ЗАО «НПП ПТ «Океанос»
В.Ю.Занин

КОМПЛЕКСНЫЙ ПОДХОД В ФОРМИРОВАНИИ РОБОТОТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ОСВОЕНИЯ НЕФТЕГАЗОВЫХ РЕСУРСОВ АРКТИКИ

Закрытое акционерное общество
«Научно-производственное предприятие Подводных Технологий «ОКЕАНОС»
www.oceanos.ru

- Инновационные инженерные решения в области создания подводной и морской техники с практической реализацией
- Техническое обеспечение Заказчиков на месте проведения работ
- Многообразие технических решений
- Организационные и консультационные услуги при проведении морских и подводных работ
- Обучение специалистов

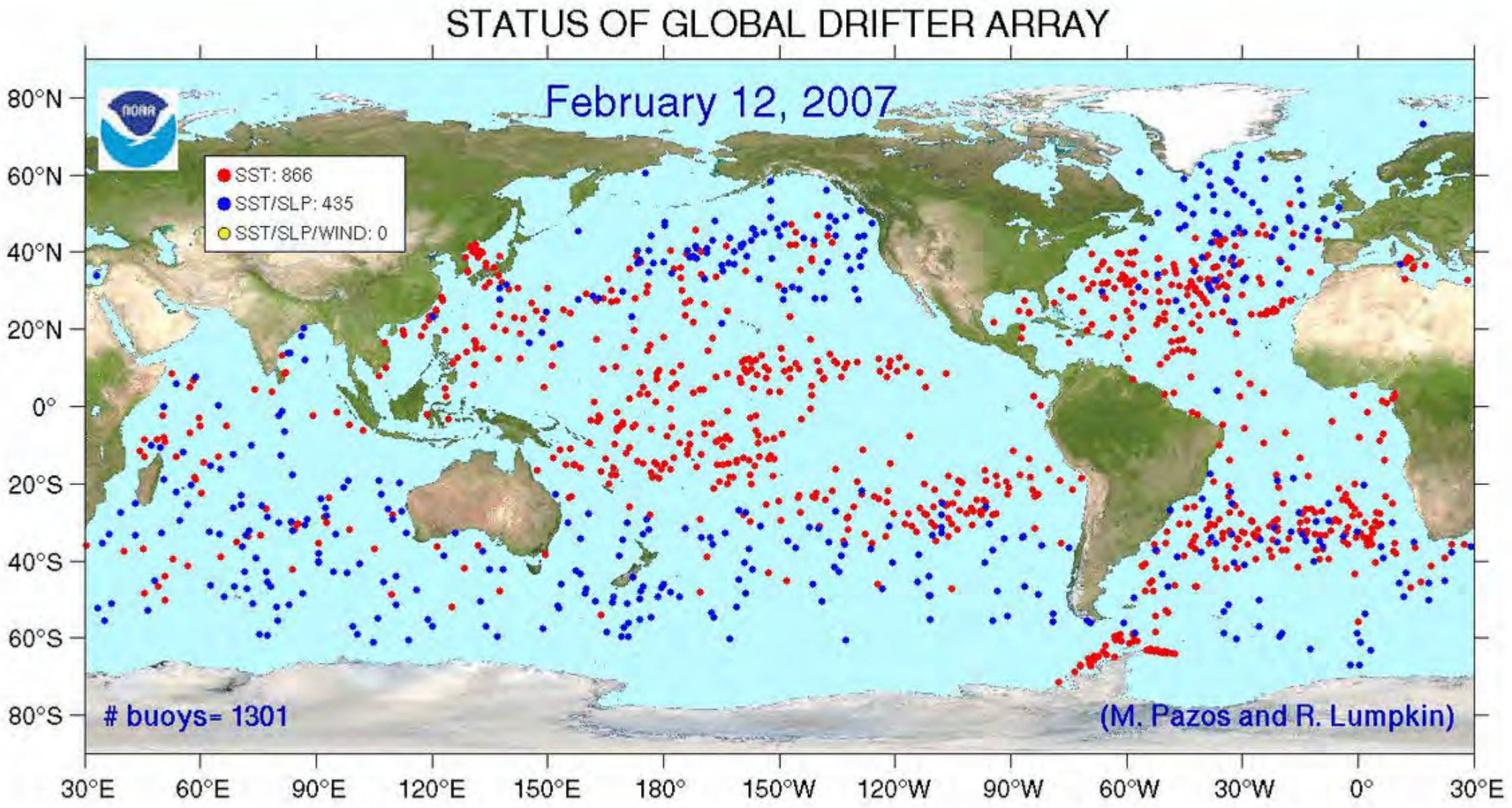
Примеры выполненных проектов

- Стационарные, контейнеризованные и встраиваемые водолазные комплексы
- Модульные учебно-тренировочные комплексы водолазов
- Водолазное снаряжение и оборудование
- Подводные робототехнические системы

