

МЕТОДЫ И ПРИБОРЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

УДК 551.465.062.5

МЕТОДИКА ГЛУБОКОВОДНЫХ ПОГРУЖЕНИЙ В УСЛОВИЯХ СПЛОШНОГО ЛЕДОВОГО ПОКРОВА

© 2016 г. А. М. Сагалевиц

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

e-mail: sagalev1@yandex.ru

Поступила в редакцию 25.03.2015 г.

После доработки 28.09.2015 г.

В статье рассматривается существо методических и инженерно-технических вопросов, которые были решены при подготовке и проведении исторических погружений глубоководных обитаемых аппаратов “Мир-1” и “Мир-2”, позволивших человеку впервые в истории увидеть дно Северного полюса на глубине 4300 м. Приводится описание комплекса инновационных разработок подводной навигации, а также движительной, балластной и других систем глубоководного обитаемого аппарата “Мир”, обеспечивших безопасность погружений. Эти инновационные методики открывают путь в подледное пространство Арктики для проведения исследований и практических работ по добыче полезных ископаемых с непосредственным участием ученых и специалистов.

DOI: 10.7868/S0030157416030175

ВВЕДЕНИЕ

2 августа 2007 г. в сфере исследований океана произошло историческое событие: впервые человек достиг дна в точке географического Северного полюса на глубине 4300 м и установил на нем Российский флаг. До этого уже более 400 человек побывало в космосе, 13 – на Луне, всего 2 человека достигли максимальной глубины океана в Марианской впадине на глубине 10916 м, но никому не пришлось в голову погрузиться под лед на Северном полюсе на глубину более 4000 м. Конечно, для того, чтобы это осуществить, нужны соответствующие технологии, должна быть разработана методика, которая обеспечила бы безопасность погружения человека на большую глубину в условиях, когда поверхность океана покрыта толстым слоем льда и лишь очень ограниченное пространство (40–50 м в диаметре) является той точкой, в которую должен вернуться глубоководный обитаемый аппарат (ГОА) после достижения дна. И эта задача была решена в 2007 г. сразу двумя глубоководными обитаемыми аппаратами – “Мир-1” и “Мир-2” (рис. 1). Это погружение двух аппаратов имеет не только историческое, но и практическое значение. Ведь арктический бассейн занимает шестую часть площади земного шара и пятую часть территории России. В его недрах находятся огромные запасы углеводородов, разработка которых только начинается в районах арктических шельфовых зон, а глубоководная часть Арктики еще ждет своей очереди. А при добыче нефти, газа, полезных ископаемых с больших глубин не обойтись без использования глубоководных ап-

паратов как телеуправляемых и автономных, так и обитаемых. Несомненно, потребуются погружения обитаемых аппаратов, ибо не все задачи под водой могут быть решены телеуправляемыми аппаратами. Это многократно доказано при проведении глубоководных операций с помощью ГОА “Мир” на АПЛ “Комсомолец” и “Курск”, затонувших “Титанике”, “Бисмарке” и других объектах, при проведении научных исследований на гидротермальных полях и в других районах Мирового океана [2].

В связи с этим эксклюзивные погружения ГОА “Мир” на Северном полюсе являются важным событием, которое открывает человеку путь к не-



Рис. 1. ГОА “Мир-1” опускается на воду среди льдов Северного полюса.



Рис. 2. Атомный ледокол «Россия» и э/с «Академик Федоров» следуют в точку Северного полюса.

посредственному проникновению в глубины океана в условиях сплошного ледяного покрова. Они являются некоторым прорывом в сфере освоения океана человеком в экстремальных условиях арктических широт и открывают новые возможности в изучении Арктики. Поэтому одним из самых главных результатов проведенных погружений ГОА «Мир» на Северном полюсе является разработка и внедрение в практику новых методик и технологий, которые позволили открыть путь к новому этапу освоения Арктики с непосредственным проникновением человека на большие глубины подледного пространства с целью проведения научных исследований и постановки сначала экспериментальных, а затем практических работ по добыче нефти, газа и полезных ископаемых.

Методология проникновения человека в глубины высокой Арктики предполагает решение ряда новых задач, как методических, так и инженерно-технических, постановка и пути решения которых рассматриваются ниже.

1. ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ И ДОСТАВКА АППАРАТОВ В ТОЧКУ ПРОВЕДЕНИЯ РАБОТ

1.1. Проведение предварительных исследований необходимо с целью выбора локальных районов, в которых детальное изучение донной поверхности с применением обитаемых аппаратов может дать наибольший научный и практический эффект [1]. Прежде всего, это гидротермальные излияния на дне, характеризующиеся большими запасами рудных месторождений (главным образом, сульфидных руд) и высокой биологической активно-

стью гидротермальных животных; районы, перспективные для разработки нефти, газа и твердых газогидратов, которые рассматриваются в настоящее время как топливо будущего и т.д. Задачи по предварительному изучению донной поверхности и локализации наиболее перспективных для детального исследования районов в условиях сплошного ледяного покрова наиболее эффективно могут решаться с помощью автономных подводных аппаратов, работающих либо по программе, заранее заложенной в них, либо управляемых по гидроакустическому каналу, либо управляемых с использование обоих названных методов.

1.2. Второй организационной задачей является доставка в выбранные на основании предварительных исследований районы глубоководных обитаемых и телеуправляемых аппаратов. Несомненно, что при организации такого типа работ необходимо иметь на борту судна оба типа аппаратов с целью комбинирования применения тех или иных в зависимости от конкретных условий. Как показала практика работ с ГОА «Мир» на Северном полюсе, эта задача весьма эффективно решается путем применения двух судов: атомного ледокола, раскалывающего лед и прокладывающего путь к району работ, и судна ледового класса, на борту которого размещаются глубоководные аппараты и научное оборудование для проведения комплексных научных исследований и которое следует за ледоколом по проторенной во льдах дорожке (рис. 2). Такой подход позволяет обеспечить довольно гибкую организацию погружений и их безопасность, т.к. судно-носитель аппаратов находится в статическом положении при нахождении ГОА под водой, являясь базовой точкой связной и навигационной систем. Второе судно — ледокол — имеет возможность маневра и в случае необходимости может расширить полынью для всплытия или поиска аппарата, поддерживать связь с ГОА в случае ее нарушения с основным судном-носителем, устанавливать навигационные контакты.

При проведении погружений ГОА «Мир» на Северном полюсе атомный ледокол «Россия» выполнял лишь роль проводника, колывшего лед для прохода к полюсу э/с «Академик Федоров», а также расширил найденную полынью. Погружения ГОА «Мир» происходили точно в соответствии с намеченным графиком, аппаратура навигации и связи между аппаратами и э/с «Академик Федоров» работала безотказно, на самих «Мир»-ах никаких отказов в работе систем не было, но ледокол «Россия» был готов начать работы в любую секунду в случае необходимости. Четкое проведение погружений подтвердило высокий профессионализм подводников ГОА «Мир», которые тщательно подготовили аппараты к погружениям и провели сами погружения на высоком уровне.

2. ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ПОГРУЖЕНИЙ

Главной задачей проведения погружений ГОА в условиях сплошного ледяного покрова является обеспечение их безопасности, которое складывается из нескольких составляющих. Если рассматривать весь комплекс задач, которые необходимо решать для обеспечения погружений, то среди них нет главных и второстепенных. Все задачи главные и они неразрывно связаны друг с другом в единую систему, которая должна обеспечить всплытие аппарата после выполнения программы исследований на дне и выход его в небольшую полынь, из которой он ушел под лед.

