



при поддержке Правительства Российской Федерации

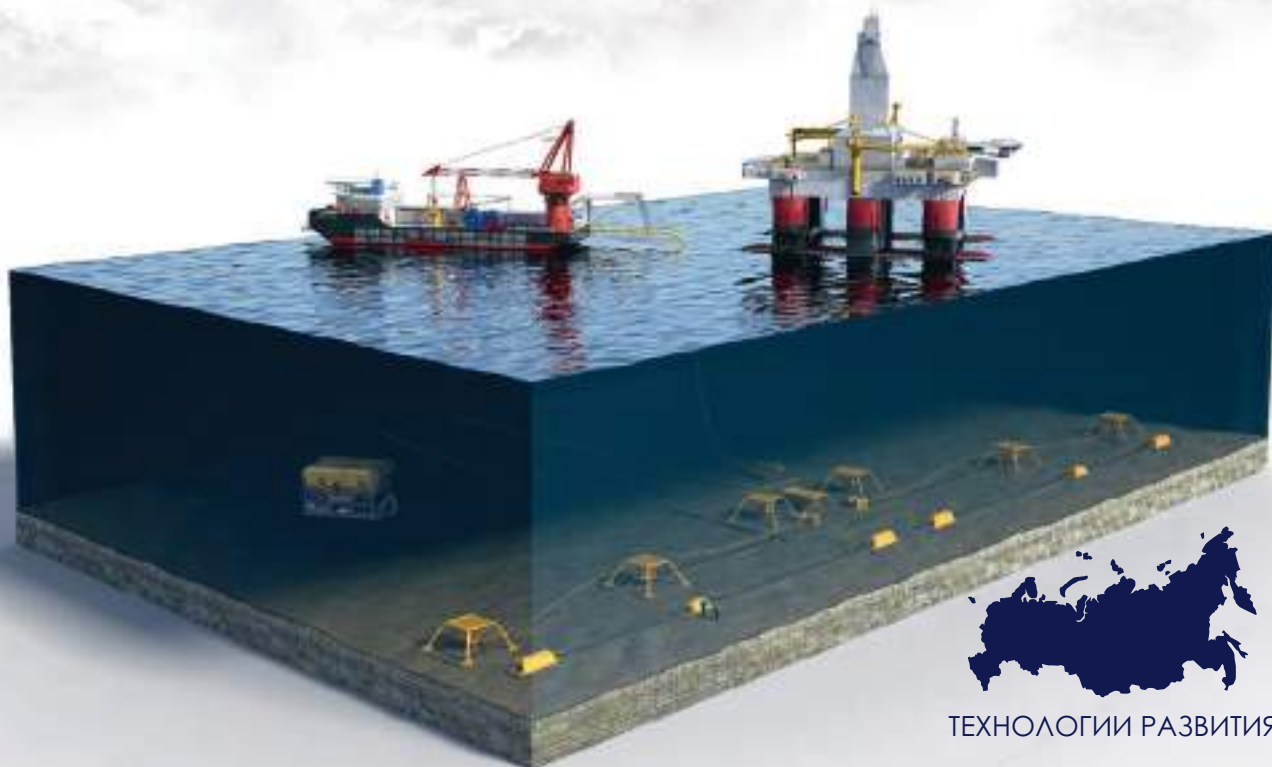
# СБОРНИК

работ лауреатов

Международного конкурса

научных, научно-технических и инновационных  
разработок, направленных на развитие и освоение  
Арктики и континентального шельфа

