

УДК 551.46.06

А.М. Шарков, к.т.н., доцент

ОАО «ГНИНГИ», г. Санкт-Петербург (Российская Федерация)

ПЕРСПЕКТИВЫ СОЗДАНИЯ КОМПЛЕКСНОЙ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ ГИДРОГРАФИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ, ПРЕДНАЗНАЧЕННОЙ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ЛОКАЛЬНЫХ ОБЛАСТЕЙ МИРОВОГО ОКЕАНА

Выполнен краткий обзор хода развития технических средств съемки рельефа дна и высказано предположение по возможному облику комплексной гидрографической системы изучения отдельных акваторий Мирового океана.

ИЗУЧЕНИЕ МИРОВОГО ОКЕАНА, МНОГОЛУЧЕВОЙ ЭХОЛОТ, АНПА, ГИДРОЛОКАТОР
БОКОВОГО ОБЗОРА, ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА

Освоение морских пространств – одно из главных направлений развития мировой цивилизации. В Мировом океане выполняются различные виды работ (установка добывающих платформ, прокладка трубопроводов, подводное строительство и т.д.), требующие предварительного подробного изучения локальных акваторий.

Одновременно идет стремительный процесс развития технических средств, делающих деятельность человека более удобной, а ее результат более качественным. Средства изучения Мирового океана также непрерывно совершенствуются. Проанализировав ход развития технических средств изучения Мирового океана, можно спрогнозировать облик средств, которые появятся в ближайшем будущем.

В ходе проведенного анализа отмечено, что смена поколений технических средств (ТС) изучения Мирового океана наступает все более быстро. Если всю первую половину XX века основным средством измерения глубин был однолучевой эхолот, а для изучения грунта использовались грунтовые трубки, то за вторую половину XX века появилось несколько принципиально новых ТС изучения Мирового океана.

Так, в 60-70 годах стали активно использоваться многоканальные эхолоты и гидролокаторы бокового обзора. В 70-80 годы для изучения акваторий с небольшими глубинами широко применялась аэрофотосъемка, начали активно использоваться акустические профилографы для изучения строения грунта. В 80-90 годы появились первые многолучевые эхолоты и автономные средства изучения МО.

Рубеж XX и XXI века и первое десятилетие XXI века отмечены широким использованием новых ТС. Среди них:

- многолучевые эхолоты (МЛЭ) различных модификаций;
- авиационные батиметрические сканирующие лазерные системы (лидары);
- автономные необитаемые подводные аппараты (АНПА);
- надводные автоматизированные аппараты и т.д.

Широкое применение указанных ТС привело к тому, что площадная съемка рельефа дна и детальное обследование навигационных опасностей стало не только общедоступным, но и обязательным на акваториях, имеющих большое значение для обеспечения безопасности кораблевождения.

© А.М. Шарков, 2013

ISSN 1815-8277. Гідроакустический журнал «Проблеми, методи и средства использования Мирового океана»

Новой редакцией Международной гидрографической организации (МГО) по съемке рельефа дна S-44, принятой в 2008 году, выполнение площадного обследования важных в отношении судоходства акваторий признано обязательным.

Однако накопленный за прошедшее десятилетие опыт использования указанных средств не только подтвердил их большие возможности, но и выявил существенные недостатки, которые необходимо учитывать при планировании и проведении работ по изучению Мирового океана.

Каждое техническое средство в отдельности имеет присущие только ему положительные и отрицательные свойства.

Техническое средство 1. Многолучевые эхолоты (рис. 1).

МЛЭ формирует лучи по фиксированным направлениям в плоскости, перпендикулярной диаметральной плоскости судна, по которым ведется прием гидроакустических сигналов. Прием отраженного сигнала производится по множеству отдельных направлений, которые называются лучами.