2.1. Решение навигационных задач. Решение задач начинается с системы навигации, которая обеспечивает вычисление местоположения аппарата по опорным точкам. При эксплуатации ГОА в открытом океане опорными точками являются три, четыре или более гидроакустических маяка, устанавливаемых на дно с привязкой к данным спутниковой навигации. При этом и маяки, и искомая цель на дне (к примеру, “Титаник”) имеют постоянные координаты, которые никогда не смещаются, и поиск цели не является большой проблемой. В случае сплошного ледяного покрова такая методика не приемлема, ибо постановка маяков на дно не позволяет постоянно отслеживать цель (полынь) на поверхности, которая смещается, дрейфуя вместе со льдом. Второй проблемой является возвращение маяков на борт судна. Обычно это делается путем их отсоединения от донных якорей по сигналу с судна обеспечения и всплытия на поверхность океана. Однако в случае сплошного ледяного покрова, установка маяков на дно означает их практически стопроцентную потерю. В данном случае наиболее рациональным путем решения навигационной задачи является вывеска маяков под лед через пробуренные в нем отверстия таким образом, чтобы полынья оказалась в середине треугольника или квадрата в зависимости от числа маяков. В этом случае на дисплее компьютера, высвечивающего местоположение ГОА, будет высвечиваться поле маяков с точкой в середине, обозначающей полынь. Именно такая методика была применена при погружении “Мир”ов на Северном полюсе (рис. 3). Базовое расстояние между тремя маяками, образовавшими треугольник, составило 1 км. Однако эта система не решает полностью задачу навигационной привязки ГОА. Проблемой является то, что на Северном полюсе ни магнитный компас, ни гирокомпас не работают нормально. Поэтому даже если система гидроакустической навигации указывает, где находится полынья относительно аппарата, то правильное направление движения к полынье нужно искать эмпирически — путем подбора направления, при движении по которому наблюдается сокращение расстояния

до цели, т.е. до полыньи. При всплытии ГОА “Мир-1” на Северном полюсе, согласно показаниям системы навигации, полынья находилась по курсу 120° от аппарата. Однако при движении этим курсом расстояние до полыньи увеличивалось. В результате нескольких попыток идти разными курсами пилот остановился на курсе 250° и практически до конца держал этот курс, слегка корректируя его. На расстоянии около 500 м от цели на экране локатора кругового обзора появилась большая отражающая поверхность (подводная часть э/с “Академик Федоров”), а несколько позднее на экране монитора видеокамеры, смотрящей вверх и закрепленной на корме аппарата, высветились винты э/с “Академик Федоров”. Таким образом, чисто экспериментально была отработана методика навигационной привязки в условиях погружений при сплошном ледовом покрове в Арктике, которая может быть принята за основу при организации будущих погружений.

Второй метод навигационной привязки, менее точный, был применен во время пробного погружения ГОА “Мир” в районе о-вов Франца Иосифа с использованием системы гидроакустической навигации с ультракороткой базой, позволяющей определять направление на аппарат и расстояние до него с борта судна обеспечения. Во время этого погружения предполагалось осуществлять выход в полынь по одному маяку, опущенному с борта судна “Академик Федоров”. Однако на глубине 1300 м гидроакустический маяк, спущенный с судна, на запросы ГОА “Мир-1” не отвечал. Поэтому пилоту было предложено пройти любым курсом расстояние около 200 м. Координаты начальной и конечной точек движения были определены с борта судна с помощью системы навигации с ультракороткой базой. Поскольку, как уже отмечалось, в высоких широтах имеются проблемы с работой гирокомпаса, то пилоту аппарата “Мир-1” было предложено идти под углом 60° к тому направлению, которым он шел при своем экспериментальном проходе на базе 200 м. Выполнив это указание, пилот пошел названным курсом. С судна подтвердили уменьшение расстояния между судном и ГОА “Мир-1”, и вскоре на аппарат начали приходить ответы от маяка, спущенного с борта судна. Далее пилот ГОА “Мир-1” двигался по сокращению расстояния до маяка и вышел к э/с “Академик Федоров” (рис. 4).

Из двух описанных методик навигационной привязки, конечно, первая с сетью маяков, опущенных под лед, является более точной и надежной. Однако вторая, базирующаяся на навигационном комплексе с ультракороткой базой, может использоваться как страховочная в случае отказа первой. Она требует только установки дополнительного гидроакустического маяка на самом аппарате.