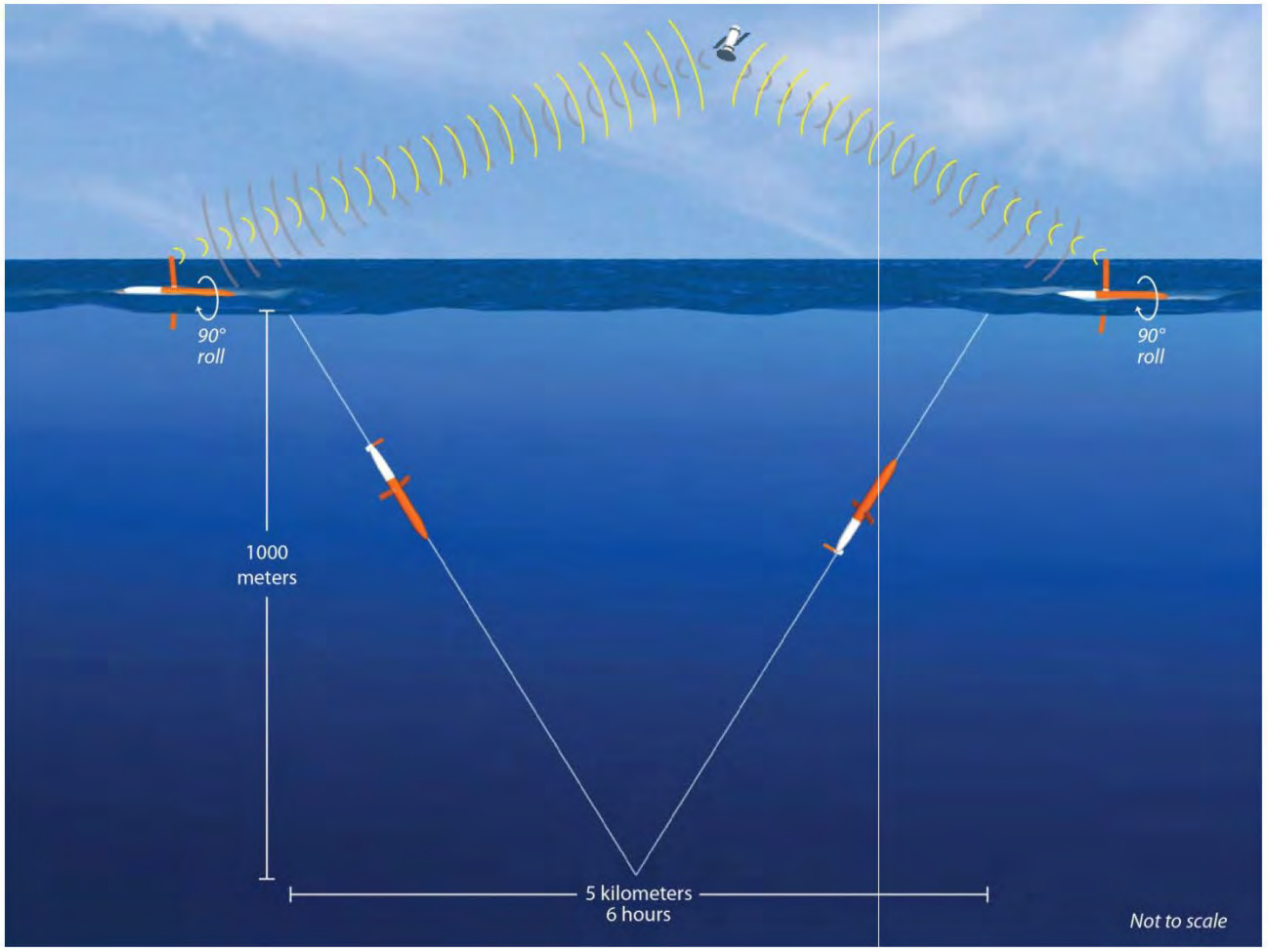
Эволюция средств мониторинга океана

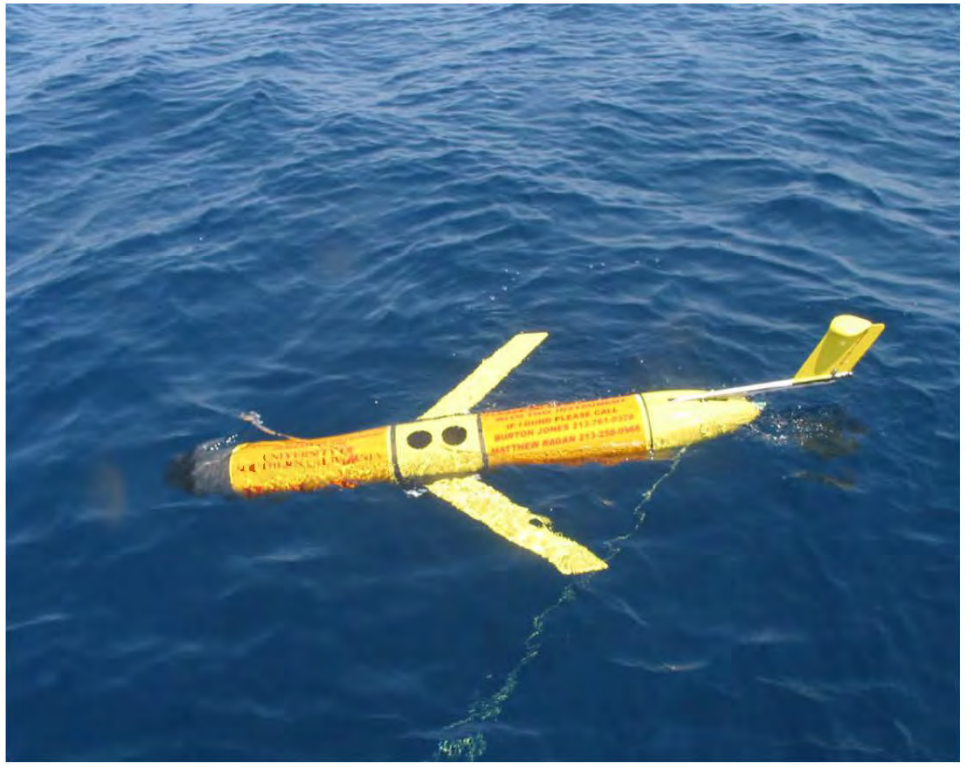
- Береговые станции наблюдения
- Научные суда
- Якорные буи
- Спутниковые измерения
- Дрейфующие буи (дрифтеры)
- Подводные автономные необитаемые аппараты (АНПА)
- Подводные планеры (глайдеры)
- Волновые (надводные) глайдеры

Эволюция средств мониторинга океана



Глайдер – развитие идеи буя-дрифтера



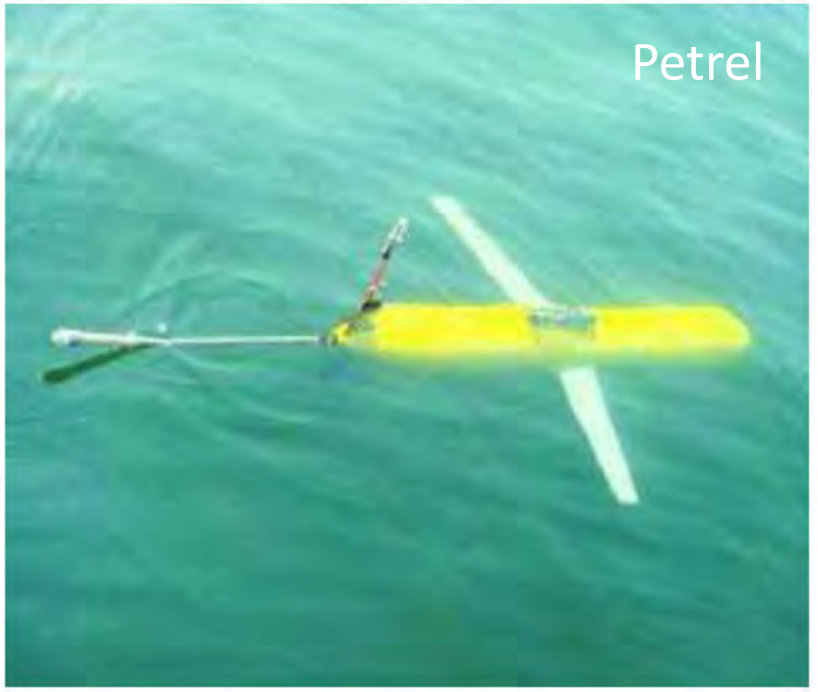


Глайдер «Slocum» и схема работы глайдера типа «Sea Glider»

Создание аппаратов с гидродинамическими принципами движения

- 1960 г. Создание концепта аппарата-носителя водолазов Concept Whisper
- 1985 г. Начало работ в США агенством DARPA по программе SBIR (аппараты с термальным источником энергии)
- 2004 г. Начало работы надо проектом X-Ray – глайдера типа «летающее крыло» в рамках военного проекта Liberdade.
- 2005 г. Компания Webb Research представляет первый коммерческий образец подводного аппарата типа подводный «глайдер»
- 2007 г. Аппараты Seaglider (Рабочая группа Вашингтонского университета), Slocum (Webb Research) и Spray (Институт океанографии Скриппса) совершают групповой переход от США до Бермудских островов. Общая стоимость программы создания глайдеров на тот момент – свыше 20 000 000 USD.
- 2008 г. Глайдеры начинают постоянное метеорологическое и океанографическое наблюдение в заливе Монтерей (проект Института океанографии залива Монтерей)
- 2009 г. Первый трансатлантический (до побережья Испании) переход глайдера Slocum
- 2011 г. Появление на коммерческом рынке безкрыльевого глайдера Sea Explorer.
- 2011-2012 г. Начат и закончен переход группы 4 глайдеров по маршруту Сан-Франциско – Гаваи – Австралийское побережье (около 17 000 км).
- 2012 г. Волновой глайдер Wave Glider II компании Liquid Robotics устанавливает мировой рекорд, проплыв в автономном режиме более 14 000 миль за год.
-2015 г. Создание Webb Research прототипа термального глайдера с положительным энергетическим балансом

Создание аппаратов с гидродинамическими принципами движения



Некоторые модели зарубежных глайдеров

Сведения об активном использовании глайдеров за рубежом

В настоящее время ведется большое количество различных программ, в той или иной мере использующих глайдеры.