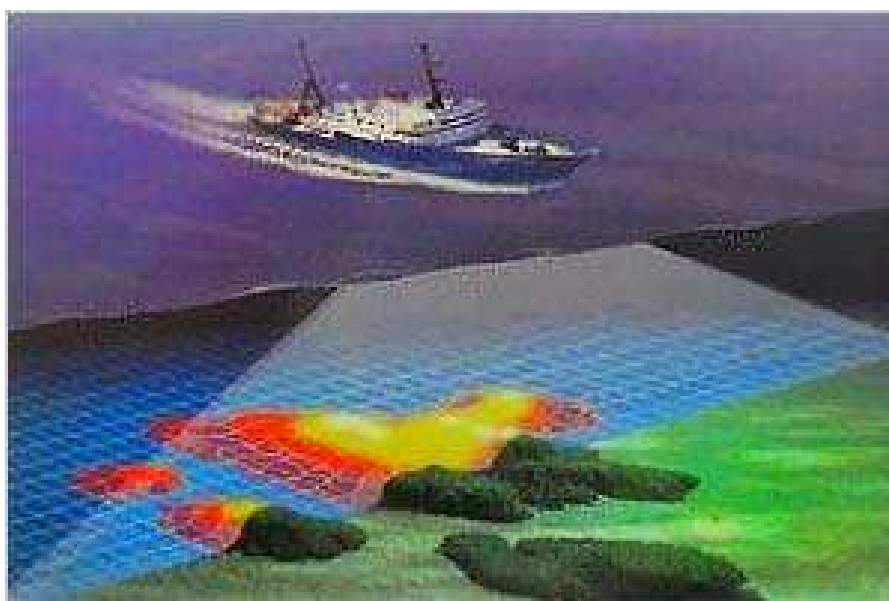
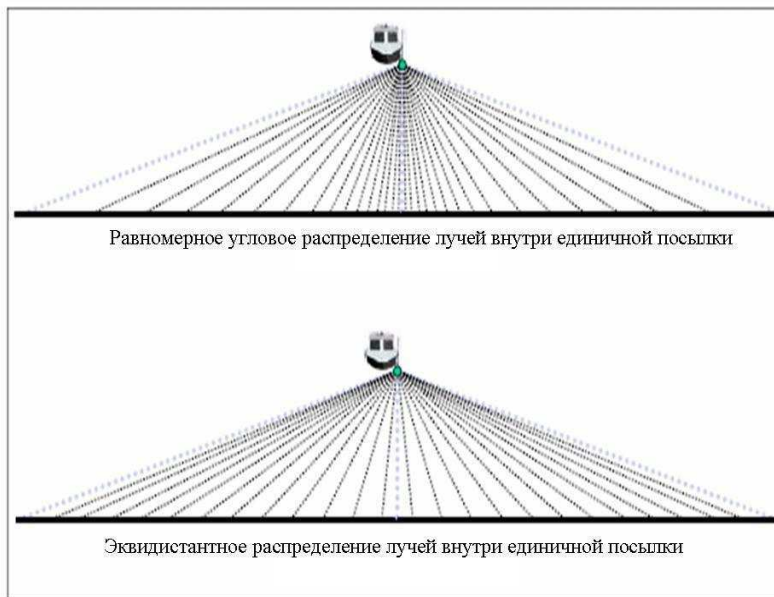


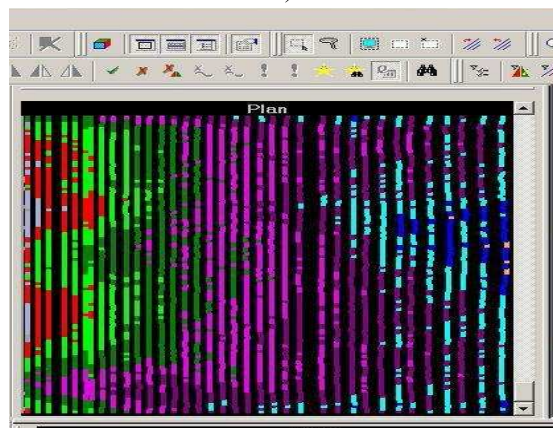
Рисунок 1 – Съемка рельефа дна с помощью МЛЭ

Угловое расстояние между крайними лучами определяет ширину полосы обзора для заданной глубины моря (от 70% от глубины до 3-х и более глубин). По результатам полученных батиметрических данных создается цифровая модель рельефа дна. Полученная модель очень информативна и может применяться для решения самых различных задач.