# 2017



ТЕХНОЛОГИИ РАЗВИТИЯ

# СОДЕРЖАНИЕ

Введение	17
<b>1. ЛАУРЕАТЫ ПЕРВОЙ ПРЕМИИ:</b>	
1.1. «Обеспечение современных требований к техническим и экономическим характеристикам ядерных судовых энергетических установок для развития и освоения Арктики на базе технологии численного эксперимента на СуперЭВМ», авторский коллектив Акционерное общество «Опытное конструкторское бюро машиностроения им. И.И. Африкантова»: Большухин М.А., Скулкин Н.Г., Хизбуллин А.М., Будников А.В., Свешников Д.Н., Фомичев В.И., Панов В.А., Марков А.С., Романов Р.И., Лебедев В.В.	20
1.2. «Концептуальный проект морской плавучей электростанции, использующей энергию ветра для энергообеспечения прибрежных территорий», авторский коллектив акционерного общества «Центральное конструкторское бюро морской техники «Рубин» и ФГАУ ВО «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого»: Мегрецкий К.В., Купреев В.В., Карлинский С.Л., Кашкатенко Г.В., Осипенко А.В., Большев А.С., Елистратов В.В.	23
1.3. «Методика зондирования МОВ-МПВ для определения скоростных характеристик при проведении сейсморазведочных работ в сложных ледовых условиях центральной глубоководной Арктики», авторский коллектив ОАО «Морская арктическая геологоразведочная экспедиция»: Казанин Г.С., Васильев А.С., Прилипко С.А., Прудников А.Н., Зимовский А.В., Матвеев И.А., Точилев Р.С., Кузнецов А.В.	26
1.4. «Энергоблок атомной станции малой мощности с реакторной установкой «Шельф», авторский коллектив Акционерного общества «Ордена Ленина Научно-исследовательский и конструкторский институт энерготехники имени Н.А. Доллежалея» (АО «НИКИЭТ»): Пименов А.О., Гольцов Е.Н., Ермолаева Т.А., Квашнина Н.Г., Кривошеин И.Н., Литвинов А.Е., Михайлов А.В., Орлова Е.Е., Прокушенков И.Г., Трапезников И.Н.	29
1.5. «Разработка и внедрение технологий производства хладостойкого металлопроката для ледокольного флота, морской и инженерной техники, эксплуатирующейся в Арктике», авторский коллектив ПАО «Магнитогорский металлургический комбинат»: Денисов С.В., Горшков С.Н., Стеканов П.А., Авраменко В.А., Мычак М.Н., Хлусова Е.И., Сыч О.В., Голубева М.В., Гусев М.А., Яшина Е.А.	31
1.6. «Внедрение симуляторов для динамического и статического моделирования технологических процессов платформы «Приразломная», авторский коллектив ООО «Газпром нефть шельф»: Гильфанов Р.Р., Пасторов С.П., Мохнаткин И.В., Селюнин И.Н., Билалов А.Д., Галляветдинов А.А., Субботин Е.А., Агафонов Д.В.	37
1.7. «Кейс по разработке концепции обустройства и освоения морского арктического газового месторождения», авторский коллектив ООО «Газпром ВНИИГАЗ» (ПАО «Газпром»): Касьян Е.Б., Анисимова Н.А., Близнецов Р.С., Бокарев С.А., Густой А.Н., Караев И.П., Миронов В.В., Новик Е.Ю., Ремизов А.Е., Суетинов А.В.	37
1.8. «Разработка и практическая реализация технологических решений по созданию круглогодичной морской транспортной системы для обеспечения перевозок углеводородов из Обской губы», авторский коллектив ПАО «Совкомфлот»: Тонковидов И.В., Соколов А.А., Чашков Р.Ю., Горбачев Д.Б.	39
1.9. «Метод локализации и ликвидации аварийных разливов нефти и нефтепродуктов в условиях шуги и битого льда в акватории морских портов», авторский коллектив ПАО «АК Транснефть» ООО «НИИ Транснефть»: Половков С.А., Николаева А.В., Гончар А.Э., Айсматуллин И.Р., Веретельник Д.А., Радченко А.Н., Слепнёв В.Н., Трошин М.А.	43
1.10. «Новые технологии ликвидации аварийных разливов нефти в ледовых условиях в зоне предельного мелководья на арктическом шельфе», авторский коллектив ФГАУ ВО «Московский государственный институт международных отношений (университет) МИД Российской Федерации»: Сочнева И.О., Лапшин Г.А., Стрижиков В.А., Кошурина А.А., Пальцев В.В.	46
1.11. «Возобновляемый источник тепловой энергии - ветротеплогенератор», ФГКУВО «Военная академия материально-технического обеспечения имени генерала армии А.В. Хрулёва», автор: Седых Н.А.	50
1.12. «Комплекс работ по созданию инновационных технических средств для аварийной эвакуации персонала арктических морских нефтегазовых платформ», авторский коллектив ФГУП «Крыловский государственный научный центр»: Таровик В.И., Вальдман Н.А., Павловский В.А., Карелин А.А., Рап М.М., Рап Е.А., Сергеев М.С.	53
1.13. «Концептуальный Проект по Развитию Информационного Обеспечения Северных Территорий и Международной Телекоммуникационной Инфраструктуры (НордАрго)», авторский коллектив предприятий при координации ООО «Технология развития».	58
1.14. «Разработка системы управления ледовой обстановкой для условий Карского моря», авторский коллектив ПАО «НК «Роснефть»: Пашали А.А., Сочнев О.Я., Павлов В.А., Корнишин К.А., Ефимов Я.О., Гудошников Ю.П., Чернов А.В., Нестеров А.В.	63

