



СОДЕРЖАНИЕ

Статьи

<i>Гизитдинова М.Р., Кузьмицкий М.А.</i> Мобильные подводные роботы в современной океанографии и гидрофизике.....	4
<i>Шейнман Е.Л.</i> Критерии и алгоритмы оценки эффективности комплексирования информации в многоканальной информационной системе.....	14
* <i>Трусова О.И.</i> Программно-методический комплекс анализа данных при проведении испытаний стационарных гидроакустических систем.....	25
* <i>Семенов Н.Н.</i> Обнаружение сложного искусственного объекта, лежащего на грунте.....	36
* <i>Шолохов А.С.</i> Многоканальное цифровое устройство для имитации углового положения объектов в комплексах полунатурного моделирования гидроакустических сигналов.....	44
* <i>Дерновский В.Л.</i> Моделирование влияния вибраций на формирование изображения в теневых приборах с учётом конечных размеров источника света.....	50
* <i>Васильев А.Д., Терешкин А.А.</i> Экспериментальное исследование волнового гравитационного течения в канале.....	59

Рецензии на книги

Малышкин Г.С. Оптимальные и адаптивные методы обработки гидроакустических сигналов. Том 1.	64
---	----

Из истории науки

115 лет со дня рождения академика В.В.Шулейкина.....	65
100 лет диссертации Д.И.Менделеева «О соединении спирта с водой».....	69
Поздравляем	72
Внимание, конкурс!	77
Правила представления материалов в редакцию.....	80

* Доклады прочитаны на Первой конференции молодых ученых и специалистов «Прикладные технологии гидроакустики и гидрофизики» (МАГ-2009).

CONTENTS

Articles

<i>Gizitdinova M.R., Kuzmitsky M.A. Mobile Underwater Robots in Modern Oceanography and Hydrophysics</i>	4
--	---

In article the current state and prospects of development of system of the problems solved within the limits of hydrophysical researches of the World ocean, and system of means with which help these problems can be solved is analyzed. Modern position with oceanographic researches in the Russian Federation, the place and the role of mobile underwater robots (or UUVs) in their further development is considered. Dual character of missions which can effectively carry out UUVs in solving civil problems (research and commercial) and military-oriented problems is underlined. Advantages of use of independent networks of oceanographic measurements on the basis of UUVs are estimated. The spectrum functionally focused UUVs for achieving the primary goals of underwater researches is resulted.

Key words: the mobile underwater robot, hydrophysical researches, oceanography, independent networks.

<i>Sheinman E.L. Criteria and Algorithms of the Efficiency Estimation of the Information Integration in Multichannel Information Processing System.....</i>	14
---	----

The problem of the efficiency estimation of the information integration in multichannel information processing system is considered. The concept of a complex task of object detection (detection - classification - determination of position) for multichannel information processing system is determined, taking into account identification of signals, which have been detected in various information channels. Probabilistic criteria and analytical algorithms of the efficiency estimation of the complex task of object detection in multichannel information system are developed.

Key words: information integration efficiency, multichannel information processing system, efficiency criteria, identification of signals.

<i>Trusova O.I. Program-methodical Data Analysis Complex in Tested Stationary Sonar Systems.....</i>	25
--	----

The report considers a program-methodical analysis complex of data obtained in tests of stationary hydroacoustic systems. We consider a method for analyzing the characteristics of sonar signals, methods of analyzing the characteristics of reverberation and mode structure of the acoustic waveguide. Results of the analysis of experimental data of the high-frequency active sonar, held in shallow sea, are described.

Key words: sonar signals, reverberation, mode structure of waveguide, active sonar, methods of analyzing the characteristics, experimental data.

<i>Semenov N.N. Detection of complex artificial object lying on the ground</i>	36
--	----

Results of numerical modeling of a small-sized sonar are resulted at detection and estimation of parameters of the complicated artificial object lying at the bottom.

Key words: sonar, echosignal, bottom reflection, beam spread, interference.

<i>Sholokhov A.S.</i> Multichannel digital device for imitation of angular position of objects in complexes of half-scale modelling of hydroacoustic signals.....	44
---	----

Principles of construction of multichannel digital device are considered, allowing to model angular position of object of hydrolocation with use of electric channel of reception path of the test system. Device allows to expand opportunities of complexes of half-scale simulation, including multichannel electronic simulator of hydroacoustic signals, acoustical array and hydropool.

Key words: modelling, seminatural, the simulator, the shaper, time shift.

<i>Dernovsky V.L.</i> Simulation of vibration influence on image forming in schlieren visualizer of marine density inhomogeneities subject to finite size of light source.....	50
--	----

Simulation of image forming in autocollimating schlieren visualizer of marine density inhomogeneities, subject to vibration of hydrophysics apparatus carrier, is completed. Method of illumination field computing is brought. Illumination field is computed on the surface of the photodetector array, subject to inhomogeneities absence in viewing volume, for either coherent or incoherent light source.