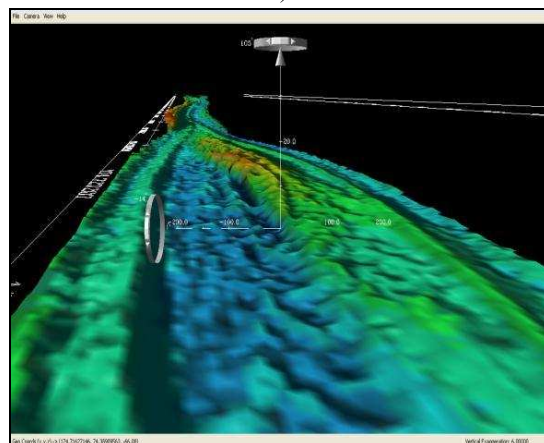
Но при использовании МЛЭ необходимо учитывать их ограниченную возможность по обнаружению подводных объектов. Лучи, излучаемые МЛЭ, расположены веерообразно. Между проекциями лучей на дне существуют пропуски. Ширина пропусков зависит от количества лучей в посылке, от глубины (рис. 2).



a)



б)



в)

Рисунок 2 – Особенности работы МЛЭ:

а) распределение лучей МЛЭ;

б) “след” лучей МЛЭ на дне

в) вариант итогового представления данных после окончательной обработки

Размеры пропусков увеличиваются по мере увеличения глубины. В процессе камеральной обработки материалов работы МЛЭ пропуски между лучами заполняются. Заполнение проводится по математическому алгоритму, который в упрощенном виде сводится к усреднению значений соседних лучей.

Величина образующихся на профиле промежутков между измеряемыми по наклонным лучам глубинами может превышать десятки метров, что свидетельствует об ограниченных возможностях решения задачи обнаружения объектов МЛЭ. Необходимо понимать, что в случае попадания какого-либо подводного предмета в пропуск между лучами МЛЭ он не будет зафиксирован в итоговых материалах.

Для обнаружения подводных объектов рекомендуется использовать гидролокатор бокового обзора.

Техническое средство 2. Авиационные батиметрические сканирующие системы (лидары) (рис. 3)

Принцип действия авиационной батиметрической системы, установленной на воздушном носителе, основан на измерении интервала времени между моментом отражения лазерного импульса от поверхности воды и от дна водоема. Использование лазера зеленого и красного диапазонов позволяет одновременно измерять глубины в акватории и выполнять топографическую съемку прибрежной территории.

