

## РОЛЬ ПОДВОДНЫХ АППАРАТОВ В ОСВОЕНИИ ГЛУБИН ОКЕАНА

© 2018 г. А. М. Сагалеви<sup>\*</sup>

*Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН, Москва, Россия*

*\*e-mail: sagalev1@yandex.ru*

Поступила в редакцию 11.04.2017 г.

В течение последних 50 лет в Мировом океане был сделан ряд крупных научных открытий. Наиболее важное из них — открытие гидротермальных полей на дне океана. Кроме того, существенный скачок произошел в практическом освоении океанских глубин в плане поисков и организации добычи минеральных и энергетических ресурсов. Это стало возможным лишь благодаря внедрению новых технических средств, главное место среди которых занимают подводные аппараты. В докладе рассматривается роль разных типов аппаратов на различных этапах проведения поисковых работ, детальных исследований локальных районов океана, организации добычи полезных ископаемых и энергетических ресурсов. Приводятся данные по использованию разных типов аппаратов, рассматривается эффективность их применения для различных целей.

DOI: 10.1134/S0030157418060138

Последнее 50-летие XX века ознаменовалось целым рядом замечательных открытий в океане, которые позволили по-новому взглянуть и на строение нашей планеты, и на структуру океанского дна, и на животный мир, населяющий океанские глубины. Это и открытия тектонических разломов, а затем срединно-океанических хребтов, приведшие к внедрению теории литосферных плит; и, конечно, открытие гидротермальных полей на дне океана с высокотемпературными источниками, метановыми сочениями и необычными животными, рождающимися и живущими в полной темноте за счет хемосинтеза и метанотрофии. Конечно, столь быстрое развитие новых направлений в науке об океане было бы невозможно без создания новых технических средств, которые позволили не только обнаружить, но и детально изучить вновь открытые явления на дне океана. Применявшиеся на первых этапах исследований средства пробоотбора, сейсмические методы, методы магнитометрии и гравиметрии в дальнейшем были дополнены средствами гидроакустических исследований — локаторами бокового обзора, акустическими профилографами, измерительными системами — гидрофизическими зондами и донными и притопленными станциями. И ключевую роль в осуществлении открытий и их детализации сыграли подводные аппараты, которые наряду с проведением научных исследований применяются в настоящее время и для подводно-технических работ различных направлений, включая поиск затонувших судов и

других объектов на дне океана, их обследование, обслуживание нефтяных платформ, газовых месторождений, прокладку трубопроводов на дне океана и т.д. Современные подводные аппараты могут быть разделены на следующие категории:

1. Подводные буксируемые аппараты (ПБА);
2. Подводные телеуправляемые аппараты (ПТА);
3. Подводные автономные аппараты (ПАА);
4. Подводные обитаемые аппараты (ПОА).

Эти категории аппаратов могут применяться либо индивидуально, либо взаимодействуя друг с другом в зависимости от задач, которые необходимо решать в том или ином случае. Рассмотрим каждую из названных категорий в отдельности.

### 1. ПОДВОДНЫЕ БУКСИРУЕМЫЕ АППАРАТЫ

**ПБА** — это, как правило, буксируемые вблизи дна платформы, оборудованные поисковыми гидроакустическими средствами (локаторами бокового и кругового обзора, эхолотами, акустическими профилографами), магнетометрами, возможно видеокамерами и мощным подводным освещением. На эти аппараты возможна установка разного типа датчиков — ТСД, анализаторов газов, растворенных в воде или высачивающихся через осадок, датчиков для определения радиоактивных загрязнений и т.д. Основное назначение ПБА — площадная съемка микрорельефа дна, поиск аномальных явлений на дне океана типа гид-