Key words: schlieren device, simulation, vibration, image forming, finite size of light source.

<i>Vasiliev A.D., Tereshkin A.A.</i> Experimental research of the gravitational wave channel flow.....	59
--	----

This paper describes a research of wave and turbulent processes in the channel to the sudden destruction of bridges, which separates the initial time two liquids of different densities in the channel are made in the laboratory Department of fluid mechanics and marine acoustics of St. Petersburg State Marine Technical University. Processes taking place in the channel were recorded on a digital camera. The resulting video was divided into frames and the most interesting moments were represented. Evaluation of wave propagation velocity, the Reynolds number and Froude number was produced.

Key words: internal waves, stable and unstable stratification, visualization of the wave motion, the Boussinesq approximation.

УДК 626

© М.Р.Гизитдинова¹, М.А.Кузьмицкий¹
grm@pochta.tvoe.tv

МОБИЛЬНЫЕ ПОДВОДНЫЕ РОБОТЫ В СОВРЕМЕННОЙ ОКЕАНОГРАФИИ И ГИДРОФИЗИКЕ

Дан анализ современного состояния и перспектив развития подводной робототехники для гидрофизических исследований Мирового океана. Рассмотрены состояние, место и роль мобильных подводных роботов (МПР). Подчеркнут двойственный характер миссий, эффективно выполняемых МПР в интересах решения гражданских задач (исследовательских и коммерческих) и задач военного назначения. Оценены преимущества использования автономных сетей океанографических измерений на базе МПР. Приводится спектр функционально ориентированных МПР для решения основных задач подводных исследований.

Ключевые слова: мобильный подводный робот, гидрофизические исследования, океанография, автономные сети.

Оценка места и роли каждого нового образца современной сложной техники – это многоплановая и многоаспектная задача, необходимость решения которой очевидна. Труднее получить однозначный ответ, когда речь идет не об одном отдельно взятом образце, а о целом новом классе образцов подводной техники – о мобильных подводных роботах (МПР). Место новых образцов определяется тем, какие задачи они могут решать, а роль – тем, какой вклад в решение конкретных задач, обеспечиваемых определенной системой технических средств, они могут внести.

Естественный путь оценки места и роли МПР – анализ современного состояния, перспектив развития, оценка недостаточности существующей системы средств, соотношение двух системных объектов: системы задач, с одной стороны, и системы средств, с помощью которых можно решать эти задачи, с другой. Необходимость достижения требуемого уровня адекватности между этими двумя системами и является целью сопоставительного анализа задач океанографии и гидрофизики на современном этапе и возможностей МПР.

В последней четверти XX в. основные средства изучения Мирового океана размещались на научно-исследовательских судах (НИС). Их общее количество в мире составляло примерно 780, ежегодно строилось около 10 судов на смену устаревшим. Общее водоизмещение Мирового исследовательского флота по данным Регистра Ллойда составляло примерно 2100 тыс. т. НИС владели 72 государства, из них 12 (США, Панама, Великобритания, СССР, Япония, Германия, Франция, КНР, Куба и др.) имели по 10 и более судов. США располагали 172 НИС. Наиболее многочисленную группу составляли многоцелевые НИС (390 ед.), затем – специализированные (гидрографические, геологические, сейсмические, геофизические и т.д.) – 90 ед. По прямому назначению зарубежные НИС использовались в среднем 220-260 суток в году.

Ранние технологии океанографических измерений, использовавшие опускаемые с борта судна батометры, давали вертикальные профили для считанных точечных замеров. Появление электронных средств измерений типа *CTD* обеспечило непрерывность

¹ Санкт-Петербургский государственный морской технический университет

измерений, увеличило объем информации по вертикали, однако пространственно-временные возможности таких технологий оставались крайне ограниченными. Буйковые станции увеличили плотность информации во временном масштабе, но пространственные ограничения были еще большими, чем при судовых измерениях. Спутниковые измерения обеспечили практически глобальный охват поверхности океана, но их возможности ограничены только поверхностным слоем в безоблачные дни.

За последние 50 лет накопленная океанологическая информация, расширение используемых методов и средств измерений, интенсивное внедрение математических методов в практику океанографических исследований значительно расширили наши знания о Мировом океане [1]. Однако здесь еще предстоит сделать гораздо больше, чем уже сделано. Океан, как известно, мы знаем хуже, чем поверхность Луны.

Внутренним лимитирующим фактором для современной России является существенное несоответствие располагаемых ресурсов масштабу исследовательских задач. С изменением экономической ситуации в нашей стране в результате системного кризиса 90-х гг. океанографические исследования сократились на порядок, значительная часть НИС и аппаратуры утрачены, в то время как все задачи по исследованию Мирового океана и окраинных морей (научные исследования, освоение и добыча пищевых и минеральных ресурсов, охрана государственных границ, оборона страны, долгосрочные прогнозы погоды и безопасность мореплавания) остались [2].