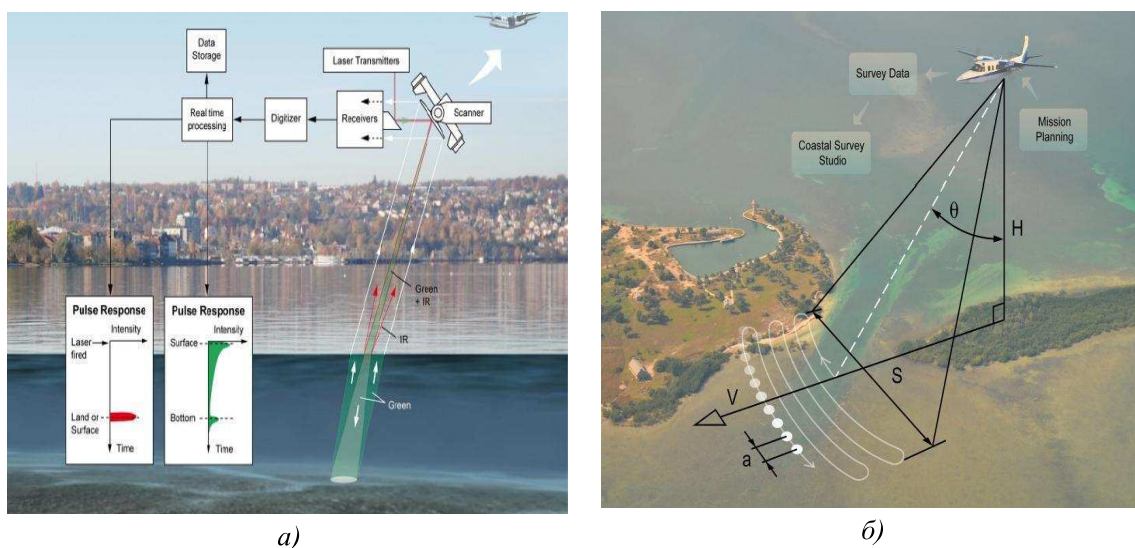


Рисунок 3 – Изучение акватории и прибрежной территории с помощью авиационного лидара:
 а) принцип батиметрической съемки с авиационного лидара
 б) схема батиметрической съемки с применением авиационного лидара

Также необходимо отметить, что авиационный лидар позволяет выполнить съемку рельефа дна в труднодоступных местах (от уреза воды до глубины 1,5-2,0 метра), где ранее проводился трудновыполнимый пеший промер, что выгодно отличает лидар от МЛЭ (рис. 4).

Однако, несмотря на высокую производительность и возможность измерять глубины на величину, превышающую три естественных прозрачности воды, лидар имеет

существенный недостаток – низкую разрешающую способность. Он не в состоянии обнаружить объект размером менее, чем 2х2 метра, что делает его применение на акваториях, где необходимо выполнение съемки рельефа дна в соответствии с требованиями “особого” класса съемки, невозможным.

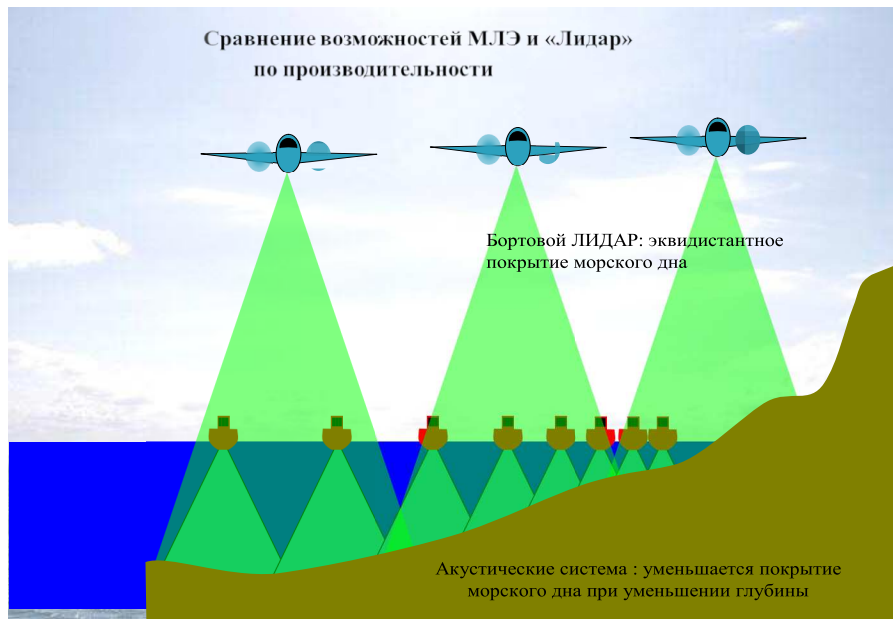


Рисунок 4 – Сравнение возможностей МЛЭ и авиационного лидара по обследованию труднодоступных акваторий

Техническое средство 3. Автономные необитаемые подводные аппараты (АНПА)

Автономный необитаемый подводный аппарат (АНПА) представляет собой автоматический самоходный носитель исследовательской аппаратуры, способный погружаться в заданный район океана на глубину от 10 м до 6 км, двигаться по заданной программой траектории, выполнять требуемые работы и по окончании программы возвращаться на судно или береговую базу (рис. 5).