- GROOM (Gliders for Research, Ocean Observations&Management)
- PERSEUS (построение сети мобильных гидрофонов для акустического мониторинга океана)
- ACOBAR (Acoustic technology for Research in Arctic Ocean)
- GREENSEAS (мониторинг планктона)
- JERICO (Joint European Research Infrastructure Network for Coastal Observatories)
- MERMAID (Early Pollution Warning System)

и многие другие.

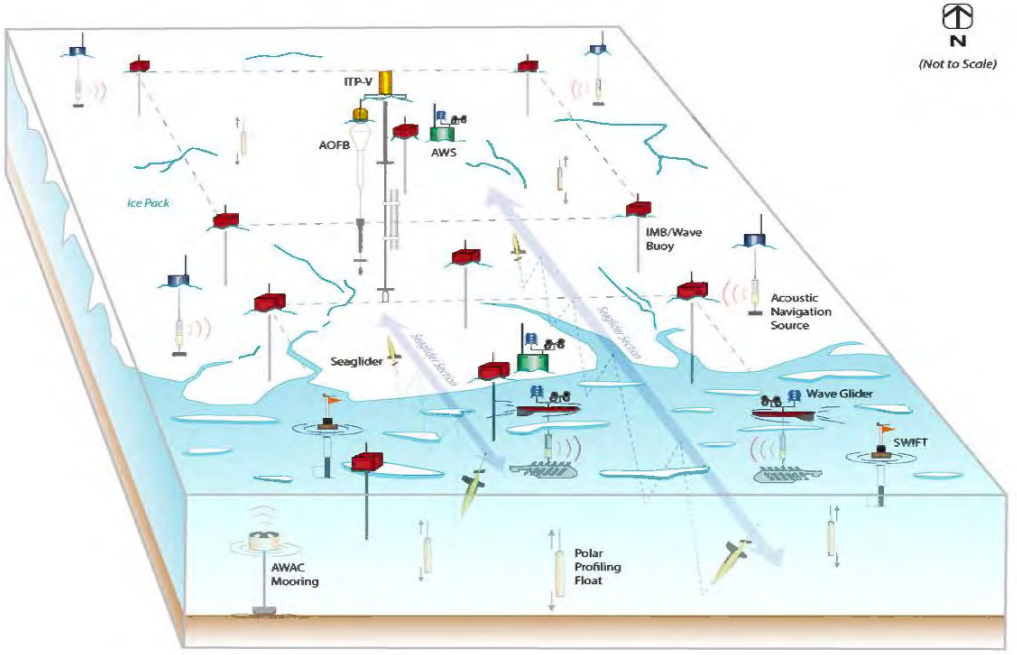
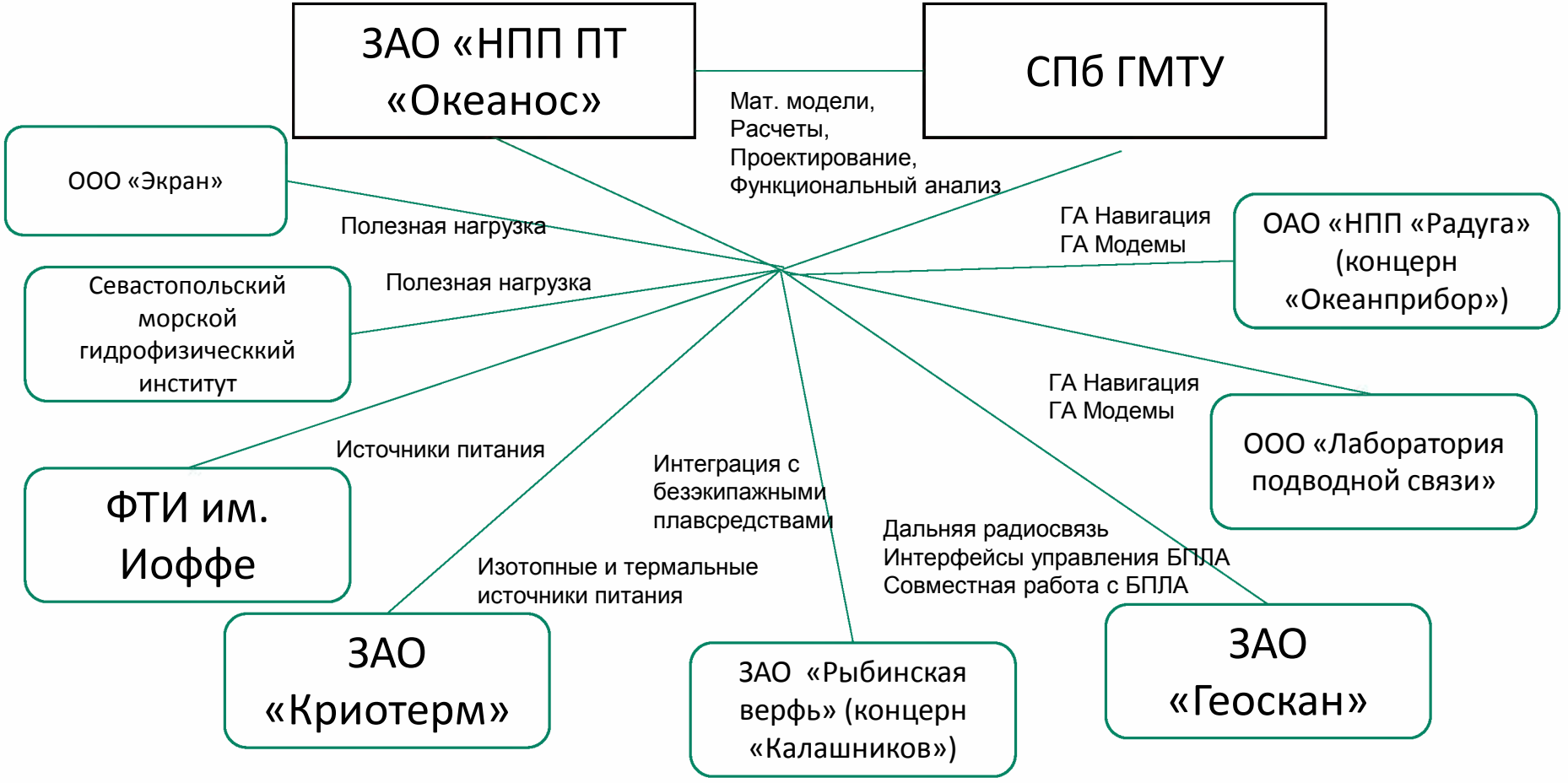


Иллюстрация мультиагентной системы мониторинга с использованием глайдеров из программного документа ВМС США «Arctic Roadmap 2020», описывающего стратегические цели США в арктическом регионе.