Мониторинг морской среды в настоящее время превратился в крупномасштабную и дорогостоящую деятельность, что наглядно подтверждает рис. 1. Развертывание средств и систем подводного наблюдения в Мировом океане осуществляется в рамках широкомасштабных международных океанографических и военных программ контроля за состоянием окружающей среды. Одна из фундаментальных проблем современной океанографии – создание и развитие Глобальной Океанической Наблюдательной Системы (*Global Ocean Observing System – GOOS*) за состоянием акватории Мирового океана, решаемой под эгидой Межправительственной Океанографической Комиссии (МОК) ЮНЕСКО.

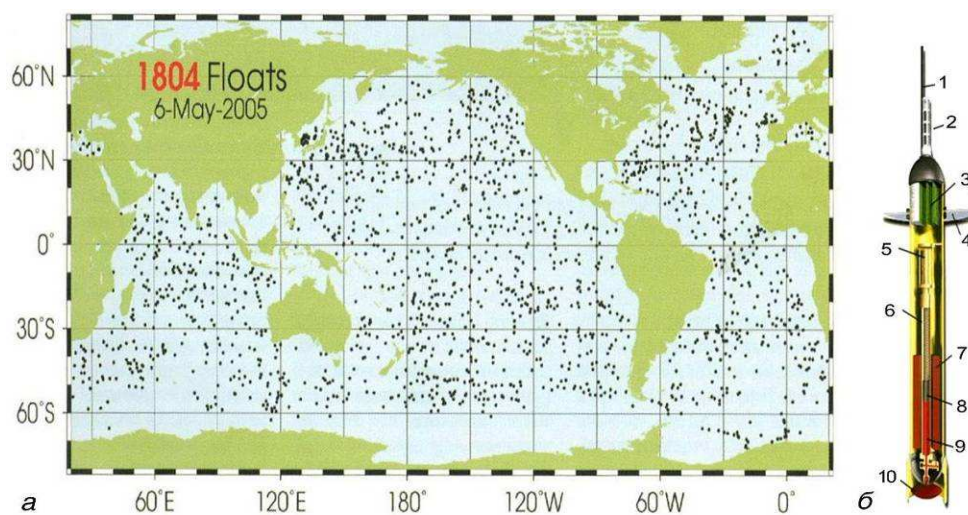


Рис. 1. Опорные центры глобальной системы мониторинга подводной среды:

а – карта расстановки буюв; *б* – измерительный автоматический буй:

- 1 – спутниковая антенна; 2 – датчик температуры и солёности; 3 – блоки РЭА; 4 – диск обеспечения устойчивости; 5 – электродвигатель с редуктором; 6 – поршневой насос; 7 – аккумуляторная батарея; 8 – поршень; 9 – рабочая жидкость гидравлики; 10 – камера регулирования плавучести.²

² Данченков М.А., Волков Ю.Н. Проект ARGO – создание глобальной сети океанографических станций // Подводные технологии и мир океана. 2005. № 1.

Несомненно, существенную роль в развитии мобильных роботизированных океанографических и гидрофизических средств играет военная составляющая. ВМС США использовали МПР при проведении океанографических исследований в рамках программы ASWEPS (система прогнозирования океанографических данных для противолодочной войны). На основе системы мониторинга океанской среды отрабатывается организация сбора данных о параметрах боевого пространства. Для обеспечения ведущей роли в будущем боевом пространстве ударных роботов предназначена создаваемая в США глобальная система ASW (*Antisubmarine warfare*), которая должна обеспечивать формирование общей картины подводной обстановки, складываемой из «мозаики» отдельных информационных блоков, определяющих оперативно-тактическую ситуацию в различных районах Мирового океана. На вооружении NAVOCEANO находится полуавтономная картографическая система SAMS (*Semi Autonomous Mapping System*), главным элементом которой является управляемый по акустическому каналу МПР, способный в течение 12 ч автономно наносить на карту маршрут своей миссии в диапазоне глубин от 100 до 6000 м. Составление батиметрических карт – важнейшая задача для обеспечения долговременных миссий без всплытия на поверхность, в подледных условиях, когда навигация может осуществляться по данным батиметрии.

В ВМС США вопросам развития МПР военного назначения уделяется исключительное внимание, регулярно разрабатывается генеральный план (*Master Plan*) по созданию МПР на заданный период упреждения. Их классификацию и назначение (в соответствии с *Master Plan 2004*) иллюстрирует табл. 1.