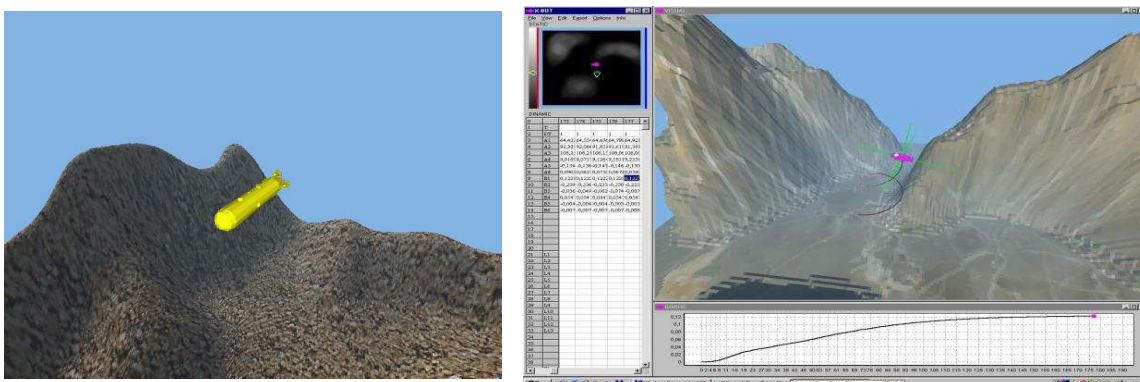


Рисунок 5 – Обследование подводных объектов с помощью АНПА

Гидроакустическая навигационная система совместно с интегральной бортовой навигационной системой позволяют непрерывно определять местоположение аппарата, а оператору на судне – отслеживать траекторию его движения в реальном времени. Время непрерывной работы АНПА под водой зависит от аппарата и типа энергоисточника и может составлять от единиц до нескольких десятков часов.

Модульный принцип построения современных аппаратов привел к стиранию граней между их целевым назначением. На АНПА возможна установка практически любого гидрографического средства – ГБО, профилографа, МЛЭ, видеокамеры и т.д. Все современные разработки конструкций АНПА являются многоцелевыми.

АНПА разделяются по массе, рабочей глубине, автономности. Они обеспечивают возможность обследования подводных объектов на любых глубинах. Однако существенными недостатками АНПА, резко снижающими возможности их использования, являются низкая точность определения текущих координат, малая автономность, возможность безвозвратной потери аппарата в случае наступления внештатной ситуации.

Техническое средство 4. Надводные автоматизированные системы:

Система состоит из надводного аппарата с установленной измерительной аппаратурой и берегового поста. Аппарат перемещается по заранее заданной траектории и передает полученную информацию на береговой пост. Координирование осуществляется с помощью высокоточной спутниковой навигационной системы.

Аппарат может выполняться в виде моноблока или в виде катамарана (рис. 6).

