

**РАЗРАБОТКА ТЕХНИЧЕСКИХ
СРЕДСТВ ПОДВОДНОГО
БАЗИРОВАНИЯ ДЛЯ МОНИТОРИНГА
АКВАТОРИЙ МИРОВОГО ОКЕАНА**

**Утыков Л.Л., Шехматов Е.В.,
Коваленко Ю.Н., Кризошев П.Е.,
Логинов Е.А., Шеховцов Д.А.**

Институт океанологии
им. П.П.Ширшова РАН
117851, Москва, Нахимовский пр-т, 36
Тел.: 095 129-19-63; Факс: 095 129-19-63
E-mail: utyakov@sio.rssi.ru

Обосновывается концепция организации мониторинга Мирового океана на массовых автономных измерительных средствах. Даётся обзор результатов разработок таких средств в ИО РАН в рамках различных Федеральных программ.

Эффективность исследований процессов, происходящих в Мировом океане, а также практическое освоение его ресурсов в значительной мере зависит от наличия и уровня используемой материально-технической базы [1]. Однако большинство используемых в настоящее время методов и средств океанологических наблюдений уже не отвечают современным требованиям по многим ключевым характеристикам [2]. Принципы, заложенные в основу существующих средств наблюдения, фактически были сформулированы два - три десятилетия тому назад и к настоящему времени явно устарели. Поэтому необходима радикальная переоценка стратегии развития материально-технической базы и методов исследования и мониторинга Мирового океана с учетом опыта, накопленного за эти годы в области совершенствования методики проведения исследований, а также последних достижений в области микроэлектроники, научного приборостроения, дистанционного зондирования и средств телекоммуникации. В соответствии с концепцией Федеральной целевой программы "Мировой океан", развитие материально-технической базы научных исследований является одним из приоритетных направлений ФЦП и выделено в отдельную подпрограмму "Создание технологий для освоения ресурсов и пространств Мирового океана", а также в отдельное направление «Разработка перспективных средств нового поколения» подпрограммы «Исследование природы Мирового океана». В рамках указан-

ных подпрограмм с 1999 г. начаты работы по проекту «Создание нового поколения методов и средств долговременного мониторинга состояния Мирового океана на базе распределенной сети автономных станций». (Головной исполнитель ИО РАН, основные соисполнители ГосНИИГи МО РФ, ГНПО «Севморгео», НГГУ, ОКБ ОТ РАН). На первом этапе работ, завершающемся в 2002 г., основное внимание уделено созданию автономной исследовательской аппаратуры, в частности донных, притопленных и подповерхностных станций, буев нейтральной и управляемой плавучести, циклирующих зондов, дрифтеров, профиллеров типа Slocam Glider, измерительных модулей для многогоризонтных буйковых постановок и систем распределенной прибрежной телеметрии. Это предпочтение обусловлено осознанием очевидности того факта, что только массовое использование специализированных автономных аппаратурных комплексов, распределенных по всей водной толще и поставляющих данные совместно со спутниковыми и акустическими средствами дистанционного зондирования, позволит осуществить оперативный контроль и долговременный мониторинг обширных, в том числе и труднодоступных подледных акваторий Мирового океана.

Однако до недавнего времени массовому применению автономных средств препятствовал ряд факторов, основным из которых является фактор так называемой «тиrания цен», обусловленный недопустимо высокими затратами на производство, развертывание и последующую эксплуатацию аппаратуры, а также специфика условий эксплуатации автономной аппаратуры – обусловленных необходимостью длительного функционирования в тяжелых условиях. При этом отсутствие доступа к аппаратуре, практически полностью исключает возможность ее профилактического осмотра и последующего ремонта.

Необходимым условием массового применения автономной аппаратуры является низкая стоимость производства, транспортировки, развертывания и последующей эксплуатации средств автономного мониторинга, а также высокая надежность их долговременного функционирования в тяжелых эксплуатационных условиях (повышенное гидростатическое давление, агрессивная среда, ограниченный энергоресурс). Ситуация, сложившаяся в данной области показывает, что затраты, связанные с производством, транспортировкой и развертыванием аппаратуры при прочих равных услови-

ях могут быть значительно снижены за счет существенного уменьшения массы и габаритов аппаратуры и ее энергопотребления, что может быть достигнуто благодаря использованию современной элементной базы, прогрессивных технологий, оригинальных конструктивных и схемотехнических решений. Поскольку основные технико-экономические и эксплуатационные характеристики аппаратуры в значительной мере зависят от используемой элементной базы, уместно отметить, что только за прошедшие три десятилетия развития микроэлектроники произошло существенное (в десятки миллионов раз) улучшение таких характеристик элементной базы и радиоэлектронной аппаратуры на ее основе, как вес, габариты, энергопотребление, производительность (быстродействие), надежность, стоимость. Кроме того, в связи с появлением изделий электронной техники, устойчивых к высокому гидростатическому давлению (вплоть до максимальных глубин Мирового океана), стало возможным размещать аппаратуру в легких корпусах, вместо дорогостоящих высокопрочных корпусов и гермоводов, что также способствует снижению весогабаритов и стоимости аппаратуры и повышению надежности ее функционирования.