Таблица 1

Классификация и назначение подводных аппаратов ВМС США

Приоритет	Задачи	Портативный аппарат	Легкий аппарат	Тяжелый аппарат	Большой аппарат
1	Информация, наблюдение, разведка	Специальные задачи	Обследование гаваней	Тактический	Опорный
2	ПМО	Поиск, обнаружение и уничтожение	Оперативная очистка		
3	ПЛО				
4	Инспекция	Поддержка антитеррористических сил и защита от диверсантов			
5	Океанография		Специальные задачи	Работа в прибрежной зоне	Работа в удаленных районах

Из данных табл. 1 следует, что задачи собственно океанографических исследований ВМС США ставят на 5-е по приоритетности место, однако в прикладном плане эти обеспечивающие задачи в той или иной мере решаются в рамках каждой из целевых задач, имеющих более высокий приоритет. Естественно, гидрографические измерения играют важную роль в задачах информационного обеспечения, наблюдения и разведки. Важны они и при решении задач противоминной обороны. Помимо решения основной задачи по поиску и уничтожению (нейтрализации) мин, МПР могут собирать информацию о пульсации течений, профилях береговой черты, естественных препятствиях, песчаных барах, мелях, каналах, осадочных породах, прозрачности воды, характеристиках грунта.

В наибольшей степени МПР с их уникальными возможностями пригодны для организации масштабных траекторных обследований любых гидрофизических полей, пространственная структура которых характеризуется такими свойствами, как протяженность, изменчивость, аномальный уровень, наличие корреляции в геометрии поля и т.д. Все большее применение МПР находят при решении задач разведки и освоения морских природных ресурсов, изучения геологического строения дна океана, обследования гидрофизических полей в районах активной вулканической деятельности и на предельных глубинах океана, при прокладке подводных трубопроводов и контроле их состояния. Интерес к МПР связан с их возможностями эффективно функционировать длительное время на больших акваториях и глубинах, в агрессивных или угрожающих жизни людей условиях, в априори непредсказуемой обстановке [3].

Несмотря на обилие показанных на рис. 1 измерительных автоматических буйев, не имеющих собственной системы перемещения в водной среде, осуществление мониторинга с необходимой детальностью либо слишком дорого, либо вообще невозможно. Один из реальных путей решения проблемы получения достаточного количества данных, с помощью которых можно было бы с приемлемой точностью описать динамику физических, химических, и биологических параметров в морях и океанах, – создание автоматизированных распределенных систем как неподвижных, так и движущихся платформ, т.е. МПР, способных производить съемку физических полей и объективный анализ результатов измерений по разрезам, опорным профилям и площадям.

Преимущества МПР при решении задач широкомасштабных гидрофизических измерений известны и подтверждены имеющимся опытом. Это открывает следующие возможности:

- производство прецизионных измерений в сочетании с высокой точностью навигационной привязки;
- организация регулярной сети траекторий, обеспечивающей достоверную картину распределения исследуемых характеристик водной среды;
- оперативный мониторинг и документирование информации [4].

Автономные сети океанологических измерений (АСОИ), формируемые на базе МПР, позволят производить измерения в заданном районе с высоким разрешением как по времени, так и в пространстве. Автономность такой сети значительно снизит удельные затраты на сбор данных по сравнению с традиционными методами. Определяющим элементом АСОИ является автономная платформа с длительным временем работы – МПР большой автономности. Сбор и передача собранной информации как от МПР-носителей измерительной аппаратуры, так и от стационарных датчиков на центральный пост обработки может эффективно осуществляться с помощью модемной связи и портативных МПР. Компания *Benthos* совместно с компанией *Sippican* (США), например, в 2001г. экспериментально проверила возможность использования портативного имитатора ПЛ *EMATT Mk39* в качестве средства для переноса информации от ГА-модема *ATM 885* к системам связи потребителя (рис. 2).



Рис. 2. Имитатор ПЛ *EMATT Mk39*.

На испытаниях скорость передачи информации составляла: для управления МПР

ЕМАТТ – 150 байт/с и 800 байт/с – для передачи информации. Надежная ГА-связь обеспечивалась на расстоянии 500 м. Ведутся работы по увеличению дистанции.

Концепция АСОИ решает проблему ограниченности объема измерений в океанах. Естественно, подобная концепция может оказаться весьма плодотворной и для военных применений. В перспективе речь идет о создании постоянно действующей системы освещения подводной обстановки двойного назначения, в которой существенную роль должны играть мобильные подводные роботы. В Генеральном Плане ВМС США по развитию МПР (*The NAVY UUV Master Plan*) отмечается цель создания и применения гидрографических аппаратов: *«для проведения небоевых действий с целью поддержки боевых кораблей; это такие действия как сбор метеорологических и океанографических данных, для чего также необходимо рассматривать необитаемые системы с целью улучшения их рабочих характеристик и уменьшения стоимости»*.