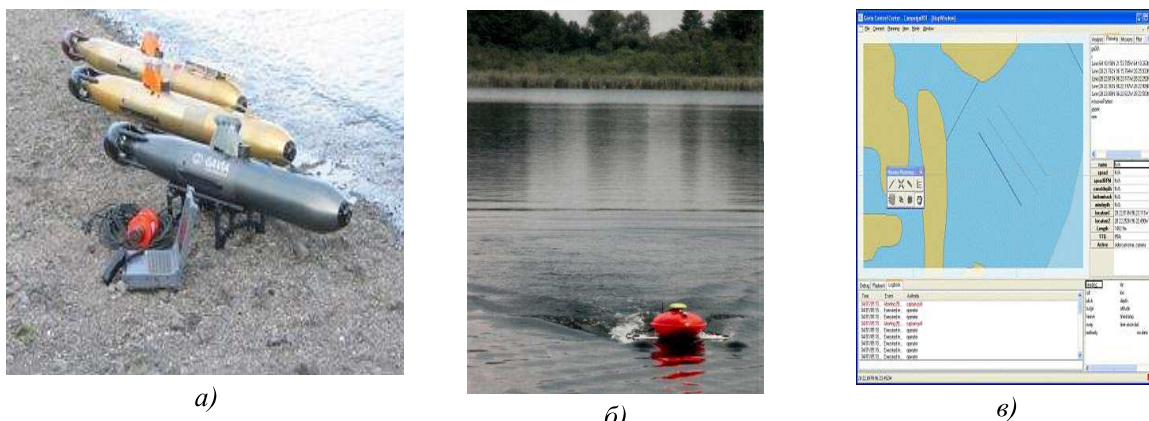


Рисунок 6 – Надводные автоматизированные аппараты:

- а) моноблочное исполнение
- б) катамаран
- в) движение по заданной траектории

Способ выполнения съемки рельефа дна с помощью надводного автоматизированного аппарата имеет ряд преимуществ перед традиционным способом выполнения промера с катера или шлюпки. Это малые обследуемые глубины, возможность работы в местах с навигационными опасностями, высокая мобильность за счет возможности доставки на автомашине к месту проведения работ (рис. 7). За счет координирования с помощью высокоточной системы резко повышается качество получаемых материалов по сравнению с материалами, полученными с АНПА.

© А.М. Шарков, 2013



Рисунок 7 – Процесс управления надводным автоматизированным аппаратом в ходе работ

Однако надводные аппараты имеют небольшую автономность. Используемое программное обеспечение достаточно сложно и не до конца отработано. Грузоподъемность надводных аппаратов ограничена, что не дает возможности установки нескольких ТС одновременно и, как следствие, не обеспечивается комплексное обследование заданной акватории.

Таким образом, каждое техническое средство имеет свойственные только ему положительные и отрицательные свойства, которые необходимо учитывать при планировании их применения (табл. 1).

Как видно из таблицы, при планировании гидрографических работ следует выбирать техническое средство с учетом целей изучения заданной акватории, поставленных задач и ожидаемого результата.

Универсального средства, позволяющего выполнять гидрографические работы в любом районе Мирового океана и предназначенного для решения всего круга задач гидрографических исследований, на данном этапе развития технических средств не существует.

Однако идет постоянный процесс совершенствования существующих технических средств и разработки новых. Проанализировав динамику появления поколений новых технических средств изучения Мирового океана, можно сделать вывод, что появление следующего поколения следует ожидать в 20-х годах XXI века.

Основываясь на современных тенденциях развития ТС, можно предположить, что это будет автоматизированная система, состоящая из нескольких принципиально разных ТС, управляемых из единого центра.

Если в качестве примера описать техническое средство обследования труднодоступной акватории с небольшими глубинами, то с высокой вероятностью можно предположить, что это будет автоматизированная система, состоящая из центрального процессора и нескольких носителей.

1-й носитель – это миниатюрный беспилотный летательный аппарат, с установленным на нем лазерным лидаром и аэрофотоаппаратом, позволяющим обследовать береговую полосу и акваторию от уреза воды до глубины 10-50 м (в зависимости от прозрачности воды).

2-й носитель – это автономный надводный аппарат с установленными на нем несколькими техническими средствами (ГБО, МЛЭ, профилограф, магнитометр), проводящими весь комплекс гидрографических работ одновременно.