## 2. ЛАУРЕАТЫ ВТОРОЙ ПРЕМИИ:

- 2.1. «Технология ликвидации разливов нефти и нефтепродуктов на воде и почве с использованием биосорбента и биопрепарата, разработанных ООО «НИИ Транснефть», авторский коллектив ОАО «АК Транснефть» и ООО «НИИ Транснефть»: Половков С.А., Николаева А.В., Дегтярева С.С., Дунаева А.С., Радченко А.Н., Шестаков Р.Ю. 72
- 2.2. «Методология расчета экстремальных значений параметров ледяного покрова и характеристик опасных природных явлений, основанная на детализированном реанализе и результатах натурных наблюдений, в целях подготовки исходных данных для проектирования объектов обустройства морских месторождений (на примере Охотского моря), авторский коллектив ООО «Газпром ВНИИГАЗ»: Онищенко Д.А., Чумаков М.М., Дианский Н.А., Новиков А.И., Ривин Г.С., Цвезинский А.С. 75
- 2.3. «Разработка математической модели устойчивости к сдвигу под воздействием ледовых полей свайных фундаментов, находящихся в пластичных грунтах, и экспериментальные исследования полученной модели», авторский коллектив ООО «Газпром добыча Ямбург» Федеральное государственное унитарное предприятие «Крыловский государственный научный центр»: Арно О.Б., Миронов В.В., Куропаткин С.Ю., Лопашев П.А. 81
- 2.4. «Разработка модульно-унифицированного семейства автономных подводных аппаратов как элементов мультиагентной подводной робототехнической системы для Арктического региона», АО «НПП ПТ «Океанос», автор: Занин В.Ю. 84
- 2.5. «Проектирование опытно-промышленной волновой электростанции (ВОЛНЭС) мощностью 30 квт», авторский коллектив АО «ПО «Севмаш», авторский коллектив: Марущенко А.А., Козич А.И., Марущенко О.В. 89
- 2.6. «Внедрение системы мониторинга и управления сигнализациями систем обеспечения управления и безопасности платформы «Приразломная», авторский коллектив ООО «Газпром нефть шельф»: Гильфанов Р.Р., Мохнаткин И.В., Серенко И.А., Зиннатуллин И.А., Хуснутдинов Л.З., Михайлов В.И., Билалов А.Д., Мусаверов И.Р. 91
- 2.7. «Обогрев агрегатов силовой установки вертолета Ми-38-2», авторский коллектив АО «МВЗ им. М.Л. Миля»: Драгункин Д.А., Демьянюк С.А. 94
- 2.8. «Совершенствование технологии сейсморазведочных работ в транзитных зонах севера Западной Сибири», авторский коллектив ООО «НОВАТЭК НТЦ»: Кузнецов В.И., Долгих Ю.Н. 96
- 2.9. «Научно-технические проблемы комплексного экологического мониторинга и прогнозирования состояния окружающей среды и объектов применительно к перспективным безлюдным технологиям нефтегазодобычи в Арктике и на континентальном шельфе», авторский коллектив НИЦ «КУРЧАТОВСКИЙ ИНСТИТУТ»: Казеннов А.Ю., Исаков Н.Ш., Зенин В.В., Спиридонов А.А. 102
- 2.10. «Инновационная система автоматизированной/автоматической посадки летательных аппаратов на базе технологии высокоточных радионавигационных полей для освоения Арктики и континентального шельфа Российской Федерации», авторский коллектив АО «ЦНИИАГ»: Щербинин В.В., Связов А.В., Смирнов С.В., Кветкин Г.А., Фомин А.И., Куликов Л.И., Ажгиревич И.Л., Зиновьев П.Д., Измайлов-Перкин А.В., Скибин А.А. 104
- 2.11. «Разработка и промышленное внедрение на скважинах Бованенковского нефтегазоконденсатного месторождения инновационных видов резьбонарезных труб нефтяного сортамента с целью обеспечения экологической безопасности Арктического региона», авторский коллектив предприятий: ООО «Газпром добыча Надым» - Меньшиков С.Н., Попов К.А., Джалыбов А.А., Одинцов Д.Н., Филиппов А.Г., Бельский Д.Г., Артеменков В.Ю., Ерехинский Б.А.,; ООО «ТМК Премиум Сервис», ПАО «Трубная металлургическая компания» - Рекин С.А., Пушкарев А.Н. 108
- 2.12. «Предложения по созданию индивидуальных спасательных средств на судах и морских сооружениях в Арктике», авторский коллектив Арктической общественной академии наук: Илюхин В.Н., Киннунен А.И., Доценко О.Г. 111