В настоящее время существует достаточно широкий класс многоцелевых исследовательских аппаратов, использующихся для океанографических измерений как на шельфе, так и на больших глубинах [2, 4]. Примером может служить создание в США и странах Евросоюза серии аппаратов “*Sea Horse*”, “*Autosub*”, “*Odyssey*”, “*Ocean Voyager*”, “*Ocean Explorer*”, “*REMUS*”, “*Maridan*”, “*Alistar*”, “*Gavia*” и др., применявшихся в ряде гидрографических исследований, в том числе по программе военно-морского океанографического управления США NAVOCEANO. Подводные роботы за четыре десятилетия существования очень быстро прошли этапы экспериментальных единичных разработок, демонстрационных испытаний, различного рода рекламных акций. Сегодня разработками и производством МПР за рубежом занята целая научно-индустриальная сеть организаций, предприятий, фирм, корпораций, университетов, научных центров. Новый класс высокоэффективных подводных техносистем всерьез заявил о себе, подводные роботы нашли своих заинтересованных заказчиков и пользователей.

Весь спектр задач, в которых МПР могут проявить свои уникальные свойства, оказался тесно связанным с интересами совершенно разных ведомств: океанографических, гидрографических, картографических, морской нефте- и газодобычи, военно-морских сил, береговой охраны и т.д. Во многих задачах, которые способны эффективно решать МПР, оказались заинтересованы как гражданские, так и военные специалисты. Вследствие относительно низкой стоимости производство МПР может быть крупносерийным, а их применение широкомасштабным. Работы по созданию МПР проводятся в США, Канаде, Великобритании, Франции, ФРГ, Италии, Норвегии, Швеции, Исландии, Японии, а в последние годы – в Китае, Индии и т.д., о чем свидетельствуют доклады специалистов этих стран на ежегодных конференциях по морским технологиям и экспонирующиеся образцы. У нас в стране с 1974 г. по настоящее время усилиями специалистов ИПМТ ДВО РАН создано 15 МПР, из которых 7 работают на глубинах до 6000 м.³

Мобильные подводные роботы – это яркий пример так называемых двойных технологий, где можно ожидать рационального взаимодействия потенциальных заказчиков с трех сторон: 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.

Анализ 112 современных проектов МПР в 15 странах мира показал следующее распределение по их назначению (в % от общего числа):

- экспериментальные научно-исследовательские проекты – 16,3%;
- гражданские – 25%;
- военные (в том числе исследовательские) – 20,65%;

³ См. сб. науч. тр. «Фундаментальная и прикладная гидрофизика». № 4(6). СПб.: Наука, 2009. С.59-65.

- двойного назначения – 38,05% [5].

Основные специфические свойства МПР, способствующие бурному росту интереса 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, на мелководье, в прибойной зоне, на дне; интеллектуальные системы управления, открывающие возможность группового координированного использования в ходе масштабных во времени и пространстве сетцентрических операций. Отличительная особенность МПР – высокая наукоемкость при сравнительно невысокой стоимости производства.

Наглядный пример успешной реконфигурации аппарата под новые миссии – МПР *REMUS (Remote Environmental Monitoring Unit System)*. Этот портативный аппарат изначально создавался в интересах гидрофизических исследований, однако был востребован ВМС США и, будучи реконфигурирован для выполнения противоминных операций, был успешно использован в войне с Ираком в 2003 г. [6]. МПР *REMUS* оказался удачным и положил начало ряду модификаций со все большей глубиной погружения.

Характеристики 4-х моделей МПР *REMUS* представлены в табл. 2:

Таблица 2

Характеристики семейства МПР *REMUS*

Тип аппарата	Масса, кг	Глубина, м
<i>REMUS-100</i>	36	100
<i>REMUS-TIV</i>	270	450
<i>REMUS-600</i>	240	600
<i>REMUS-6000</i>	700	6000

МПР, созданные в мире к настоящему времени, существенно различаются по своим массогабаритам, глубинам погружения, по вектору основных тактико-технических характеристик. Морфология МПР чрезвычайно многообразна, даже если рассмотреть всего три морфологических признака:

1. **Среда функционирования:** поверхностные, приповерхностные, мелководные, глубоководные, донные.

2. **Способ управления:** телеуправление по ВОЛС, телеуправление по ГА-каналу, супервизорное управление по макрокомандам, автономное контекстное управление.

3. **Тип энергосистемы:** электрические ЭСУ с ХИТ, тепловые аэробные ЭСУ, тепловые анаэробные ЭСУ, гравистатические, солнечные батареи, использование градиента температур термоклина, радиоизотопные.

Общее число принципиально возможных вариантов по этим трем морфологическим признакам составляет 140. Практически, почти все они реализованы в уже созданных образцах. В разработках перспективных МПР были и остаются следующие главные проблемы [7]:

- энергетическая автономность;
- поведенческая автономность (интеллектуализация);
- точная навигация;
- связь;
- датчики.