Значительные эксплуатационные затраты при работе с современными автономными донными станциями (АДС) связаны с необходимостью их подъема для считывания накопленной информации. Поэтому в состав каждой станции входят размыкатель троса, плавучесть для подъема станции на поверхность и средства обнаружения станции после ее всплытия (угольковый отражатель, проблесковый огонь, радиомаяк). Стоимость этого вспомогательного оборудования, как правило, существенно превышает стоимость основной части станции, включающей микропроцессорную систему сбора измерительной информации, набор датчиков, энергонезависимый твердотельный цифровой накопитель данных. Необходимо отметить, что из-за низкой надежности размыкателей, особенно при длительной (более года) постановке, может произойти потеря станции. Она может либо остаться на дне из-за отказа размыкателя или преждевременно всплывают на поверхность из-за его ошибочного срабатывания. Однако основные затраты, в том числе экспедиционного времени, приходятся на подъем станции на поверхность. Подъем АДС с глубины 6000 метров составляет около четырех

часов. За это время в результате дрейфа судно относит от места постановки станции на расстояние до нескольких миль, что затрудняет поиск всплывшей станции, особенно при значительном волнении и чревато возможностью ее потери. В случае удачного подъема АДС на борт судна после считывания накопленной информации и замены батареи питания осуществляют очередную постановку станции в том же районе или на новом полигоне.

Очевидно, что использование средств дистанционного считывания данных с автономных станций без их подъема на поверхность, позволяет существенно снизить аппаратные и экспедиционные затраты и полностью устраняет угрозу потери станции с результатами измерений из-за отказа размыкателя или сильного волнения на поверхности.

Специалистами Института разработана концепция по организации долговременного мониторинга Мирового океана и оперативному контролю его отдельных регионов, в частности акваторий повышенной экологической опасности, на базе распределенных «интеллектуальных сетей» автономных станций. Основу таких сетей составляют донные станции, каждая из которых оснащена гидроакустическим приемопередатчиком, позволяющим осуществлять дистанционное считывание результатов измерения по запросу с проходящего судна или оперативно передавать информацию через поверхностный буй-ретранслятор и спутник непосредственно в береговой центр сбора данных, а также обмениваться данными между соседними близкорасположенными станциями. Возможность обмена информацией между соседними станциями позволяет создавать вынесенные в открытое море посты оперативного оповещения об угрозе экологических катастроф (заплывый выброс отправляющих веществ в районе их массового захоронения*) или стихийных бедствий (приближение разрушительных волн цунами**). Наличие гидроакустического приемопередатчика в составе каждой донной станции позволяет использовать распределенные сети на базе таких АДС в качестве систем подводной навигации[3], в том числе и в полледовых акваториях Северного ледовитого океана. В связи с этим при разработке сетевых АДС предусматриваются различные режимы:

- фоновый (режим сбора, предобработки и накопления данных);
- дистанционная передача данных по запросу на борт судна или через радиобуй-ретранслятор в береговой центр сбора;
- дистанционная передача сигнала тревоги на буй-ретранслятор;
- информационное взаимодействие с соседними АДС для решения пространственных задач;
- перевод по команде оператора в режим или пингера, или ответчика или ретранслятора.

Наряду с донными станциями в состав распределенных сетей могут входить притопленные и подповерхностные станции, многогоризонтные буйковые постановки, и системы распределенной прибрежной телеметрии, буи нейтральной и управляемой плавучести, циклические зонды, дрифтеры, профилеры типа Slocam Glider, необитаемые аппараты, осуществляющие сканирование водной толщи (разрезы) в процессе передвижения по заранее заданной трассе и др.

В рамках разработанной концепции с середины 2000 года Институтом океанологии РАН с привлечением ряда организаций-соисполнителей развернуты работы по созданию первоочередной партии автономной аппаратуры, нового поколения необходимой для высокоэффективного долговременного мониторинга ключевых акваторий Мирового океана для решения разнообразных задач научного и прикладного характера [4,5].