3-й носитель – автономный необитаемый подводный аппарат, предназначенный для точечного обследования обнаруженных подводных объектов.

Таблица 1

Техническое средство	Положительные свойства	Отрицательные свойства
Многочуевой эхолот	Широкая полоса обследования. Создание цифровой модели дна.	Наличие пропусков в обследуемой полосе. Возможность пропуска подводного объекта. Сужение полосы обследования с уменьшением глубины.
Батиметрический лидар	Возможность получения данных в труднодоступных местах, где использование классических методов крайне затруднительно (на глубине 0-3 м). Очень высокая производительность. Одновременное получение топографических данных на примыкающую к береговой черте прибрежную территорию.	Очень высокая стоимость содержания и эксплуатации. Разрешающая способность ТС не позволяет обнаружить подводный объект размером менее 2×2×2 м. Зависимость возможности использования самолета от погодных условий – ветер, видимость. Зависимость глубины проникновения лазерного луча от прозрачности воды и волнения моря.
Автономные необитаемые подводные аппараты	Возможность обследования подводных объектов на любых глубинах.	Низкая точность определения текущих координат. Малая автономность. Возможность безвозвратной потери аппарата в случае наступления внештатной ситуации.
Надводные автоматизированные системы	Возможность работы в труднодоступных местах с навигационными опасностями.	Небольшая автономность. Сложность программного обеспечения. Ограниченная грузоподъемность.

В районе выполнения работ будет расположен автоматический мареограф, отслеживающий колебания уровня моря.

Все технические средства координируются по высокоточной космической навигационной системе и передают информацию на центральный процессор в реальном масштабе времени. Обработка информации идет автоматически и на выходе пользователь

получает цифровую карту на обследуемый район.

Также можно прогнозировать и трудности, с которыми столкнется специалист-гидрограф, обслуживающий данную систему. Они, в основном, связаны с миниатюризацией. Устойчивость сравнительно небольшого летательного аппарата будет сильно зависеть от порывов ветра. Устойчивость небольшого надводного аппарата будет сильно зависеть от волнения моря. В результате качки неизбежно появятся пропуски в обследовании акватории. Таким образом, даже в ближайшем будущем при использовании новых технических средств не обойтись без присутствия специалиста-гидрографа, который будет проводить анализ полученной информации и принимать решение о проведении дополнительных работ.

Учитывая, что каждое последующее поколение технических средств изучения Мирового океана по стоимости в 5-10 раз превосходит предыдущее, можно предположить, что это будет очень дорогостоящее ТС. На рис. 8 схематически показан рост стоимости основных ТС изучения Мирового океана в течение XX-XXI веков.