Наряду с этими главнейшими задачами решаются десятки менее значимых задач, не играющих столь важной роли. Проблема увеличения энергетической автономности

решается как традиционными методами, имеющими солидную предысторию (разработка более совершенных ХИТ, использование тепловых ЭСУ), так и принципиально новыми путями, носящими концептуальный характер: использование гравистатического принципа движения (планирующие МПР) [2, 7], использование солнечной энергии [2–4], использование подводных станций-доков "дозаправки" (с предварительным обзорованием обследуемой акватории) [6] (рис. 3, 4).

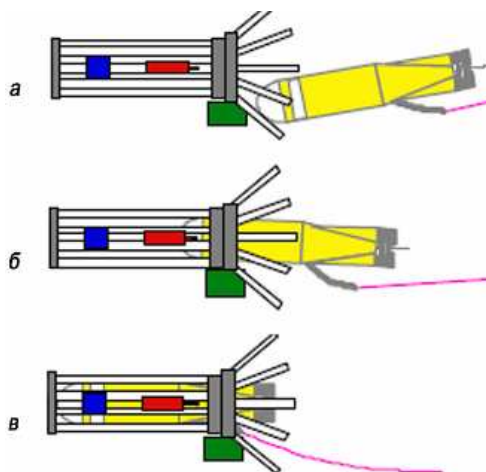


Рис. 3. Этапы причаливания и стыковки МПР:
а – наведение на гидроакустический маяк;
б – вход в «гнездо»; в – фиксация в «гнезде» и подключение к оптоволоконной линии связи.

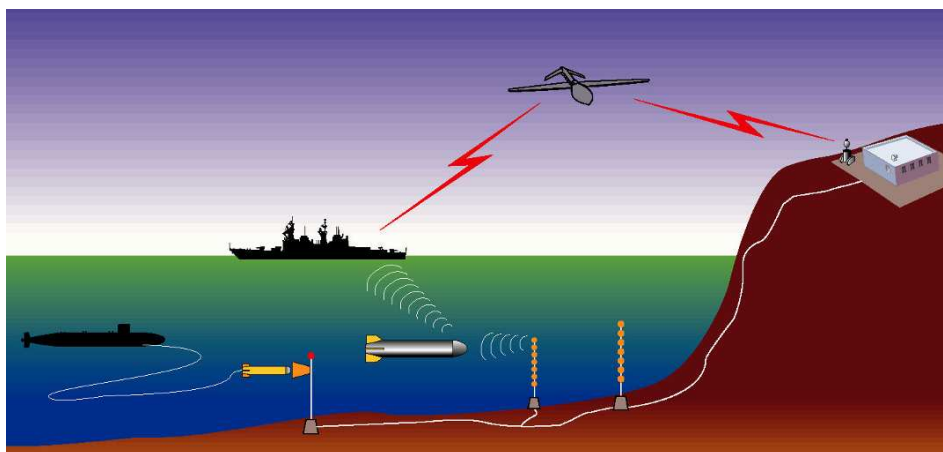


Рис. 4. Подключение подводной лодки и надводного корабля к береговому посту с помощью подводных станций – доков.

Морские испытания планирующих аппаратов и МПР на солнечных батареях убедительно показали, что их автономность измеряется месяцами. Это открывает недоступные ранее перспективы в проведении длительных по времени и масштабных по размерам обследуемых акваторий океанографических и гидрофизических исследований группой совместно действующих роботов.

Подводя итог, можно выделить спектр направлений работ в мире по созданию МПР для эффективного решения научных и промышленных задач, связанных с проблематикой океанографии, морской картографии, гидрофизики, гидроакустики, гидробиологии и морской геологии.

Наиболее масштабные задачи, которые могут решать **МПР для океанографических работ**, связаны с измерениями:

- параметров верхнего слоя океана и нижнего слоя атмосферы;

- поверхностных, среднеглубинных и глубоководных течений;
- температуры, плотности и солености;
- скорости распространения звука;
- различий в цвете и прозрачности воды;
- наличия и состава фито- и зоопланктона;
- химического состава морской воды;
- уровня биолюминисценции и т.д.

Значительная часть из этих функций, как известно, успешно выполнялась портативным МПР *REMUS*, имеющего 6 модификаций за счет сменяемого носового отсека полезной нагрузки [6] (рис. 5).