За прошедший период разработаны действующие макеты автономных донных станций, в частности метеографа, оснащенного датчиками давления и температуры; измерителя электропроводности (ЦКБ ГМП); модули измерителя скорости и направления придонного течения инклинометрического типа. Создан гидроакустический комплекс для двусторонней связи с автономными донными станциями с борта судна (ИО РАН). В состав комплекса входит судовая аппарата с выносной антенной и микропроцессорные модули автономных гидроакустических приемопередатчиков, предназначенные для размещения в подводной аппаратуре. Проведены успешные лабораторные, бассейновые и предварительные натурные испытания. Достигнута скорость передачи 10 Кбод. Про-

шел успешные испытания в натурных условиях автономный регистратор факта вторжения на затопленный объект [6]. Некоторые образцы разработанных макетов представлены на фотографиях (Рис.1 - 3).

Оснащение станций разработанным скоростным гидроакустическим каналом дистанционного считывания данных позволяет существенно повысить эффективность океанологических исследований и снизить их стоимость. В результате опытной эксплуатации действующего образца донной гидрохимической станции предложены технические решения, направленные на дальнейшее совершенствование ее технических и эксплуатационных характеристик (усовершенствована конструкция пробоотборников, разработана система постановки и подъема станции и др.). (ОКБ ОТ и ИО РАН). Создан макет гидрографического комплекса на базе линейных фазированных антенных решеток, обеспечивающий получение результатов измерения глубины с погрешностью не более одного сантиметра и угловых координат объекта – 0,05 градусах (при глубинах до 100 метров). (НГТУ). Разработана адаптивная технология съемки батиметрического поля. Разработана технология проведения площадной съемки дна и документирования результатов. (ГНПО “Севморгео”). Разработана технология для создания банка гидрофизических, создан банк сейсмических данных на акватории Арктического бассейна. (ГосНИИГИ МО РФ).

Характерной тенденцией последних лет является значительный рост численности и номенклатуры необитаемых подводных телеуправляемых аппаратов (ПТА), нашедших применение для научных исследований морей и океанов, при обследовании морских платформ, терминалов, подводных трубопроводов, при проведении аварийно-спасательных работ, а также для различных военных целей.

Еще одно направление проводимых в Институте разработок, которые могут представить интерес для морских технологий, связано с подводными телеуправляемыми аппаратами (ПТА). Характерной тенденцией последних лет является значительный рост численности и номенклатуры ПТА, нашедших применение для научных исследований морей и океанов, при обследовании морских платформ, терминалов, подводных трубопроводов, при проведении аварийно-спасательных работ. За прошедшие

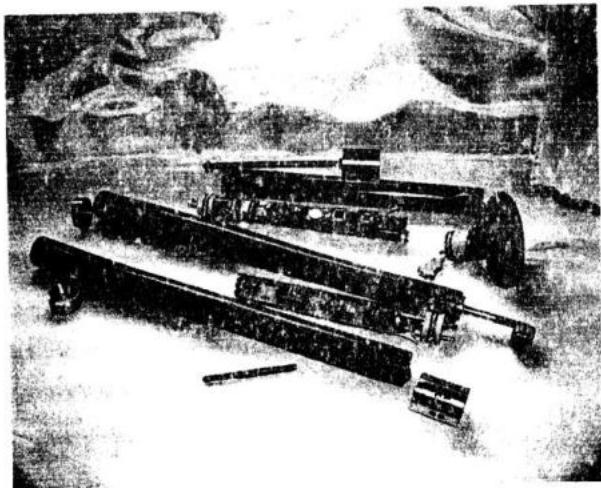


Рис.1 Автономные донные станции с гидроакустическим каналом связи для измерения давления, скорости и направления течения и температуры

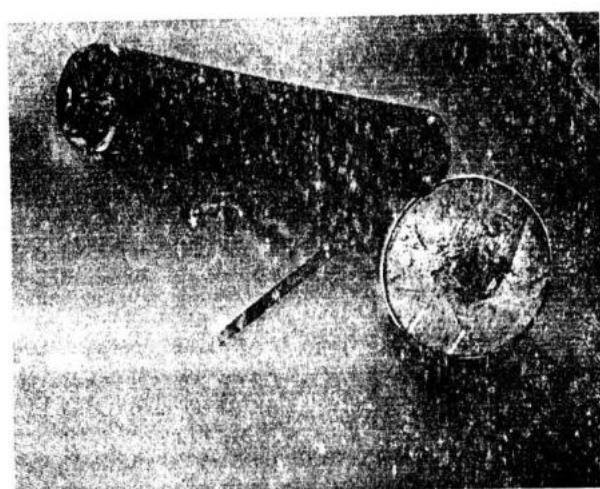


Рис.2 «Обнаружитель». Автономный регистратор факта появления подводных аппаратов на затопленных объектах. (Использовался на АПЛ «Комсомолец»). Бароустойчивое исполнение



Рис.3 Малогабаритный телевизионный осмотровый аппарат «ГНОМ»

два года специалистами Института и ООО Индэл осуществлена разработка различных модификаций миниатюрных аппаратов поколения «ГНОМ» (аббревиатура от слов глубоководные необитаемые осмотровые микророботы) [7].