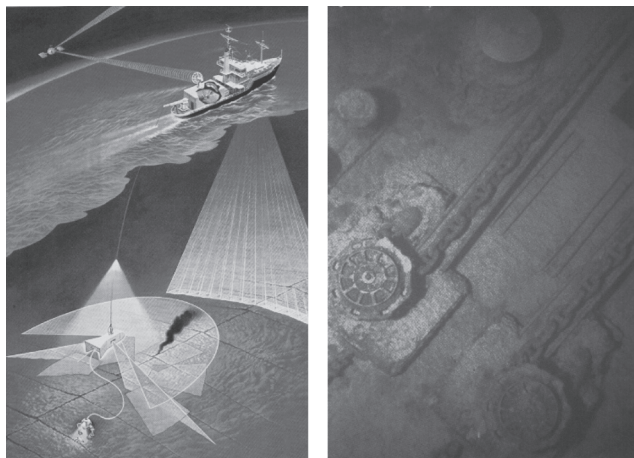


Рис. 1. Схема обследования дна с помощью буксируемого комплекса “АРГО”.

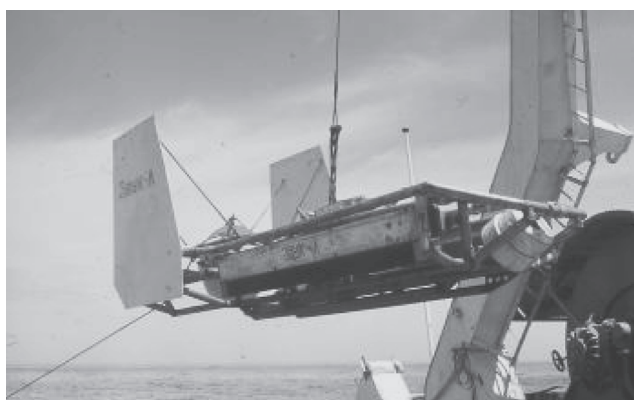


Рис. 2. ГБА “Звук”.

ротермальных проявлений с черными курильщиками, поселениями необычных животных и т.д. Как и многие другие аппаратные комплексы ПБА начали свое существование с решения задач стратегического значения. С помощью такого аппарата “Deep tow fish” американцы в 1974 г. впервые искали советскую подводную лодку, затонувшую недалеко от Гавайских островов на глубине 6000 м. Лодка была найдена, и ПБА получили путевку в открытый океан. Следующим громким применением буксируемого аппарата был успешный поиск “Титаника”, который был найден Робертом Баллардом в 1985 г. с помощью созданного им буксируемого комплекса “АРГО” – пожалуй, наиболее совершенного из всех создававшихся когда-либо ПБА (рис. 1).

Открытие гидротермальных полей на дне океана осуществлялось с помощью ПБА “Ангус”, обнаружившего с помощью установленной на нем видеокамеры необычных животных на Галапагосском рифте, а с помощью датчика высокую

концентрацию гелия в придонном слое. Затем последовали погружения обитаемого аппарата “Алвин” в этом районе, во время которых и были проведены первые наблюдения гидротермальных излияний на дне океана. ПБА сыграли большую роль в открытии новых районов с гидротермальными полями на дне. Прежде всего, это буксируемая платформа АРГО, с помощью которой было открыто большинство гидротермальных полей на Срединно-Атлантическом хребте (САХ). Как правило, после обнаружения необычных явлений на дне с помощью ПБА, в этих районах производили работу обитаемые аппараты, которые исследовали все детали обнаруженных явлений.

Методика поисковых и исследовательских работ с применением комплекса ПБА-ПОА прочно вошла в практику зарубежных исследователей глубин и принесла очень хорошие результаты. В первых экспедициях с глубоководными обитаемыми аппаратами (ГОА) “Мир” применялась аналогичная методика с использованием ПБА



Рис. 3. Гидролокационное изображение дна, выполненное в районе местонахождения АПЛ “Комсомолец”, с помощью ГБА “Звук”.