### 3. ЛАУРЕАТЫ ТРЕТЬЕЙ ПРЕМИИ:

- 3.1. «Разработка интеллектуального комплекса закачки хим. реагентов для повышения эффективности эксплуатации систем верхнего заканчивания», авторский коллектив ООО «Газпром нефть шельф»: Пономарев А.С., Ефимкин И.В. 114
- 3.2. «Снижение стоимости оборудования и его обслуживания за счет применения принципиально нового бесшатунного поршневого механизма: в гидроприводе ветроэнергетической установки ВЭУ, в гидроприводе главного судового движителя, в тепловых машинах (альтернатива турбине)», ЗАО «Завод ВНИИЗЕММАШ», автор: Литвинов В.В. 119
- 3.3. «Топографо-геодезическое и картографическое обеспечение Арктики и континентального шельфа морей Северного ледовитого океана в пределах территорий РФ», авторский коллектив АО «Аэрогеодезия»: Матвеев А.Ю., Баландин В.Н., Брынь М.Я., Меньшиков И.В., Мустафин М.Г., Фирсов Ю.Г. 121
- 3.4. «Бесконтактная система передачи энергии», авторский коллектив ООО «Научно-производственный центр «Судовые электротехнические системы»: Тепляков М.В., Денисова Е.Т., Круглова Н.В., Гончарова Ю.В., Чиняева А.О., Лошенко М.Д. 123
- 3.5. «Мобильный биоморфный шагающий робот», авторский коллектив АО «ВНИИ «СИГНАЛ». 125
- 3.6. «Система работы с молодыми специалистами», авторский коллектив АО «ПО «Севмаш»: Острокопытова Н.С., Кривчиков А.В., Спиридонов А.Ю., Корзин М.М. 127
- 3.7. «Биогенный модуль переработки органических отходов производства и потребления в условиях Арктики», авторский коллектив ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский горный университет»: Трушко О.В., Ковшов С.В. 130
- 3.8. «Разработка изометрической модели картографического отображения района Арктики и континентального шельфа», ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский горный университет», автор: Копылова Н.С. 132
- 3.9. «Разработка иерархической интеллектуальной системы моделей для управления реализацией передовых производственных технологий в сферах жизнедеятельности восьми опорных зон развития Арктики (Кольская; Архангельская; Ненецкая; Воркутинская; Ямало-Ненецкая; Таймыро-Туруханская; Северо-Якутская; Чукотская)», авторский коллектив ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого»: Диденко Н.И., Ивантер В.В., Комков Н.И., Скрипнюк Д.Ф., Федосеев С.В., Клочков Ю.С., Болдырев Ю.Я., Коначина Н.А., Цветков П.С., Антипов С.К. 135
- 3.10. «Разработка малогабаритной воздухозависимой энергетической установки на основе высокометаллизируемого безгазового топлива», авторский коллектив ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева»: Чернышов Е.А., Романов А.Д., Романова Е.А. 138
- 3.11. «Разработка шасси на воздушной подушке для самолетов с обеспечением их взлета и посадки на элементарно подготовленные взлетно-посадочные полосы и для транспортных средств с увеличением их проходимости в условиях Арктической зоны», авторский коллектив ФГУП «Центральный аэрогидродинамический институт имени профессора Н.Е. Жуковского»: Мерзликин Ю.Ю., Брусов В.А., Меньшиков А.С. 140
- 3.12. «Предложение по проектированию и строительству средств измерений и контроля для аппаратурно-кабельного комплекса на Арктическом шельфе», авторский коллектив Арктической общественной академии наук: Бабкин Ю.А., Митько В.Б., Фёдоров А.В., Вандич А.П. 144
- 3.13. «Адаптация робастных систем сейсмозащиты для Арктических регионов», авторский коллектив Арктической общественной академии наук: Минина М.В., Алиев Т.А., Алиев Э.Р., Пашаев Ф.Г., Гулуев Г.А., Алмасов А.Ш., Митько В.Б. 147
- 3.14. «Создание базовых платформ роботизированного флота нефтегазовых компаний: автономный необитаемый подводный аппарат легкого класса для мониторинга и диагностики технического состояния объектов морской инфраструктуры, расположенных на Арктическом шельфе», авторский коллектив ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный морской технический университет»: Кожемякин И.В., Рыжов В.А., Семенов Н.Н., Чемоданов М.Н. 149
- 3.15. «Разработка энергоэффективных методов повышения надежности эксплуатации шельфовых месторождений на основе комплексного применения индукционных и оптических технологий», авторский коллектив ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический университет»: Хлюпин П.А., Чатурова Д.И., Шеховцов Д.А., Афлятунов Р.Р. 151
- 3.16. Многоспектральная оптико-электронная станция наблюдения, авторский коллектив АО «Конструкторское бюро точного машиностроения имени А.Э. Нудельмана»: Алхимов Н.П., Никулин А.Д., Гришин А.И., Кантер С.В.; 156
- ООО «НПК «УТС ИНТЕГРАЦИЯ». Специализированный межотраслевой интегратор для решения 158  
производственно-технологических задач предприятий с применением лазерных технологий. Генеральный  
партнер Международных конкурсов научных, научно-технических и инновационных разработок. 169
- Создание объектов инфраструктуры, Группа компаний «Экстрол»
- Подводные сварочные технологии для освоения морского шельфа, ООО «Региональный Северо-Западный 173  
Межотраслевой Аттестационный Центр»