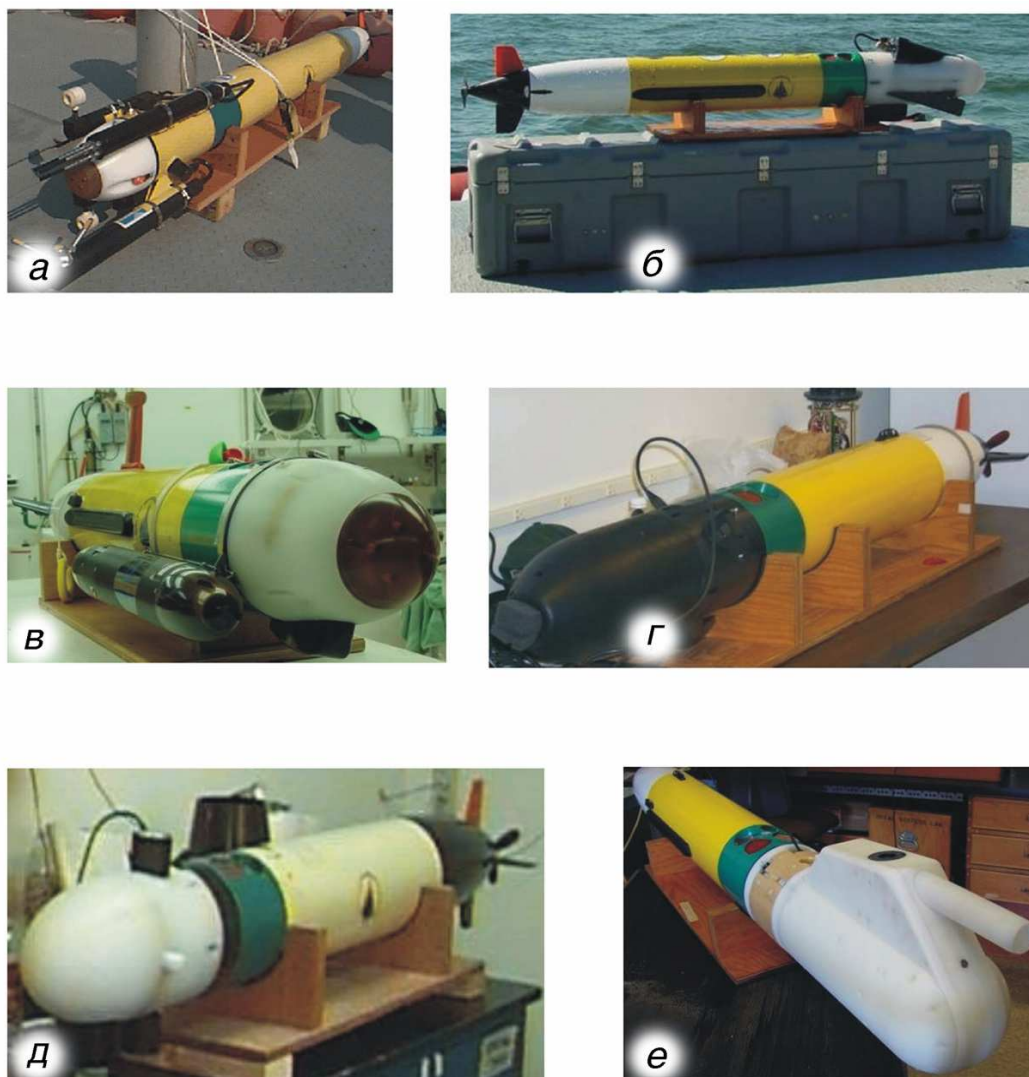


Рис. 5. Модульный принцип конструкции МПР «*REMUS*»:

а – вариант для изучения погодных аномалий оборудован (сверху и снизу) доплеровским акустическим профилографом, датчиком *CTD*, доплеровским акустическим измерителем скорости; *б* – вариант для записи видеоизображений на жесткий диск в воде с ограниченной видимостью; *в* – оборудован системой *GPS*, двумя приемопередатчиками для точной навигации, ГБО, *CTD* и пр.; *г* – оборудован датчиком биолюминисценции, флюорометром, ГАС, двумя доплеровскими акустическими профилографами; *д* – снабжен верхним и нижним радиометрами и флюорометром, антенной ДБ ГАНС, обеспечивающей навигацию МПР на расстоянии более 6 км; *е* – оборудован насосом для забора планктона.

Следующую группу задач могут решать:

- **МПП для морской картографии** (батиметрическая съемка, акустическое профилирование, прецизионное картографирование);
- **МПП для томографии верхнего слоя морского дна;**
- **МПП для изучения водных животных.** Здесь неоценимую помощь могут оказать МПП, основанные на принципах биолокомоций, имитирующих движение естественных гидробионтов [8];
- **МПП для морской геологоразведки** (поиск полезных ископаемых, разведка местности для строительства морских буровых установок, прокладки подводных нефте- и газопроводов, их последующее инспектирование и пр.);
- **МПП для исследования водных экосистем** уже успешно применялись в ходе нескольких экспедиций ИПМТ ДВО РАН, начиная с 1991 г. [9];
- **МПП для охраны подводных сооружений, акваторий портов, гаваней и т.д. от несанкционированного проникновения;**
- **МПП для обнаружения, идентификации и локализации аномалий природного и техногенного генезиса** (магнитных, химических и пр.).

