOTICS	Исландия																																																																																																																					
BPAUV	BLUEFIN ROBOTICS	США																																																																																																																					
BLUEFIN 21	BLUEFIN ROBOTICS	США																																																																																																																					
TALISMAN M	BAE SYSTEMS	США																																																																																																																					
SAPPHIRE	SAAB UNDERWATER SYSTEMS	Швеция																																																																																																																					
SEA OTTER MK 1	ATLAS ELEKTRONIK	Германия																																																																																																																					
SEA OTTER MK 2	ATLAS ELEKTRONIK	Германия																																																																																																																					
DAVID	DIEHL	Германия																																																																																																																					
LBS-G (SLOCUM)	TELEDYNE BROWN	США																																																																																																																					
PAP-104	ECA	Франция																																																																																																																					
PINGUIN B3	ATLAS ELEKTRONIK	Германия																																																																																																																					
PLUTO (FAMILY)	GAYMARINE SRL	Италия																																																																																																																					
AN/SLQ-48	RAYTHEON	США																																																																																																																					
S-7/S-10	TECHNICAL RESEARCH AND DEVELOPMENT INSTITUTE	Япония																																																																																																																					
DOUBLE EAGLE MK I/II	SAAB UNDERWATER SYSTEMS	Швеция																																																																																																																					
DOUBLE EAGLE MK III	SAAB UNDERWATER SYSTEMS	Швеция																																																																																																																					
DAURADE	ECA	Франция																																																																																																																					
MINESNIPEP	KONGSBERG	Норвегия																																																																																																																					
K-STER	ECA	Франция																																																																																																																					
CLUPTAK	CTM	Польша																																																																																																																					
MIKI	GAYMARINE	Италия																																																																																																																					

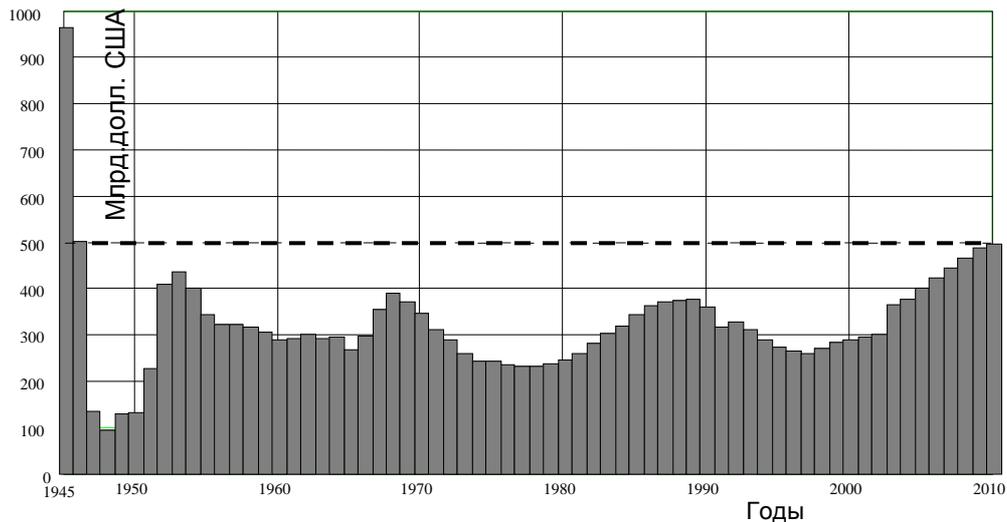


Рис. 10. Динамика военных расходов США.

Провозглашенный в начале XXI в. в США и странах НАТО комплекс военных программ ориентирован на достижение ряда взаимосвязанных целей:

- максимальное расширение зоны безопасности западных государств;
- возможность быстрого переноса наступательной мощи в любой район мира;
- использование моря как маневренного пространства для осуществления совместного управления, огневой поддержки войск на берегу и материально-технического обеспечения.

Все названные области должны интегрироваться через единую сеть управления, в которой реализуется концепция сетевидной войны – ведение всеобщих операций с управлением в единой информационной сети ВМС или объединенных сил.