Кооперация по созданию семейства морских РТС



Создание семейства морских необитаемых аппаратов

С 2011 г. совместной инициативной рабочей группой ведется создание семейства морских робототехнических средств с гидродинамическими принципами движения, как элемента **Концепции системы морской подводной безопасности и монитоинга**.

- 2012 г. Силами ученых СГТУ создан лабораторный практический образец подводного глайдера (с рабочей глубиной до 100 м), проведены испытания
- 2013 г. Сформулирована концепция создания и развития робототехнических средств с гидродинамическими принципами движения
- 2013 г. СПб ГМТУ проводит серию гидродинамических расчетов по нескольким вариантам архитекуры глайдеров
- 2013 г. СПб ГМТУ совместно с ЗАО «НПП ПТ «Океанос» создает математическую модель подводного глайдера
- 2014 г. На базе математической модели СПб ГМТУ создана и испытана в аэродинамической трубе твердотельная продувочная модель подводного глайдера
- 2014 г. ЗАО «НПП ПТ «Океанос» создает полноразмерный образец подводного глайдера
- 2014 г. В СГТУ создан макет волнового глайдера
- 2014 г. Создается программное обеспечение глайдера в режиме самостоятельной стабилизации движения по препрограммируемым заданиям и отрабатывается интерфейс системы управления исполнительными механизмами
- 2014 г. Первые лабораторные испытания в испытательном бассейне СПб ГМТУ
- 2015 г. Создается программное обеспечение глайдера в режимах теле- и автономного управления движением по препрограммируемым заданиям.
- 2015 г. Интерфейс пользователя ПО унифицируется с ПО управления БПЛА
- 2015 г. Начато сотрудничество с компанией «Криотерм» по использованию радиоизотопных и термогенераторных энергетических модулей
- 2015 г. Начаты испытания на открытой воде и в опытовых бассейнах. По результатам испытаний глайдер широко модифицируется.
- 2016 г. Запланированы широкомасштабные, в т.ч. длительные морские испытания

Со времени начала проекта (2011 г) коллектив разработчиков **опубликовал ряд научных и популярных статей на тему концепта в общепромышленных, научно-технических и оборонных изданиях, принимал активное участие в научно-практических конференциях и симпозиумах, участвовал в специализированных выставках** (Международный военно-морской салон, «Интерполитех», CIS Offshore, «Арктика», Международный Экологический Форум и т.д.) а также провел ряд демонстраций для специалистов, представителей Правительства РФ, министерств и ведомств, неизменно вызывавших большой интерес.

С 2009 года ЗАО «НПП ПТ «Океанос» принимает активное участие в научно-практической конференции «Задачи и системы управления» с серией докладов по морским робототехническим системам:

«Особенности эксплуатации подводных аппаратов в неблагоприятных гидрологических условиях»

«Разработка морских робототехнических систем»

«Морские робототехнические системы в обеспечении безопасности»

«Опыт создания подводного глайдера»

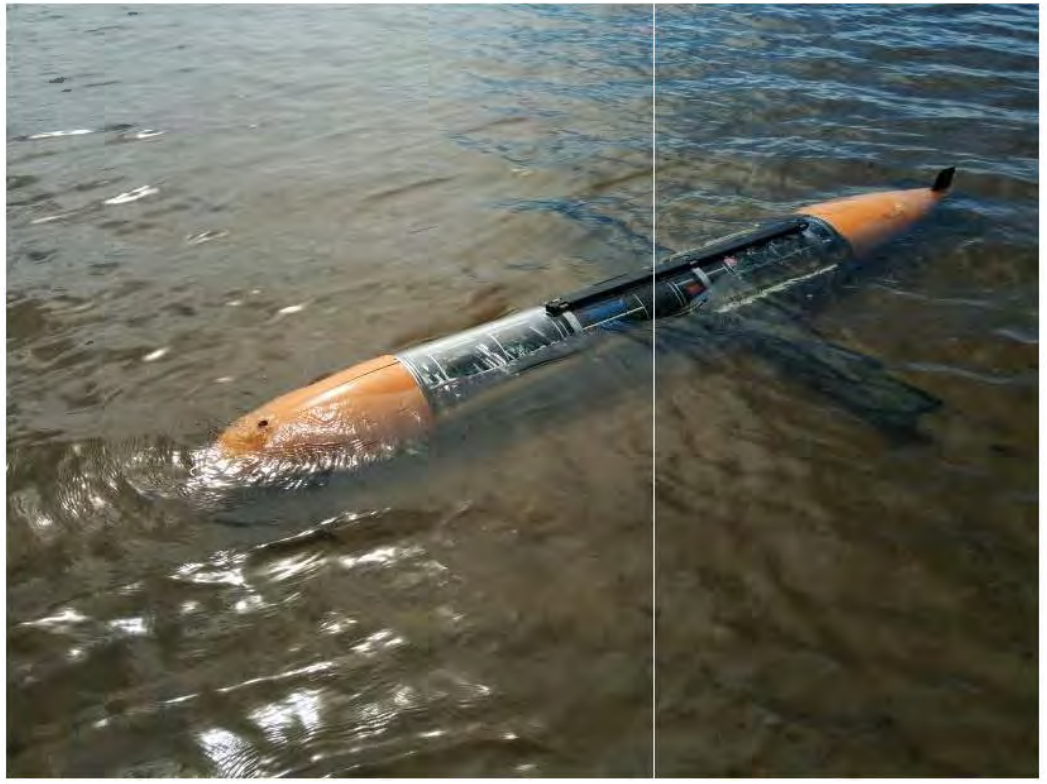
Создание образцов семейства морских необитаемых аппаратов – 2014 год