Акционерное Общество  
«Научно-Производственное Предприятие Подводных Технологий «Океанос»

**РАЗРАБОТКА МОДУЛЬНО-УНИФИЦИРОВАННОГО СЕМЕЙСТВА АВТОНОМНЫХ ПОДВОДНЫХ АППАРАТОВ КАК ЭЛЕМЕНТОВ МУЛЬТИАГЕНТНОЙ ПОДВОДНОЙ РОБОТОТЕХНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ АРКТИЧЕСКОГО РЕГИОНА**

Автор:

Занин Владислав Юрьевич, советник генерального директора

Представляемая работа является результатом анализа практической деятельности предприятия в сфере обеспечения выполнения подводно-технических работ в России и за рубежом, анализа мировых путей развития морской робототехники на основе опыта взаимодействия с ведущими мировыми пользователями и производителями морской робототехники, обобщения исследований, научно-практических работ и натурных испытаний, которые были проведены АО «НПП ПТ «Океанос» в ходе совместной с ФГБОУ ВО СПб Государственным Морским Техническим Университетом инициативной работы над созданием семейства автономных обитаемых подводных аппаратов с преимущественно гидродинамическими принципами движения (типа «подводный глайдер»), начатой в 2011 г. и продолжающейся по настоящее время.

На Международном военно-техническом форуме «Армия-2017» начальник Главного научно-исследовательского испытательного центра робототехники МО РФ (ГНИИЦ) Сергей Попов:

- Мы уверены, что российская морская робототехника должна ежегодно пополняться новыми, все более мощными и интеллектуальными системами, комплексами и платформами для надводного и подводного сегментов Мирового океана. Мы активно участвуем в реализации этой задачи.

В создании морских робототехнических комплексов участвуют специалисты разного профиля: ученые, конструкторы, программисты, производственники, испытатели, поэтому решения исследовательских задач также проходят в совершенно различных областях применения современных технологий — от поиска новых материалов и адаптивных технологий, использования инновационной энергетики до создания взаимоувязанных систем искусственного интеллекта и технического зрения.

Главный центр робототехники в качестве научно-

исследовательской организации Минобороны России уделяет большое внимание интересным разработкам для оснащения надводных и подводных сил, береговых войск Военно-морского флота.

Безусловными технологическими лидерами среди российских предприятий-разработчиков и научных институтов в области разработки и создания робототехнических комплексов морского применения, в том числе глайдеров, являются Санкт-Петербургский государственный морской технический университет, ЦКБ «Рубин», Научно-производственное предприятие подводных технологий «Океанос», Институт проблем морских технологий Дальневосточного отделения Российской академии наук.

- Сегодня в мире наблюдается очередной всплеск интереса к Арктике. Арктический бассейн Северного Ледовитого океана является самым труднодоступным и сложным для исследования районом Мирового океана в связи с его климатическими и физико-географическими особенностями.

Изучение и освоение Северного Ледовитого океана является важнейшей народнохозяйственной и геополитической задачей, что закреплено в «Стратегии развития Арктической зоны Российской Федерации и обеспечения национальной безопасности на период до 2020 года».

Как заявлено в положениях принятой Государственной программы «Охрана окружающей среды на 2012-2020 годы», по целевому показателю 3.14 «количество морских экспедиций на 2012-2020 гг.» предусмотрено значение по 2 экспедиции в год. Это число включает в себя как экспедиции экологического контроля, так и океанографические исследования. Очевидно, что такое малое количество традиционных исследований не позволит в полной мере решать задачи, предусмотренные в программах исследования и освоения полярных районов и удовлетворять растущие информационные потребности как государства

в целом (в целях гидрометеорологического, океанографического, экологического и оборонного обеспечения), так и коммерческих компаний, в том числе, ведущих собственные исследования (например ОАО «Газпром нефть» с корпоративной «Программой сохранения биоразнообразия» на период 2016 – 2018 гг.) Несмотря на то, что наращивание состава ледокольного флота и появление научно-исследовательских судов, способных выполнять объемные исследования в Арктике, в текущий момент идет высокими темпами, для выполнения поставленных задач необходимо искать принципиально иные решения. Кроме того, даже при наличии экспедиционного флота существуют целые классы задач, решение которых средствами традиционных НИС крайне затруднено или вовсе невозможно (особенно круглогодично), такие как:

- долговременные (свыше 3-5 месяцев) наблюдения в заданном районе, в том числе оперативная гидрография и наблюдение за гидроакустической обстановкой в интересах безопасности морского нефтегазового комплекса и МОРФ.

- исследования под ледяными полями большой толщины
- исследования во всем диапазоне океанских глубин.