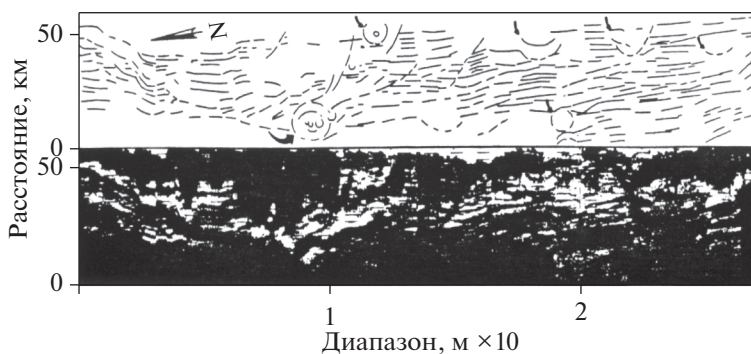
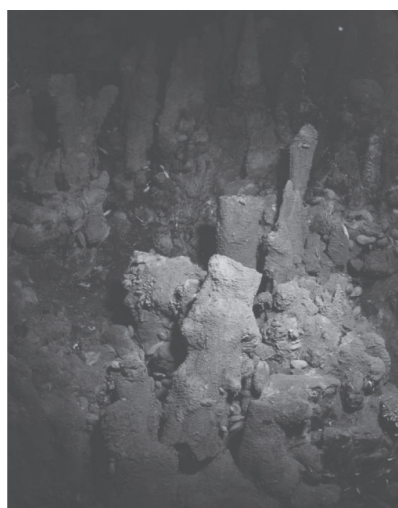


Рис. 4. Подводная гора Мир (фото выполнено камерой ГОА “Мир”) и ее гидролокационное изображение, выполненное ГБА “Звук”.

“Звук”, который мог работать до глубин 6000 м (рис. 2).

Так, с помощью “Звука” было подтверждено место нахождения АПЛ “Комсомолец” (рис. 3) [1], “Титаника” и других затонувших объектов.

Также с помощью “Звука” была обнаружена гора “Мир” на гидротермальном поле ТАГ (26° с.ш.

САХ) (рис. 4). Эта гора содержит более 10 млн тонн мультиметаллических сульфидных руд и является самым крупным гидротермальным образованием на дне океана из всех известных [2].

Как следует из сказанного, ПБА применяются для поисковых работ как в научных, так и в прикладных целях, попутно производя площадную

съемку микрорельефа дна океана по ходу маршрута. ПБА незаменимы при определении мест погружений ПОА, которые производят детальные исследования найденных аномальных районов. Методика с использованием ПБА и ПОА в настоящее время широко применяется в исследовательских и прикладных целях. Ее эффективность доказана многолетней практикой.

## 2. ПОДВОДНЫЕ ОБИТАЕМЫЕ АППАРАТЫ (ПОА)

С помощью ПОА было сделано наибольшее число открытий в океане, а также были проведены детальные обследования некоторых затонувших объектов, имевшие как стратегическое, так и государственное значение. ПОА можно назвать многоцелевыми аппаратами, если проанализировать тот комплекс задач, который решался с их помощью в течение последних десятилетий [4]. Наиболее широкий спектр подводных операций был сделан ГОА “Мир-1” и “Мир-2” (рис. 5).

Здесь можно выделить следующие направления:

1. Научные исследования гидротермальных полей, а также подводных гор и поднятий, абиссали и других океанических структур;
2. Решение задач большой государственной значимости: работы по ликвидации последствий аварий АПЛ “Комсомолец” и АПКр “Курск”;
3. Обследование затонувших объектов, имеющих большое историческое значение: “Титаник” (3800 м), “Бисмарк” (4700 м), Японская подводная лодка времен Второй Мировой войны “I-52” (5400 м) и др.;
4. Съемки фильмов с ведущими кинокомпаниями Голливуда, АЙМАКС, Би-Би-Си и других;
5. Погружения с туристами в целях финансового обеспечения научных экспедиций с применением ГОА “Мир”.