В зарубежных программах основной компонент всего комплекса сил и средств – система МПР разного целевого назначения. Как показано в табл. 2, для ВМС 11 стран НАТО создано 28 различных типов МПР [13]. Кроме этого, в США и других странах было создано несколько десятков типов подводных роботов в интересах исследовательской и коммерческой сфер. Глобальные расходы на МПР составят 2.3 млрд долл. в течение следующего десятилетия (согласно новому исследованию, опубликованному бизнес-аналитиками компании Douglas-Westwood [13]). В докладе компании также подчеркивается, что чуть меньше половины расходов на МПР между 2010 и 2019 (1.1 млрд долл.) будет поступать из военного сектора.

Сейчас первая стадия развития МПР (проверка концепций) давно позади, завершается вторая стадия развития (развертывание реальной эксплуатации). В настоящее время начинает формироваться третья стадия, связанная с разработкой новых стратегий использования МПР.

**Носители и системы пуск–обратный прием МПР.** Запуск и обратный прием МПР (по завершении миссии) с надводных носителей (корабли, суда, маломерные плавсредства) особых проблем не вызывают. Пуск МПР с подводных носителей (ПЛ, подводные транспортировщики спецназа) связан с решением технических задач создания новых (или использования существующих) пусковых установок, а обратный прием – с решением серьезной проблемы, вполне соизмеримой по сложности со стыковкой космических объектов.

Принцип «выстрелил и забыл», провозглашенный для оружия, здесь не пригоден. Проблема пуска и особенно обратного приема МПР на подводный носитель еще не нашла удовлетворительного решения, она неоднократно рассматривалась в зарубежных и отечественных публикациях [1, 7, 9, 14]. В техническом аспекте процедура обратного приема МПР близка к операции докования. Здесь ее сложность еще более значительна, так как необходимо состыковаться с приемным устройством на движущемся подводном носителе. Известно, что прорабатываются варианты стыковки с выдвижными устройствами как типа решетчатого конуса (рис. 8), так и выдвижного ложемента (рис. 11).

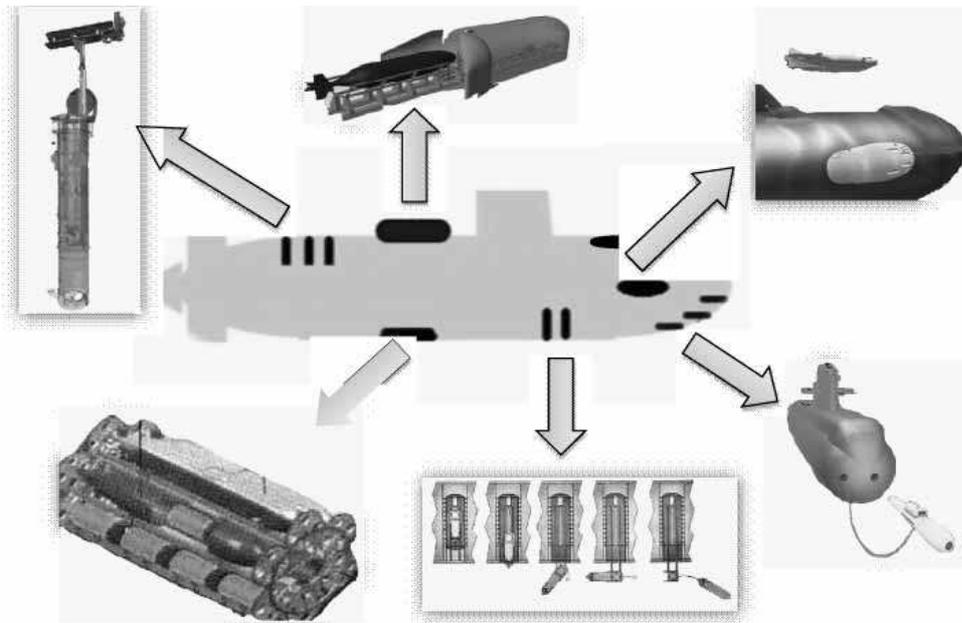


Рис. 11. Варианты стыковки с МПР и размещения ПРТС на ПЛ-носителе (мультифункциональная концепция) [4].

**Вероятные варианты использования МПР в интересах ВМФ.** Настало время разработки и реализации концепций и программ использования МПР у нас в стране, так как изменения в геополитическом положении России значительно сузили ее поле деятельности в Мировом океане и негативно повлияли на все компоненты ее морского потенциала. Задача эта многоаспектна и иерархична по своей структуре. Верхний уровень иерархии связан с политическими, экономическими и военными аспектами: нужно определить наиболее острые угрозы, конфликты и противоречия для современного и обозримого периода времени, сформировать пути эффективного их разрешения, разработать адекватные программы действий, найти способы и средства снятия барьеров, стоящих на пути реализации этих программ в целях защиты интересов России в Мировом океане.