Зарубежные страны во все более нарастающем объеме ведут исследования и практические работы в данном направлении. В настоящее время созданы и развернуты глобальные робототехнические системы наблюдения за подводной обстановкой, включающие в себя буйковые дрейфующие и ледовые станции, глубоководные автономные и кабельные донные базовые станции, подводные и надводные автономные и обитаемые аппараты, а также БЛА различных схем. Эти решения отличаются сетевым и мультиагентным характером и характеризуются интегрированием в единую информационную систему, информация из которой (в различных объемах) доступна пользователям различного уровня. В основных путях развития систем морской робототехники в мире на сегодняшний день, по мнению автора, наряду с совершенствованием серийной техники в направлениях повышения технических характеристик (так в базовой модели REMUS – 100 NG на 75 % снижено энергопотребление системы управления АНПА относительно более ранней модели REMUS – 100 S, располагаемые энергоресурсы увеличены до уровня АНПА REMUS – 600, а сопротивление движению, за счет оптимизации гидродинамической

Тип системы	Наименование аппарата/проекта	Страна-производитель /Фирма	Примечания
Автономные необитаемые аппараты (АНПА)	АНПА REMUS	США - Норвегия / WHOI Oceanographic Systems Laboratory - Kongsberg (Hydroid LLC)	Семейство АНПА (Remus – 100, Remus – 600, Remus - 6000). Произведено более 400 шт в различных исполнениях
	АНПА HUGIN	Норвегия / Kongsberg	Семейство большеразмерных АНПА (на 1000, 3000, 4500 и 6000 м).
	АНПА BLUEFIN	США / General Dynamics Mission Systems (Bluefin Robotics)	Bluefin 9, 12, 21 и 24, семейство AUV (50 исполнений на 80 произведенных аппаратов)
АНПА типа «подводный планер» (глайдер, АНПА-П)	АНПА-П SLOCUM (G2)	США / WHOI – Teledyne Webb Research	Наиболее популярное семейство термальных и электрических глайдеров, произведено свыше 500 шт.
	АНПА-П SEAGLIDER	США - Норвегия / Applied Physics Laboratory at University of Washington - iRobot - Kongsberg	Семейство АНПА-П (более 200 шт), первоначально разработанное по заказу U.S. NAVY's Office of Naval Research
	АНПА-П PETREL	Китай / Tianjin University	Два поколения (второе – гибридный глайдер) океанских АНПА-П
АНПА «Волновой глайдер» (поверхностный)	Wave Glider I, II, III	США / Boeing Company (Liquid Robotics)	Три поколения аппаратов (более 200 шт. I, II моделей и более 200 шт. III)
Донные базовые станции	VENUS	Канада / США	Система донных базовых станций для океанографических наблюдений и связи с подводными аппаратами (ТНПА/АНПА/АНПА-П)
	NEPTUNE	Канада / США	Система донных базовых станций для океанографических наблюдений и связи с подводными аппаратами (ТНПА/АНПА/АНПА-П)

Таблица 1. Некоторые элементы морских робототехнических систем

формы, снижено на 20%) и увеличения разнообразия полезных нагрузок для расширения областей применения, остается и все более выходит на первый план, как неоднократно отмечалось (в том числе и в ходе докладов на Конференции «Системы и задачи управления» в предыдущие годы, а также в целом ряде публикаций (архив публикаций доступен на [www.oceanos.ru](http://www.oceanos.ru))), модульная унификация конструкций, разработка математического аппарата, программного обеспечения и практическая отработка действий морских робототехнических средств в однородных и разнородных группах. К решению данной задачи с практической точки зрения исследователи и производители смогли перейти в последнее время, после того как был создан, и апробирован в реальной деятельности (научной, коммерческой, военной) широкий спектр индивидуальных морских робототехнических систем (см. таблицу 1), накоплен более чем десятилетний опыт и статистика массовой эксплуатации.

Приводить телеуправляемые необитаемые подводные аппараты (ТНПА) в таблице излишне, так как они существуют в большом количестве моделей и вариантов сходного функционала. Также отдельного рассмотрения заслуживают необитаемые (безэкипажные) надводные плавсредства и катера, а также БЛА (в том числе и с подводным стартом).

Как можно видеть, западные коллеги - разработчики и пользователи мультиагентных систем не испытывают проблем с наличием «структурных единиц», из которых они строят свои системы. Также необходимо отметить, что государственное финансирование подобных программ, имеющих своей целью обеспечить доминирование в данной области, также весьма широкое. Например, по информации RAND Corporation:

- Общее прямое финансирование морских робототехнических НИОКР из бюджета США составило в 2016 году 232.9 млн долларов (на 86,7 млн больше чем в 2015 году).