Все перечисленные направления работ требовали высокой квалификации пилотов и технического персонала, работающего с аппаратами “Мир”. Необходимо отметить, что для аппаратов “Мир” не было ни одной задачи под водой, которая была бы не решена. Причем, все задачи решались на высоком профессиональном уровне.

В настоящее время в мире имеются девять глубоководных аппаратов с рабочими глубинами 6000 м и более, которые сведены в табл. 1.

Кроме того, имеется еще несколько обитаемых аппаратов с меньшими рабочими глубинами (“Шинкай 2.0”, “Пайсис V”, и “Пайсис VI” и другие). В Китае создается трехместный аппарат с рабочей глубиной 11000 м, предназначенный для научных исследований глубоководных желобов и

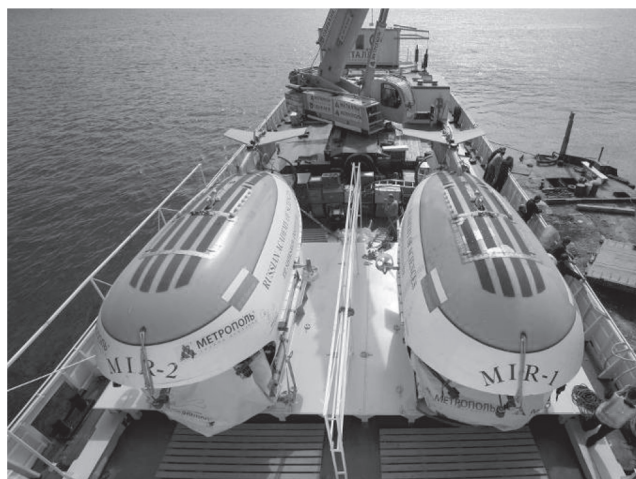


Рис. 5. ГОА “Мир-1” и “Мир-2”.

впадин. Над созданием этого аппарата в качестве консультанта работает автор этой статьи.

## 3. ПОДВОДНЫЕ ТЕЛЕУПРАВЛЯЕМЫЕ АППАРАТЫ (ПТА)

Подводные телеуправляемые аппараты – аппараты, управляемые по кабелю, были внедрены в эксплуатацию на два десятилетия позже, чем обитаемые. В первое время они применялись, главным образом, для обслуживания нефтяных скважин на шельфе, прокладки и ремонта трубопроводов на дне океана, подъема предметов со дна океана и для проведения ряда других операций. В последнее десятилетие ПТА довольно широко применяются и для проведения научных исследований – порой автономно, порой в комплексе с ПОА. Но до сих пор ПТА преимущественно применяются в коммерческих целях, названных выше. В настоящее время в мире создано несколько тысяч ПТА разного класса: от мелководных, малогабаритных до тяжелых и громоздких, работающих на больших глубинах. В табл. 2

Таблица 1. Глубоководные аппараты с рабочими глубинами 6000 м и более

Мир-1	Россия	6000
Мир-2		6000
Наутил	Франция	6000
Шинкай 6.5	Япония	6500
Алвин	США	6500
Консул Русь	Россия	6000
Яолонг	Китай	7000
ДипСи Челленджер	США	11000

**Таблица 2.** Глубоководные ПТА, используемые для научных целей

ПТА	Владелец	Максимальная операционная глубина (м)
UROV7K	JAMSTEC, Япония	7000
Jason II-Medea	WHOI, США	6500
Victor 6000	ИФРЕМЕР, Франция	7000
ISIS	Southampton Oceanography Centre, Великобритания	6500
Kiel 6000	Leibniz Institute of Marine Sciences, Германия	6000
LUSO	Portuguese Task Group for the Extention of the Continental shelf (EMERC), Португалия	6000
Ropos	Canadian Scientific Submersible Facility, Sidney, В.С., Канада	5000
QUEST	Center for Marine Environmental Studies (MARUM), Германия	4500
Tiburon	Monterey Bay Aquarium Research Institute (MBARI), США	4000
Hyper Dolphin HYSUB 75-3000	JAMSTEC, Япония	3000

приведено несколько типов аппаратов с рабочими глубинами 4000 м и более. Это аппараты, которые применяются, главным образом, для научных исследований океана.