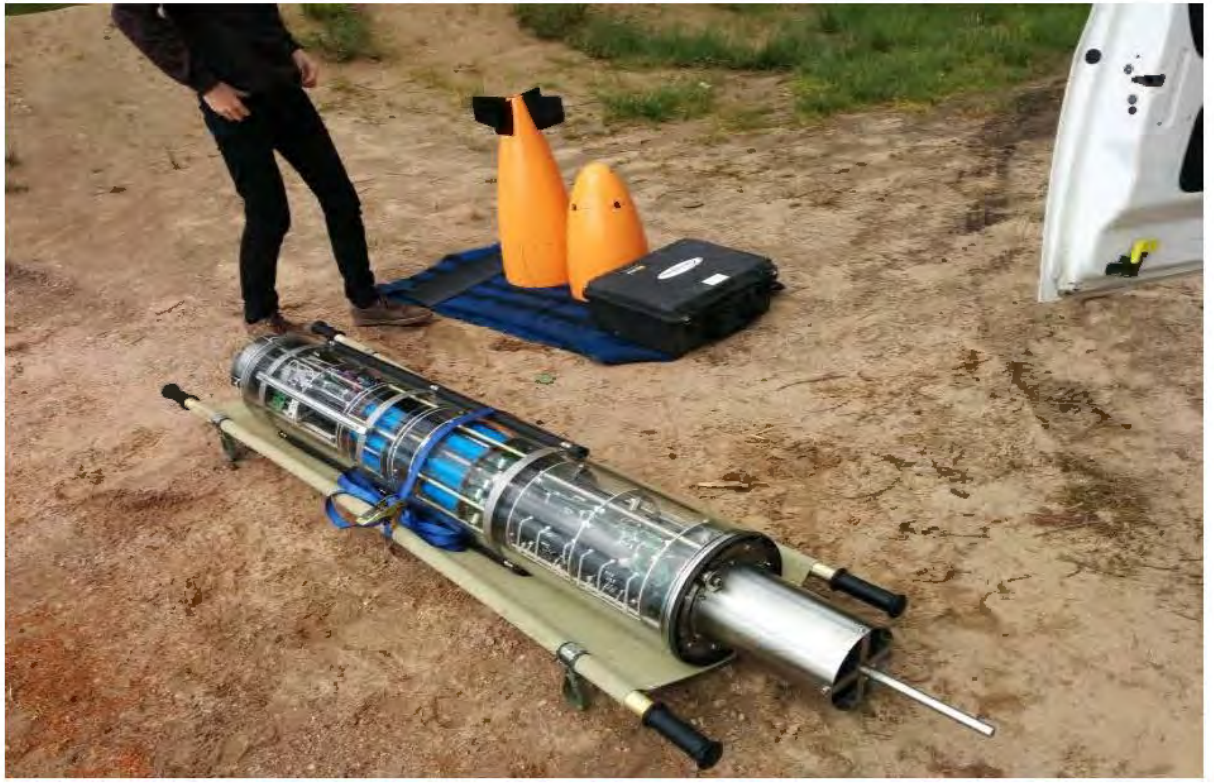
Создание семейства морских необитаемых аппаратов

Характеристика	Значение
Длина корпуса (без антенны)	2720 мм
Диаметр корпуса	320 мм
Размах крыльев	1680 мм
Объем МИПа* носового	2,7 л
Объем МИПа кормового	3,1 л
Система точной дифферентовки и изменения угла крена	Продольное и радиальное смещение батарейного блока
Вес	130 кг
Горизонтальная скорость	0.5 м/с
Масса полезной нагрузки	25 кг
Глубина погружения	100 м для лабораторного образца, 1000 м для рабочего образца (при той же конструкции, с заменой материала корпуса).
АКБ, типа	Литий-ионная
Емкость	70 АЧ

Глайдер в опытовом бассейне СПб ГМТУ при подготовке к спуску, 2013-2014 гг.

Создание семейства морских необитаемых аппаратов





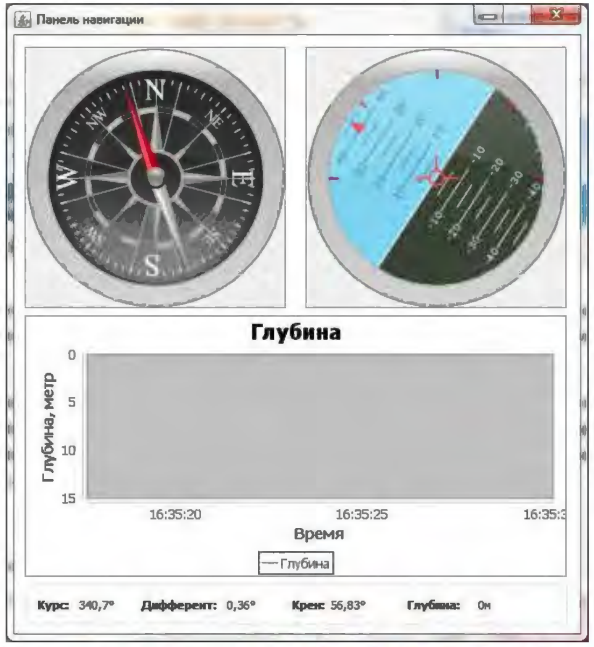
Аппарат типа «глайдер» в ходе испытаний на открытой воде – полностью готовый к работе и со снятыми обтекателями и крыльями в ходе предспускового обслуживания. 2014-2015 гг.

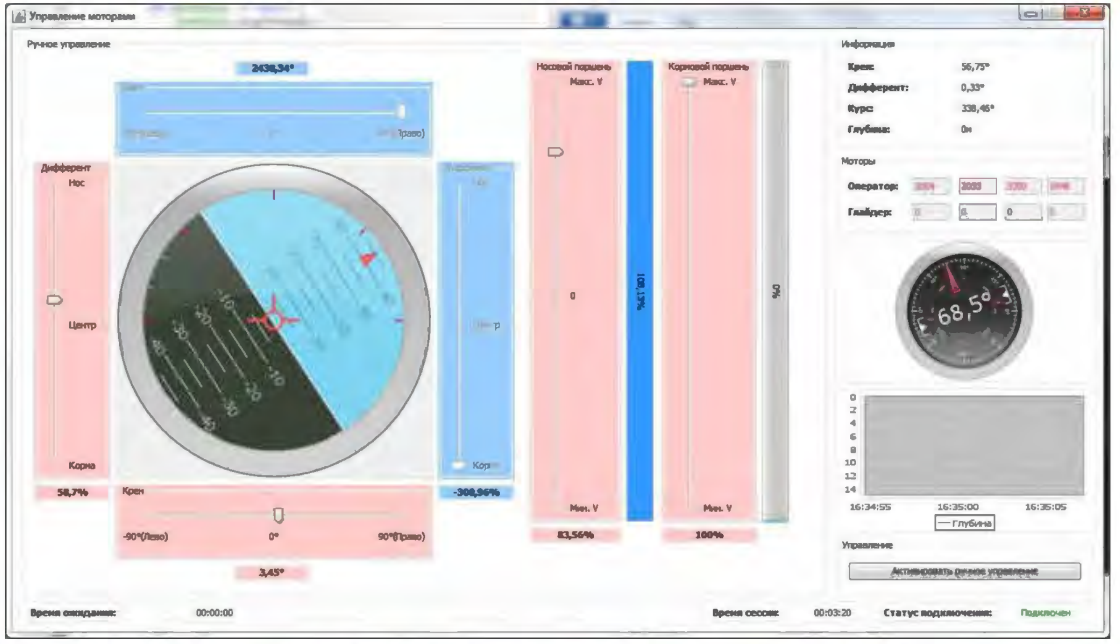
Создание компонентов аппарата

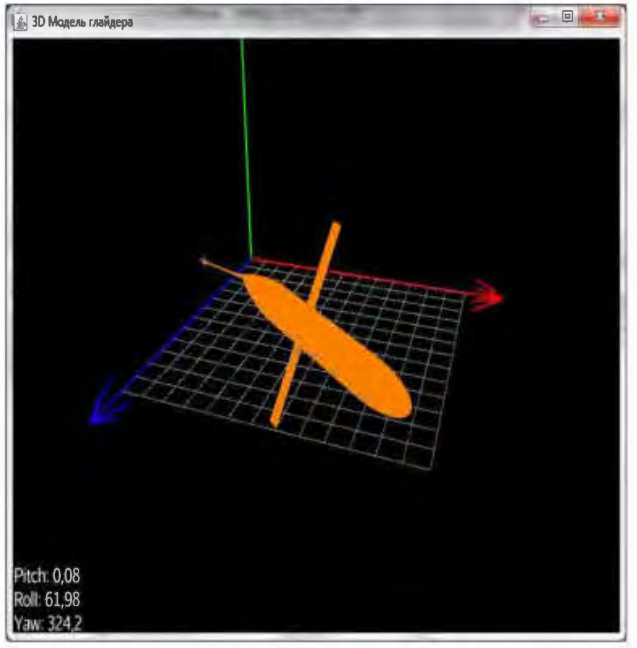
В ходе создания образца подводного глайдера был проведен большой объем теоретических и научно-практических разработок, создано уникальное программное обеспечение, разработаны, спроектированы и изготовлены электронные и электромеханические компоненты:

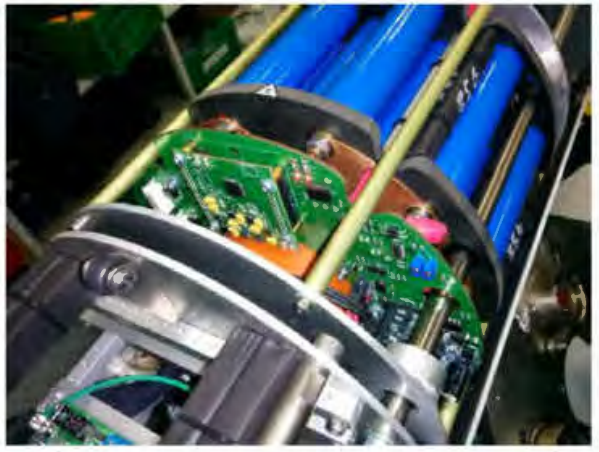
- В СПб ГМТУ проведен большой объем гидродинамических и прочностных расчетов, отработаны формы корпуса, оконечностей и крыльев, обоснован выбор профиля крыла, проведены продувки в аэротрубе и исследования в ходовом бассейне.
- В ЗАО «НПП ПТ «Океанос» специально разработано программное обеспечение для всех этапов функционирования аппарата, в том числе дополнительно – семейство ПО для визуализации просмотра и обработки результатов телеметрии, а также ПО для прямого и частичного управления аппаратом в ходе различных этапов испытаний.
- Разработаны протоколы связи (по Wi-Fi на малом удалении, с применением модема дальней радиосвязи (разработка ЗАО «Геоскан», г. Санкт-Петербург; модем унифицирован с используемыми в принятых на снабжение малых отечественных БПЛА) , с применением гидроакустического модема (производства Лаборатории подводной навигации и связи, г. Москва)
- Разработаны и модифицированы конструкции МИПов и устройств перемещения балласта. Применена отечественная элементная база.

Создание компонентов аппарата – уникальное аппаратное и программное обеспечение









Элементы программного и аппаратного обеспечения, разработанные в ходе создания образца

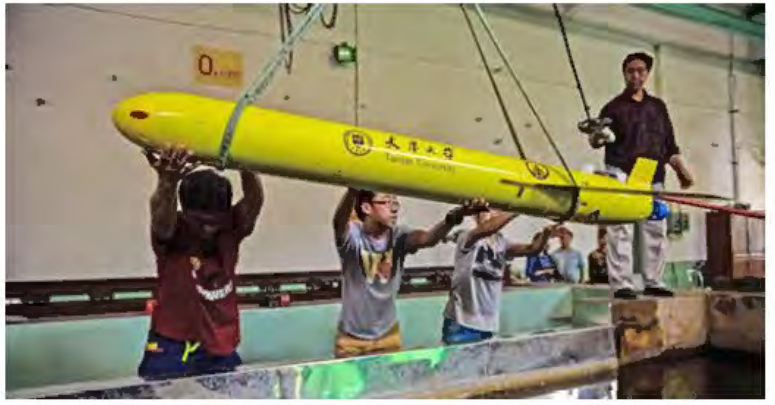
Предварительные результаты испытаний

В 2015 г. ЗАО «НПП ПТ «Океанос» совместно с ФГОУ СПб ГМТУ провело серию лабораторных и натурных испытаний созданного образца подводного глайдера в опытных бассейнах ЗАО «НПП ПТ «Океанос» и ФГОУ СПб ГМТУ, а также на акваториях водоемов Ленинградской области. По результатам в конструкцию внесены существенные изменения:

- **Увеличен объем носового МИП** и его быстродействие.
- **Изменена начальная удифферентовка** аппарата с целью увеличения запаса подводной остойчивости, особенно поперечной. Изменение начальной балластировки позволяет «сгладить» кривые опрокидывающих и восстанавливающих моментов, значительно облегчая работу алгоритмов системы управления.
- **Полностью обновлено ПО системы автоматического управления**. Введена концепция единого системного времени, согласно с которым выстраивается шкала синхронизации системных процессов и событий.
- **В САУ введен режим «ассист-автопилота», работающий на основе предикторных алгоритмов.** Фактически, САУ постоянно рассчитывает и обновляет математическую модель движения аппарата по его траектории, и в случае выхода актуальных параметров из коридора допусков автоматически корректирует положение аппарата. Это позволяет упредить возможные критические ситуации (сваливание, штопор, «зависание» без скорости).

Дальнейшее направление исследований

1. Интеграция новой полезной нагрузки:
   - Гидролокаторы различных типов (например, малогабаритный ГБО компании «Экран»)
   - Система подводной навигации с длинной базой (Лаборатория подводной связи и навигации)
   - Дополнительные системы связи (например, представляет интерес система оптической связи на основе сине-зеленых лазеров, представленная в 2015 г. на экспозиции в США.
   - Океанологических датчиков (ООО «Ситекрим»)
2. Переход к гибридной схеме движения – с использованием традиционного гребного винта при необходимости обеспечения прямолинейного движения на одной глубине (например при проведении гидроакустической съемки) или преодоления течений.
3. Использование новых источников энергии (генераторы на фазовом переходе, радиоизотопные источники питания)



Гибридные глайдеры Slocum G2 (США) и HAIYAN – PETREL II HUG (Китай)

Новая генерация универсальных подводных аппаратов
(по результатам работы на выставке Subsea TieBack, март 2016)

Подводный аппарат SAAB Sabertooth (и версия Sabertooth REV II), совместного производства компаний SAAB (взявшей за основу свой проект SAROV), Seaeye Intl (известной своими проектами ТПА) и производителя подводной гидроакустики Sonardyne.