Природные особенности морских рубежей нашей страны, протяженность морской границы, ее огромный арктический сектор, отсутствие там сколь-нибудь развитой инфраструктуры, высокий энергетический потенциал арктического шельфа – все эти масштабные факторы напрямую выдвигают на первый план МПР как эффективное средство решения большинства из стоящих перед нами задач.

Мобильные подводные роботы – это яркий пример так называемых двойных технологий, где можно ожидать рациональное взаимодействие между потенциальными заказчиками со стороны научного мира, промышленности и военных. Для этого нужно преодолеть традиционные межведомственные рамки, мешающие объединению усилий и

не позволяющие существенно сократить затраты на разработки и производство модульных, легко реконфигурируемых под заданные миссии МПР.

МПР могут и должны помочь в решении существенного блока задач военного, промышленного и исследовательского характера:

- охраны акваторий полигонов, военно-морских баз, портов и гаваней от несанкционированного проникновения;
- обеспечения безопасности морских нефте- и газодобывающих установок, подводных трубопроводов и кабельных линий;
- мониторинга отечественных территориальных вод;
- участия в обследовательских и разведывательных подводно-технических работах широкой целевой направленности на морском шельфе;
- исследовательского мониторинга водной среды, морского дна, ледового покрова, масштабной батиметрической съемки, экологических наблюдений, оценки биоресурсов океана;
- освещения подводной обстановки и т.д.

Главными проблемами в разработках перспективных МПР были и остаются следующие:

- энергетическая автономность;
- поведенческая автономность (интеллектуализация управления, в том числе группового);
- высокоточная навигация, в том числе в высоких широтах;
- подводная связь.

Это серьезные и безотлагательные задачи для научно-исследовательских организаций РАН, промышленности и ВМФ, для КБ целого ряда отраслей.

## Литература

1. Алиев Ш.Г., Боженов Ю.А., Борисенко К.П., Гизитдинова М.Р., Кузьмицкий М.А. Торпедное оружие. Т.1–6. М.: Наука, 2002–2005.
2. Автономные подводные роботы. Системы и технологии / Под общ. ред. М.Д.Агеева. М.: Наука, 2005.
3. Кузык Б.Н. Выбор века. М.: ИНЭС, 2000.
4. Marc S. Stewart, John Pavlos. A Means to Networked Persistent Undersea Surveillance (U). General Dynamics Electric Boat, University of Washington. 2006.
5. Паушкин Я.М. Химия реактивных топлив. М.: Изд. АН СССР, 1962.
6. ВМС и кораблестроение // Дайджест зарубежной прессы. Вып.31. ЦНИИ им.А.Н.Крылова. СПб., 2002.
7. Необитаемые подводные аппараты военного назначения / Под ред. М.Д.Агеева. Владивосток: Дальнаука, 2005.
8. Гизитдинова М.Р. Планерные автономные необитаемые аппараты ВМС зарубежных стран. Современное состояние и перспективы развития // Морской сборник. 2005. №7. С.59–65.
9. Алексеев Г.Н. Основы теории энергетических установок подводных подвижных аппаратов. М.: Наука, 1974.
10. Кузьмицкий М.А., Гизитдинова М.Р., Боженов Ю.А. Перспективы и проблемы создания многоцелевых модульных подводных роботов // Докл. на выездном засед. Совета по гидрофизике СПбНЦ РАН. Тр. ФМП СПбГМТУ. СПб.: ЦНИИ «Гидроприбор», 2005.
11. Гизитдинова М.Р. Самоходные автономные необитаемые подводные аппараты – прорыв в подводных технологиях // Морская радиоэлектроника. 2005. № 4(14).
12. Гизитдинова М.Р., Кузьмицкий М.А. Традиционные и неординарные решения в подводной робототехнике // Матер. XVI-й НТК «Экстремальная робототехника». СПб.: СПбГПУ, ЦНИИ РТК, 2006.
13. Unmanned underwater vehicles (UUVs). Sector Report. DW\_09REPORT uuv.pdf.
14. Сиденко К.С., Илларионов Г.Ю. Автономные подводные роботы в войнах будущего // Арсенал. Военно-промышленное обозрение. 2008. № 2. С.86–93.

Статья поступила в редакцию 25.05.2011 г.