#### 4. ПОА ИЛИ ПТА – ?

С момента появления ПТА в сфере научных исследований (середине 80-х годов) ведется полемика о том, за чем же будущее: за ПОА или ПТА?

Как показывает практика, эффективность применения ПТА довольно низка по сравнению с ПОА, ввиду гораздо больших временных затрат на проведение различных операций вблизи дна, а также наличия кабеля, связывающего ПТА с судном обеспечения и создающего массу проблем при неблагоприятных погодных условиях.

Кроме того, применение телеуправляемых аппаратов предполагает постоянное использование системы динамического позиционирования на судне обеспечения, что обуславливает постоянную работу движительного комплекса, а следовательно, высокий расход топлива при проведении глубоководных операций. В табл. 3 и 4 приведены статистические данные, полученные на основе анализа работы нескольких телеуправляемых аппаратов и обитаемых аппаратов “Мир”. Эти данные показывают, что обитаемые аппараты имеют целый ряд преимуществ в плане временных и энергетических затрат при проведении операций по научным исследованиям перед телеуправляемыми.

Кроме того, одним из главных преимуществ ГОА является то, что ученый принимает непосредственное участие в научных наблюдениях, находясь под водой и управляя процессом исследований [3].

Величайшее открытие XX века – открытие гидротермальных полей на дне океана было сделано в 1977 г. на Галапагосском рифте. В течение 35 лет было открыто более 100 районов с разными типами гидротермальных излияний на дне океана. Большинство из них исследовалось учеными визуально через иллюминаторы обитаемых аппаратов.

Именно открытие гидротермальных полей стимулировало создание ГОА с рабочей глубиной 6000 м в ведущих океанологических державах в 80-е годы XX века.

Необходимо отметить также, что большинство открытий, сделанных учеными через иллюминаторы ПОА, базировались на прямых визуальных наблюдениях, и очень важным фактором логического подхода ученых к открытиям являлась эмоциональная составляющая, которая практически отсутствует при проведении визуальных наблюдений через монитор ПТА.

В 2004 г. в Национальной Академии наук США состоялся консилиум ведущих океанологов на тему: “Необходимость в научных погружениях в будущем”. На этом совещании рассматривался вопрос, действительно ли непосредственные погружения под воду необходимы или можно обойтись работами с ПТА? Большинство ученых высказалось за погружения ученых в ПОА, как самых

**Таблица 3.** Эффективность использования времени на дне

Тип аппарата	Отбор образцов			видео высокого качества	измерения (гидрофизические, химические)	визуальные наблюдения
	поиск объекта после посадки на дно	простой камень, животное	сложный отбор флюида, животных слэп-ганом			
ГОА	<30 мин	5–10 мин	<30 мин	100% непрерывно, базируясь на прямых наблюдениях	100% достоверные	100% – прямые через иллюминатор
Телеуправляемый	60–90 мин	40–60 мин	Не производилось (слишком сложно)	20% – фрагментарные записи	Записи на фоне помех (работа двигателей)	30% – на экране монитора

**Таблица 4.** Потребление топлива судном обеспечения во время подводных операций

Судно	Тип аппарата	Режим работы судна	Потребление топлива (сутки)
НИС “Академик Мстислав Келдыш”	ГОА “Мир”	Свободный дрейф, эпизодические перемещения со скоростью 3–4 узла	3–4 тонны
АОС (1500 тонн)	Телеуправляемый аппарат	Динамическое позиционирование – постоянно работающие двигатели	8–10 тонн

эффективных средствах наблюдений. Однако в заключении было написано, что наиболее эффективно применение ПОА и ПТА в комплексе, т.е. во взаимодействии [5]. Наглядной демонстрацией этой идеи были работы ГОА “Мир” с установленными на них мини-ПТА при проведении видеосъемок на “Титанике”, во время которых мини-ПТА отсняли практически весь “Титаник” изнутри. Некоторые горячие головы уже отвергают ПОА, как более дорогостоящие и небезопасные для жизни ученых и пилотов, но эти утверждения не имеют под собой почвы.