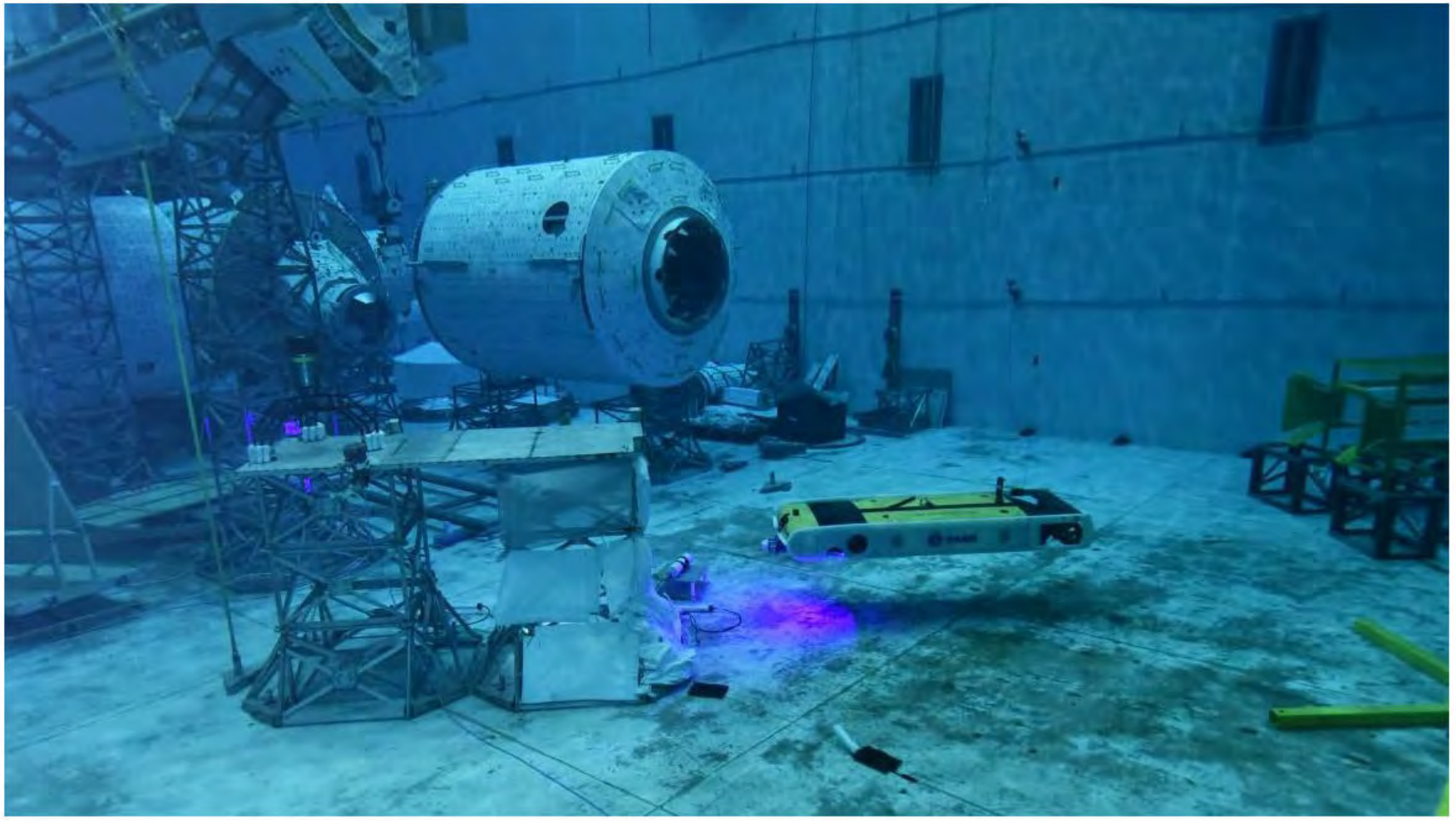
Аппарат Sabertooth сочетает в себе свойства АНПА и ТПА – он оборудован комплектом батарей большой емкости, способен работать в трех режимах – полностью автономным, режиме ассистента и полностью в режиме ручного управления.

Автономный режим – в этом режиме аппарат представляет собой типичный АНПА, выполняет генерализованные действия по заранее заложенной программе (типа – прибыть в такой-то район, произвести гидролокаторную съемку в таком-то районе и т.д.).

Режим ассистента – в этом режиме аппарат связан с береговым оператором посредством гидроакустического, проводного или оптического канала связи (см. далее). Оператор выдает команды общего вида (типа «пройди 10 метров по прямой» или «приблизься к объекту X»), при этом САУ аппарата самостоятельно генерирует алгоритм выполнения задачи

Ручной режим – непосредственное управление движением и работой аппарата. В этом режиме аппарат действует как традиционный ТПА.

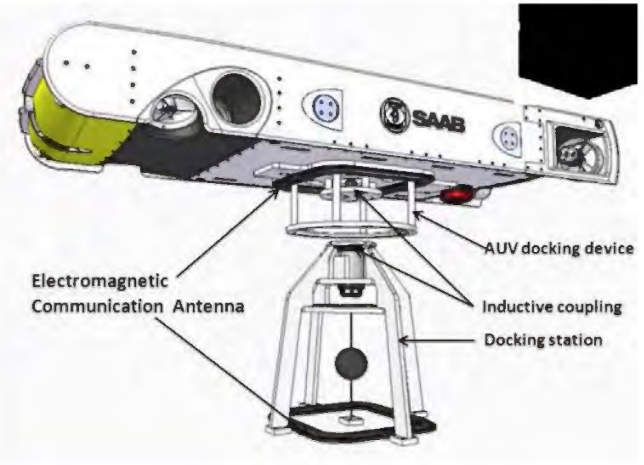
Новая генерация универсальных подводных аппаратов

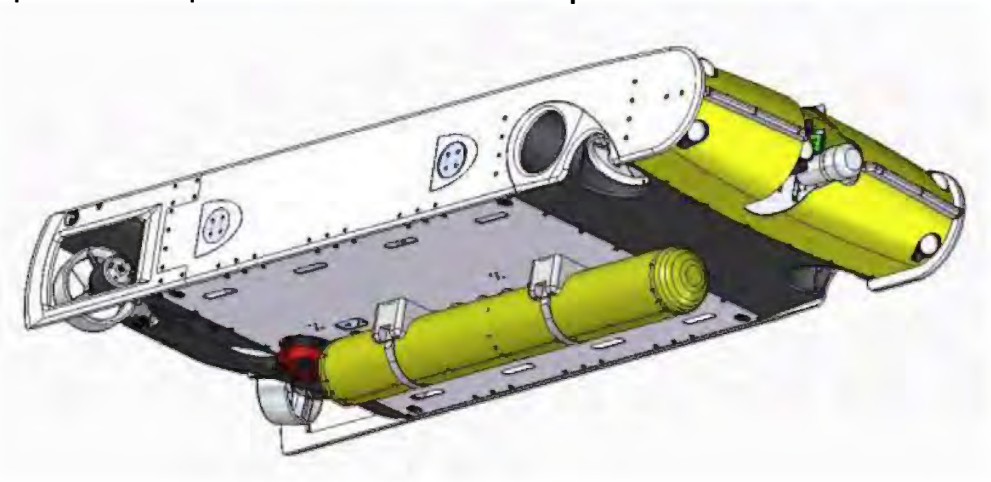


Sabertooth использует специнструмент для поворота клапанов в ходе испытания аппарата в бассейне нулевой гравитации NASA, г.Хьюстон. Связь поддерживается по FSO (см. далее)

Новая генерация универсальных подводных аппаратов

Sabertooth входит в док-станцию в автономном режиме





Расширенный функционал Sabertooth – совместная работа с другими объектами подводной инфраструктуры

Новая генерация универсальных подводных аппаратов

Для расширения функционала аппаратов такого типа, возможности построения разветвленных морских информационных систем и решения целого ряда недоступных далее задач, используется технология FSO – Free Space Optic Link – высокоскоростная оптическая связь. Технология была неоднократно апробирована на земле, но до недавнего времени ее применение под водой было чисто теоретическим, в силу усиленного поглощения и зашумления сигнала (attenuance & backscatter). Однако с появлением высокомощных LED-источников света и лазеров с длиной волны 450-550 нм (синий/сине-зеленый), данная технология стала реальностью. В хороших гидрологических условиях канал связи имеет пропускную способность до 1 Гб/с, что достаточно для получения потокового видео, телеметрии и управления аппаратом в реальном времени.