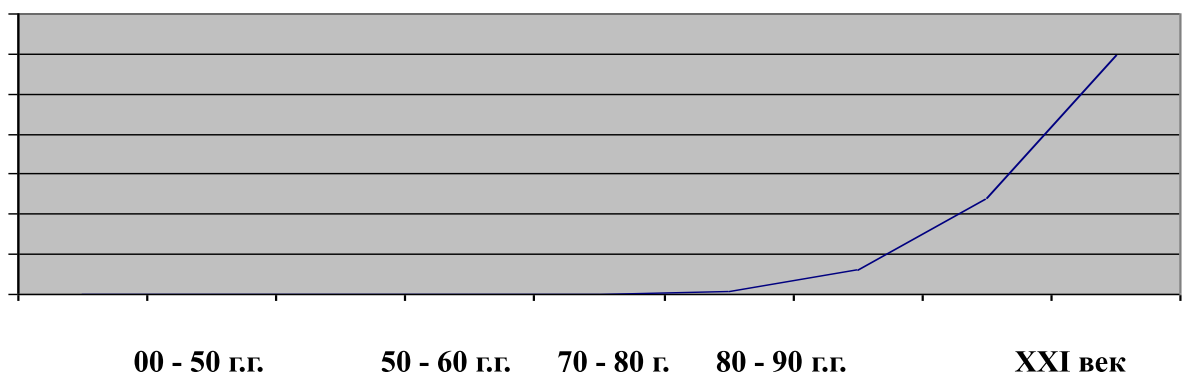


Рисунок 8 – Прогнозируемая стоимость ТС ближайшего будущего

Предположительно, цена комплексной автоматизированной гидрографической системы может достигать до десятков миллионов долларов. Отсюда следует, что НИР по обоснованию вида указанной системы будет стоить около 1 миллиона долларов, а ОКР по созданию опытного образца – более десяти миллионов долларов. Выполнить такой дорогостоящий проект в состоянии только ведущие мировые фирмы по производству гидрографического оборудования. Но этот процесс неизбежен.

Решение о создании подобной системы в ГС РФ должно принять УНиО МО РФ. Учитывая огромную стоимость создания данной системы, становится понятно, что позиция УНиО МО РФ, состоящая в том, что необходимо сначала изучить опыт эксплуатации новых зарубежных технических средств изучения МО (как это сейчас происходит с МЛЭ), а потом принять решение о создании отечественного производства или закупке иностранных образцов ТС, представляется правильной.

Несмотря на большую прогнозируемую стоимость, ОАО «ГНИНГИ» уже сделало первые шаги в направлении разработки комплексной гидрографической системы. Так, в 2013 году была предложена к выполнению НИР, в рамках которой планировалось объединить в едином комплексе беспилотный летательный аппарат с установленным на

него лидаром и АНПА, способный нести различные типы технических средств, выполненных в сменном модульном варианте.

ОАО «ГНИНГИ» открыто для сотрудничества с любыми организациями, проявившими интерес в создании подобной комплексной автоматизированной гидрографической системы, готово рассмотреть любые варианты сотрудничества, направленные на создание новых технических средств изучения Мирового океана.

Литература

1. Шарков А.М. Современные средства изучения Мирового океана / А.М. Шарков // Гидрография в начале 21 века: исследования, инновации, технологии, проблемы и перспективы: Научно-практическая конференция, 21 июня 2012: Труды конф. – СПб, 2012. – С 22-29.
2. Шарков А.М. Авиационные батиметрические сканирующие системы. Возможности и сферы применения / О.Е.Бублик, В.Г.Грязнов, А.М.Шарков и др. // «Геопрофи». – 2011. – № 3 – С. 58-63.
3. Батманова Е.В. Анализ и перспективы использования АНПА / Батманова Е.В., Ковалев А.А // ГНИНГИ-2011: Международная конференция: Труды конф. – СПб, 2011, С. 405-409.
4. Шарков А.М. Особенности применения многолучевых эхолотов для поиска подводных объектов / А.М.Шарков // ГНИНГИ-2011: Международная конференция: Труды конф. – СПб, 2011, С 389-395.

Стаття надійшла до редакції 20 листопада 2013 р. російською мовою

А.М. Шарков

ПЕРСПЕКТИВИ СТВОРЕННЯ КОМПЛЕКСНОЇ АВТОМАТИЗОВАНОЇ ГІДРОГРАФІЧНОЇ СИСТЕМИ, ПРИЗНАЧЕНОЇ ДЛЯ ВИВЧЕННЯ ЛОКАЛЬНИХ ОБЛАСТЕЙ СВІТОВОГО ОКЕАНУ

Виконано короткий огляд розвитку технічних засобів зйомки рельєфу дна та висловлено припущення про можливий вигляд комплексної гідрографічної системи вивчення окремих акваторій Світового океану.

A.M. Sharkov

PROSPECTS OF COMPLEX AUTHOMATED HYDROGRAPHIC SYSTEM CREATING FOR RESEARCHES OF OCEAN LOCAL AREAS

It was performed a brief overview of course of bottom topography technical survey method development and it was supposed a possible form of complex hydrographic system for researches of ocean particular areas of water.