Наименование / Год	Задействованные аппараты	Описание	Примечание
Без наименования / 2003	АНПА-П Slocum АНПА Remus	Совместная работа по исследованию фитопланктона оптическими датчиками OPD	США
WHOI / 2008	АНПА-П Slocum	Групповые исследования термоклина. Глайдеры, работая в группе, передавали исчерпывающую информацию по оперативной океанографии в районе работ.	США
NERC/MARS / 2011-н.в.	АНПА-П Slocum АНПА-П iGlider АНПА AquaSub АНПА REMUS АНПА Explorer	Широкомасштабные океанографические исследования в целях поиска возобновляемой энергии. Аппараты обменивались данными исследований по специальным протоколам.	Евросоюз
Scripps Institute / 2015 – н.в.	Донные базовые станции АНПА-П Slocum АНПА Hugin Волновые Глайдеры	Программа оперативного мониторинга землетрясений и цунами. Волновые глайдеры буксируют специальные наблюдательные буи и малые аппараты в район работ, а далее осуществляют релейную связь с ними.	США
CoCORo / 2015-н.в.	Специально разработанные АНПА	Отработка управления гомогенными и гетерогенными системами, алгоритмов группового управления, большими группами аппаратов (до 41 АНПА). Реализация различных бионических алгоритмов. Демонстрация технологий.	Евросоюз
Protector 2016	Надводные безэкипажные аппараты	Демонстрация группового охранения (12 дронов) и отражения атаки на головной корабль, по сценарию поражения USS Cole	ВМС США

Таблица 2. Некоторые выполненные проекты группового управления в морской робототехнике

При этом это лишь часть денег, выделяемых на морскую робототехнику. Деньги на указанные работы также выделяются в рамках финансирования других программ. К примеру, большая часть из \$83,4 млн, которые планируется потратить на программу исследований в области военной морской разведки будут потрачены на морскую робототехнику для обнаружения подводных лодок противника, с разработкой технологий группового взаимодействия.

- Минобороны США также финансирует экспериментальные проекты морской робототехники. Например, \$4 млн, пойдут на проект NEMO (в рамках программы Chief of Naval Operations Rapid Innovation Cell), в котором изучаются возможности создания биомиметических АНПА, не только плывущих, как рыба, но и работающих в стаях. DARPA выделило \$32,7 млн на проект Hydra и \$22 млн на проект Upward Falling Payloads. Обе этих инициативы предполагают создание сетей необитаемых систем, которые смогут использоваться для разведки. Еще один проект DARPA, Distributed Agile Submarine Hunting, на который выделяется \$8,5 млн, включает в себя проработку применения поисковых АНПА.

Подобная щедрая поддержка приносит свои плоды. Количество осуществленных проектов, в которых в той или иной мере были использованы технологии группового управления однородными и разнородными группами морских роботов, перевалило уже за несколько десятков (см. таблицу 2). Вот некоторые из них:

А результатом этой активности является «скромная» информация, например на страничке Liquid Robotics (<https://www.liquid-robotics.com/company/company-history/>), что наряду с успехами в океанографической сфере на пройденных 1 100 000+ морских милях, волновой глайдер впервые (2016 г.) обеспечил самостоятельное успешное обнаружение подводной лодки в районе Шотландии в ходе учений ВМС Великобритании. Что в комплексе с результатами упомянутых работ Scripps Institute позволяет прогнозировать ускоренное развитие данного направления, причем и в Арктической зоне.

При этом, отечественные разработчики морской робототехники оказываются не просто в роли догоняющего, но «перепрыгивающего через ступеньки» - ибо при условиях имеющегося технологического отставания, санкционного давления и того факта, что зарубежные страны ведут комплексные программы морской робототехники (и в частности «подводных планеров») с конца 80-х годов, времени на классическое прохождение всей технологической цепочки с начала просто нет.

Таким образом, перед отечественными разработчиками стоит вопрос о скорейшем создании семейства многофункциональных и специализированных автономных необитаемых аппаратов высокой автономности и обеспечения их совместного применения в гомогенных и гетерогенных мультиагентных морских робототехнических системах.

Автономные необитаемые подводные аппараты с преимущественно гидродинамическими принципами движения типа «подводный планер» («глайдер», АНПА-П) характеризуется высокой автономностью (исчисляемой неделями и месяцами), низким уровнем собственных физических полей, относительно небольшими массогабаритными характеристиками.

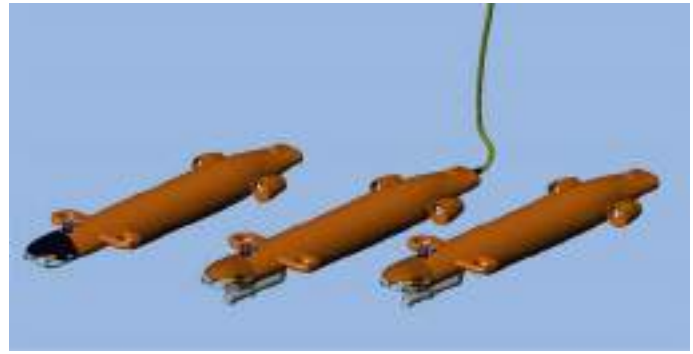


Рис. 1. Концептуальный вид гибридного АНПА-П, ТНПА, АНПА выполненных на базе унифицированных функциональных модулей и модулей полезной нагрузки

Первый рабочий образец глайдера (компании Webb Research) был представлен публике в 2005 году.