Данная технология может стать революционной для создания мультиагентной системы подводных робототехнических средств, включающей в себя глайдеры, АНПА, ТПА, донные базовые станции, буи-ретрансляторы, суда обеспечения и береговые командные пункты.

Разработка проекта глайдера ЗАО «НПП ПТ «Океанос» является шагом на пути к обоснованию необходимости, доказательству возможности, и, в конечном счете - созданию именно такой системы.

Проблемы и трудности, стоящие перед разработчиками

•Сложность решения задач прототипирования в ходе ОКР

•Необходимость существенных инвестиций на начальном этапе для разработки уникальных логических решений и большого количества программного обеспечения. По данным зарубежных авторов, типичный коллектив, работающий над проектом типа глайдер, включает около 70% программистов и математиков и лишь 30% инженерного и технического персонала.

•Отсутствие единой концепции развития робототехнических сил и средств.

•Кадровый вопрос, отсутствие специалистов современного уровня практически во всех смежных областях.

•Сжатые сроки требуемого решения проблем и неадекватное финансирование. Программа ВМС США, как указывалась ранее, развивалась с 1988 года для достижения сегодняшнего уровня. По самым скромным подсчетам, только на основные программы разработки глайдеров (Slocum, SeaGlider, Liberdad (Z-Ray)) было потрачено свыше 200 млн. долларов. Также свыше 200 млн. долларов было израсходовано на программы практического использования глайдеров, такие как программы NORAA, GROOM и др.

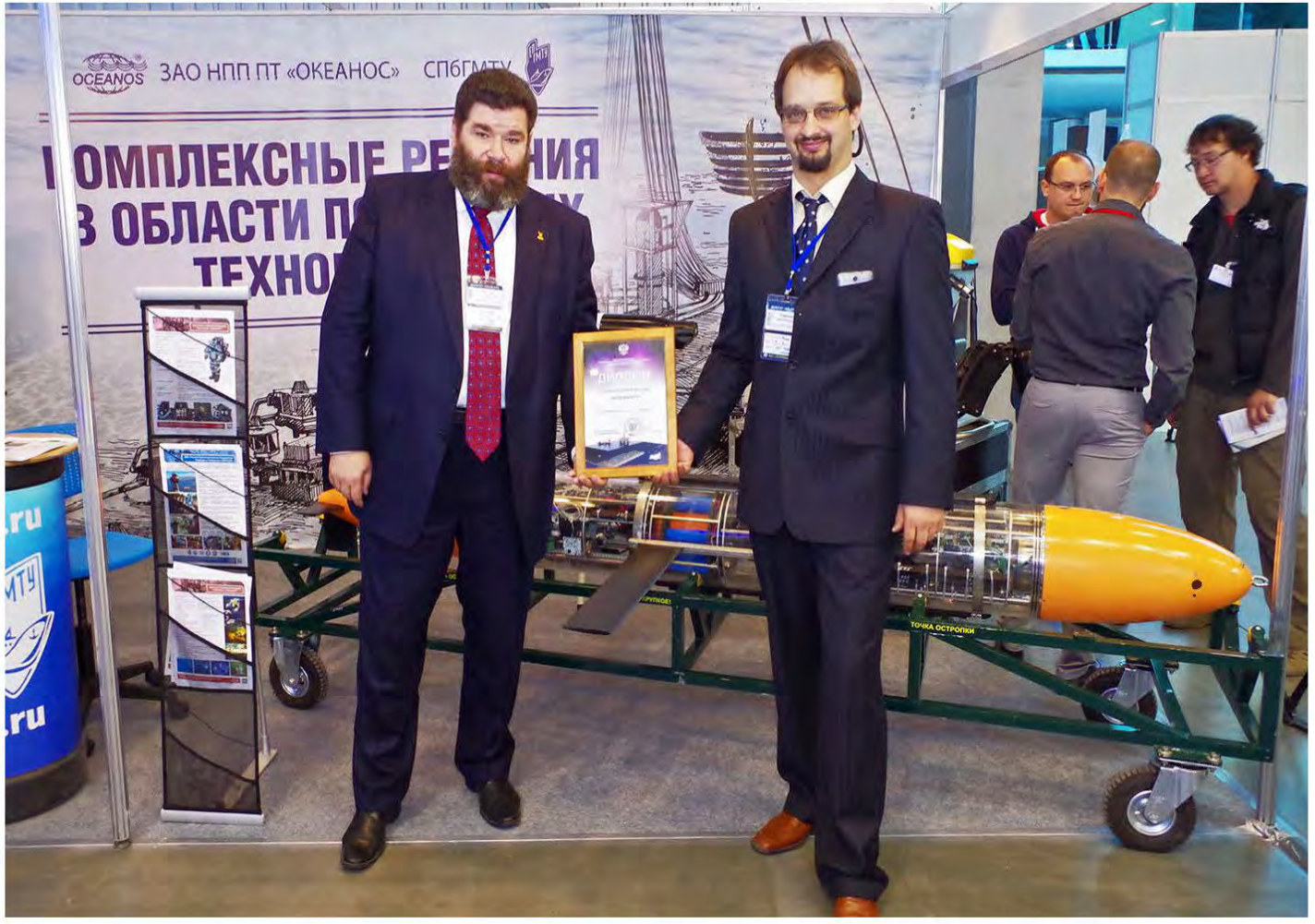
•Требование для адекватности разрабатываемых проектов «перескочить» через текущее поколение аппаратов (которые устареют к моменту серийного производства отечественной техники) и заниматься сразу разработкой аппаратов следующего поколения, при том что элементная база российского производства в основном технологически уступает зарубежной.

Выводы

При текущем состоянии дел для поддержания конкурентоспособности РФ выход можно найти только в создании современной, высокотехнологичной единой системы наблюдения за морем с высоким уровнем использования робототехнических средств, причем создание и развертывание такой системы необходимо начинать в ближайшее время. Глайдеры являются ключевыми элементами такой системы. ЗАО «НПП ПТ «Океанос» и организации-члены кооперации по созданию морских РТС продолжат дальнейшую разработку и усовершенствование семейства автономных подводных аппаратов с целью повышения эффективности их работы и открыты для продуктивного сотрудничества со всеми заинтересованными организациями.

Все перечисленные в докладе результаты получены в рекордно короткий (по сравнению с мировыми аналогами) срок, в условиях ограниченного финансирования и небольшим коллективом разработчиков, что подчеркивает высокий потенциал рабочей группы.

В 2015 г. работа по созданию аппарата типа «глайдер» была отмечена 1 премией Конкурса инновационных разработок Министерства энергетики Российской Федерации.



Смежная работа СПб ГМТУ была также отмечена 1 премией Конкурса.