Этот перечень можно продолжить. Не следует думать, что для выполнения каждой из названных выше миссий нужно создавать специальный МПП. Современные модульные технологии позволяют, при надлежащей координации разработок, ограничиться созданием немногочисленного количества базовых конструкций, а разнообразие выполняемых функций обеспечить путем реконфигурации, используя необходимый набор модулей полезной нагрузки.

Значительная часть перечисленных выше задач научной и промышленной сфер могут эффективно решаться и уже решаются малогабаритными МПП. По мере развития микроэлектроники, мехатроники, миниатюризации источников энергии (а это – магистральный путь развития техники) малогабаритные МПП будут играть все более существенную роль в реализации двойных технологий освоения Мирового океана. Уже сейчас, согласно взглядам специалистов США, количество миссий, которые могут быть возложены на МПП разных размерений и массы, распределяется так: портативные – 9; легкие – 5; тяжелые – 4; большие – 8.

Переход от достаточно крупных МПП типа *Seahorse*, *Autosub*, *Alister* к малогабаритным МПП решит важную для освоения российского континентального шельфа задачу: возможность использования малогабаритных МПП с маломерных плавсредств, непосредственно с необорудованного побережья, с ледового покрова. Отсутствие развитой инфраструктуры практически на всем российском побережье Северного Ледовитого океана и на значительной части Дальневосточного побережья придают этой задаче особую значимость.

Решающие аргументы в пользу МПП в сфере океанографии и гидрофизики – это мобильность, определяющая возможность обслуживания оперативных зон большого масштаба, а также минимальная степень участия человека-оператора в управлении, что крайне важно по следующим причинам:

- человек-оператор зачастую является “слабым звеном” в эргатической системе “человек-машина” в силу ограниченности своих психофизиологических возможностей, а также из-за неприемлемо высокого риска для человека во многих подводных операциях в экстремальных условиях их проведения;
- участие человека в качестве оператора, действующего с поста управления, размещенного на борту носителя (обеспечивающего судна и т.п.) или на береговой базе, предопределяет существенные ограничения на размеры оперативной зоны действия системы, ограничивая также и свободу маневрирования носителя (с оператором на бор-

ту); во многих случаях нахождение носителя в районе проведения операции невозможно (мелководье, наличие ледового покрова и т.д.);

– размещение человека-оператора непосредственно на борту подводного технического средства требует обеспечения минимально необходимых комфортных условий и наличия систем жизнеобеспечения, а это - дополнительные объемы и устройства, существенно увеличивающие массогабаритные характеристики подводной технической системы со всеми вытекающими отсюда последствиями (увеличение объемов помещений на носителе, выделяемых под размещение системы, увеличение требуемой грузоподъемности спуско-подъемных устройств и т.д.);

– участие человека значительно удорожает все работы.

Будущее, несомненно, за мобильными подводными роботами.

Литература

1. *Нерсесов Б.* Современные методы и средства океанологических исследований // Морской сборник. 2008, № 5.
2. *Алиев Ш.Г., Боженов Ю.А., Борисенко К.П., Гизитдинова М.Р., Кузьмицкий М.А.* Торпедное оружие. Т. 5. «Самоходные автономные необитаемые подводные аппараты». М.: Наука, 2005.
3. *Гизитдинова М.Р., Кузьмицкий М.А.* Перспективные направления развития подводных роботов // Материалы 14 НТК «Экстремальная робототехника». СПб.: СПбГПУ, 2004.
4. *Агеев М.Д., Киселев Л.В., Матвиенко Ю.В. и др.* Автономные подводные роботы: системы и технологии. М.: Наука, 2005.
5. *Бочаров Л.Ю.* Современные тенденции в развитии миниатюрных подводных аппаратов и роботов за рубежом // Подводные исследования и робототехника. Владивосток: ДВО РАН, 2006. № 2.
6. *Агеев М.Д., Наумов Л.А., Илларионов Г.Ю. и др.* Необитаемые подводные аппараты военного назначения. Владивосток: Дальнаука, 2005.
7. *Гизитдинова М.Р.* Планерные автономные необитаемые аппараты ВМС зарубежных стран. Современное состояние и перспективы использования // Морской сборник. 2005. № 7.
8. *Кузьмицкий М.А., Гизитдинова М.Р.* Автономные подводные роботы на бионических принципах локомоций // Подводные исследования и робототехника. Владивосток: ДВО РАН, 2006. № 2.
9. *Дулепов В.И., Лелюх Н.Н., Бабак Л.Н., Ваулин Ю.В., Щербатюк А.Ф.* О применении необитаемых подводных аппаратов для исследования водных экосистем // Подводные технологии. Владивосток: Дальнаука, 2005. № 1.

Статья поступила в редакцию 29.09.2008 г.