Глайдеры могут выполнять:

- океанографические исследования (состав и характеристики воды на различных глубинах, построение температурных профилей и профилей скорости звука для оперативной океанографии и метеорологии)
- функции экологического мониторинга;
- гидроакустический мониторинг заданного района;
- функции релейной станции связи для связи между другими подводными аппаратами;
- функции снятия и накопления информации по беспроводным подводным каналам связи, в том числе криптокодированной информации;
- функции транспортировки сбрасываемой полезной нагрузки;
- функции картографического и поискового АНПА (для гибридных глайдеров).

Традиционный подводный глайдер представляет собой автономный необитаемый подводный аппарат, лишенный движителей, таких как гребной винт. Вместо него для обеспечения движения используется изменение плавучести аппарата в целом и изменение дифферента путем перемещения постоянного балласта (обычно в данной роли выступает АКБ аппарата), с преобразованием сил тяжести, плавучести и гидродинамических сил в энергию движения. Движение глайдера происходит по синусообразной траектории, в верхних «пиках» траектории аппарат приобретает отрицательную плавучесть и дифферент на нос (благодаря чему планирует вниз), в нижних – положительную плавучесть и дифферент на корму (благодаря чему планирует вверх). Управление по курсу может выполняться несколькими методами – аналогично дифференту, перемещением балласта с борта на борт (что создает крен и последующий поворот аппарата на пикировании в сторону крена); использованием отклоняемых гидродинамических управляющих плоскостей (рулей), неравномерным изменением установочного угла крыльев и т.д. Наиболее традиционным является управление перемещаемым балластом и с помощью вертикальных рулей. Необходимо отметить что аппараты типа «подводный планер» не особенно чувствительны к точности управления (что соответствует их модели использования) и навигационная ошибка в несколько сотен или даже тысяч метров при выходе в следующий маршрутный пункт не является критической. Однако аппараты снабжаются высокоуровневыми адаптивными алгоритмами навигации для минимизации подобных ошибок, и в случае их возникновения –



способны самостоятельно откорректировать маршрут, при этом в зависимости от «цены» (значения для миссии) следующей контрольной точки аппарат может как начать построение нового захода для ее достижения, так и спрямить траекторию до следующей точки, сохраняя энергию.

Для расширения функциональности (возможности проведения площадных гидроакустических обследований и поисковых операций) и преодоления сложных гидрологических условий (таких как сильные течения, наличие линз воды с иными гидрологическими свойствами и т.п.) второе поколение – «гибридных глайдеров» предусматривает наличие традиционных двигателей в дополнение к приводу изменения плавучести / дифферента.

И в практической реализации данной задачи кроется один из ключей «ускоренного» развития всей морской робототехники, так как появляется реальная возможность не только использования унифицированных стандартных модулей полезной нагрузки (например, как в разрабатываемом Европейским Союзом по программе “European Union’s Horizon 2020” глубоководном АНПА-П “BRIDGES”), комбинируемых в конструкции традиционного или гибридного АНПА-П, но и возможность использования унифицированных функциональных модулей (источников электропитания, мелководных и глубоководных модулей изменения плавучести, крыльевых, движительных (различного типа) и манипуляторных комплексов) для формиро-

*вания требуемого робототехнического средства – традиционного или гибридного АНПА-П, классического АНПА или ТНПА, систем надводных безэкипажных аппаратов. Применение таких модульных конструкций аппаратов позволит резко сократить как стоимостные, так и эксплуатационные характеристики морской робототехники, обеспечит упрощение обучения операторов и минимизирует технические и человеческие риски подготовки и выполнения миссий морской робототехники, и, конечно, прежде всего, в первую очередь, обеспечит ускоренное создание не просто одной типовой линейки морской робототехники, а нескольких типов надводной и подводной робототехники с максимальным экономическим эффектом. Кроме того, реализация возможности модульного формирования морской робототехники, обеспечит ускорение трансфера технологий как между конечными пользователями, так между отечественными производителями и конечными пользователями, так и их зарубежными партнерами, что в свою очередь придаст ускорение и к выходу отечественной морской робототехники на внешний рынок.*



Рис 3. Глайдер исполнения 1.0 демонстрируется Премьер-министру РФ Д.А. Медведеву и членам правительства, 2014 г.