В настоящее время в мире развиваются оба направления, у обоих из них есть сторонники и противники. Спор еще не окончен. А я всегда вспоминаю высказывание Жака Ива Кусто во время нашей встречи в ИО РАН в 1983 г. На вопрос А.С. Мониной: “А что бы вы предпочли: ПОА или ПТА?” Кусто ответил: “Никогда ни один робот не заменит человека под водой. Самый точный и достоверный оптический прибор – глаз человека. Самый совершенный компьютер – мозг человека”.

## 5. ПОДВОДНЫЕ АВТОНОМНЫЕ АППАРАТЫ (ПАА)

В конце 90-х годов в научных исследованиях океана начали применяться автономные аппара-

ты, управляемые либо по гидроакустическому каналу, либо использующие для своей работы заранее заложенные программы в систему управления, находящуюся внутри аппарата. ПАА применяются, главным образом, для поисковых работ и съемки рельефа дна в труднодоступных районах, к примеру, в условиях сплошного ледового покрова. Вошло в практику использование гибридных аппаратов, которые могут работать как в режиме ПТА с управлением по кабелю, так и в режиме свободного плавания (ПАА). Примером такого аппарата был аппарат “Neuqous” Вудсхольского океанографического института, который был утерян в желобе Кермадек.

В настоящее время подобный аппарат на максимальную глубину океана (11000 м) создается в Китае, как часть большого комплекса “Передвижная (или плавающая) Лаборатория”.

В заключение можно отметить, что наиболее рациональным и эффективным поисково-исследовательским комплексом для работ в океане является комбинация из ПБА и ПОА. Может быть применена также комбинация ПБА-ПТА, но она менее эффективна по приведенным выше причинам. Как показывает практика использования “Миров” применение обитаемых аппаратов предполагает проведение крупномасштабных полигонных исследований и дает высокий эффект

для детализации намеченного района. ПТА и ПАА предпочтительнее для проведения точечных погружений, преследующих определенные цели – научные или коммерческие.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Океанологические исследования и подводно-технические работы на месте гибели атомной подводной лодки “Комсомолец” / Под ред. Виноградова М.Е. и др. М.: Наука, 1996. 361 с.
2. *Сагалевич А.М.* Глубина. М.: Научный мир, 2002, 320 с.
3. *Сагалевич А.М.* Океанология и подводные обитаемые аппараты. Методы исследований. М.: Наука, 1987. 256 с.
4. *Frank Busby.* Manned submersible. Wash. (D.C.): office Oceanography of NAVY, 1976. 764 p.
5. Future needs in deep submergence science (National Research Council of the National Academy). The National Academies Press, Washington D.C., 2004. 135 p.

## The Role of Submersibles in the Development of Deep Ocean

A. M. Sagalevich

During last years many great discoveries were done in world ocean. Most essential from them – discovery of hydrothermal fields on ocean floor. Besides that, great jump was done in practical development of oceanic depths in aspect of the searching of mineral and energy recourses and of the mining of them. It was came possible thanks to implementation of new technical means, mainly of underwater vehicles. At present paper, the role of underwater vehicles of different types on some steps of searching operations, of detailed research of local areas of the ocean, of organization of mining of the mineral and energy recourses are considered. Data of the use of different types of underwater vehicles, effectiveness of their use for different purposes are considered.