Среди очевидных областей применения миниатюрных аппаратов в профессиональной сфере следует, прежде всего, отметить изучение донной флоры и фауны, обследование внутренних помещений и полостей подводных сооружений (затопленных катакомб и подземных коммуникаций, в том числе внутренних полостей трубопроводов в процессе их прокладки по дну водоемов) и объектов (трюмов и отсеков затонувших кораблей и подводных лодок). В процессе разработки опытных образцов ГНОМа были апробированы проводная, кабельная и оптоволоконная линии связи. При использовании для управления, электропитания и передачи изображения коаксиального кабеля РК-50-0,6-23, имеющего диаметр 1,25 мм, качественное изображение на мониторе оператора наблюдалось при длине кабеля до 200-250 метров. Поступающее в кабель напряжение в 100 В преобразовывалось в аппарате до нужных значений и обеспечивало питание четырех двигателей и блока электроники с осветителями. Применение оптоволоконной линии связи с диаметром кабеля 0,2 мм обеспечивает минимальный объем линии. Благодаря хорошей эксплуатационной надежности этого кабеля и его практически нейтральной плавучести, можно увеличить радиус действия аппарата до одного-двух километров и повысить его маневренность. Сматывание кабеля в этом случае практически не оказывает влияния на динамические характеристики движущегося аппарата из-за малого объема и веса.

К настоящему времени разработано несколько модификаций четырех и пяти движительных аппаратов с различной компоновкой функциональных модулей аппарата и расположением движителей.

В этих работах широко использован имевшийся у специалистов задел в области океанологического приборостроения, и многочисленные оригинальные конструкторско-технологические и схемотехнические решения, защищенные авторскими свидетельствами и патентами на изобретения.

Работы данного направления имеют финансовую поддержку из средств подпрограммы «Исследование природы Мирового океана» и

подпрограммы «Создание технологий для освоения ресурсов и пространств Мирового океана» ФЦП «Мировой океан»; гаранта РФФИ* № 00-05-65254; гаранта РФФИ** № 00-05-65252, а также из средств ГНПО «Севморгео» и ООО «ИНДЭЛ».

ЛИТЕРАТУРА

1. Утяков Л.Л. Основные тенденции и приоритетные направления развития средств и методов океанологических исследований на пороге XXI века Труды III Международной научно-технической конференции «Современные методы и средства океанологических исследований». Москва, ИО РАН, 1997г. стр.Х-ХIII.
2. Ястребов В.С. Что дальше? Труды III Международной научно-технической конференции «Современные методы и средства океанологических исследований». Москва, ИО РАН, 1997г. стр.V-VI.
3. Утяков Л.Л. Перспективы использования сетей АДС, оснащенных гидроакустическим каналом телекоммуникации, для подводной навигации. Санкт-Петербург Сборник докладов Четвертой Российской научно-технической конференции «СОВРЕМЕННЫЕ СОСТОЯНИЕ, ПРОБЛЕМЫ НАВИГАЦИИ И ОКЕАНОГРАФИИ» («НО-2001») том 2, стр.173-175.
4. Левченко Д.Г., Пустовойт В.И., Утяков Л.Л., Шахраманьян М.А. Комплекс технических средств подводного базирования для землетрясениях и цунами. Сборник трудов Второй Всероссийской конференции "Защита населения и территорий при чрезвычайных ситуациях", Москва 1997 г. стр.228-234.
5. Утяков Л.Л. Некоторые проблемы и перспективы мониторинга промышленно осваиваемых акваторий. Материалы VI Международной научно-технической конференции «Современные методы и средства океанологических исследований». Москва, ИО РАН, 2000 г. ч.1, стр.115-123.
6. Борисов Т.Н. Подводные охранные системы. Труды IV Международной научно-технической конференции «Современные методы и средства океанологических исследований». Москва, ИО РАН, 1998г., стр.XCV-XCVI.
7. Ёлкин А.В., Комаров В.С., Кривошеев П.В., Шеховцов Д.А. и др. Микроробот ГНОМ для подводных наблюдений. Труды V Международной научно-технической конференции «Современные методы и средства океанологических исследований». Москва, ИО РАН, 1999 г., стр.186-188.