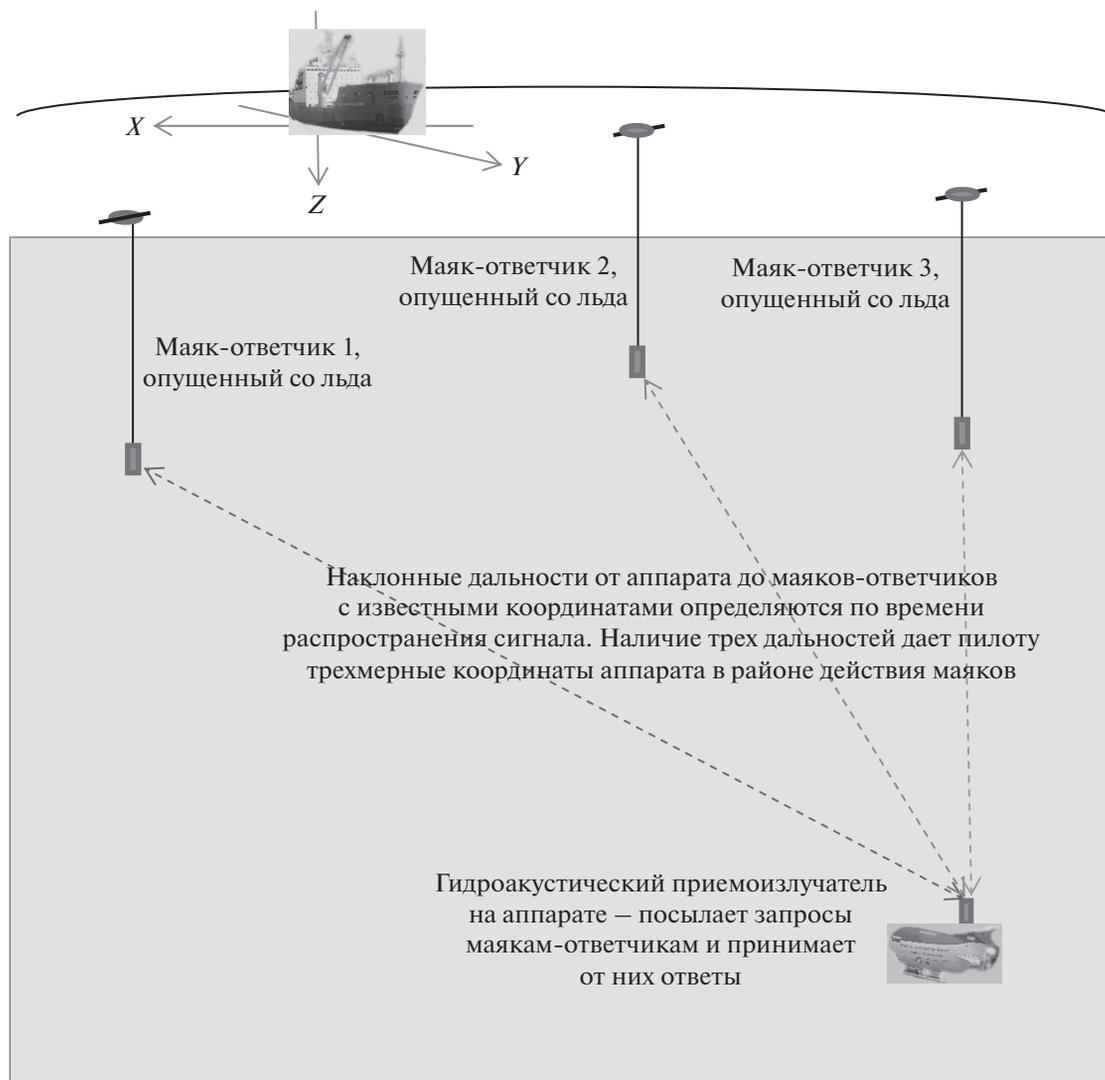


Рис. 3. Принцип работы гидроакустической системы навигации с длинной базой в условиях сплошного ледяного покрова.

2.2. Система направленного гидроакустического поиска. Для обеспечения выхода ГОА “Мир” в полыню и район местонахождения судна обеспечения была разработана и установлена на оба аппарата направленная гидроакустическая система поиска по пингеру, спускаемому с искомого объекта (рис. 5). В данном случае предполагалось, что пингер будет опущен под воду с борта э/с “Академик Федоров”. Эта система была испытана во время пробного погружения в районе островов Франца Иосифа. Она давала устойчивое направление на судно “Академик Федоров” с расстояния 500–600 м. В то же время направление на судно обеспечения можно было определить по локатору кругового обзора дальнего действия “Фуруно”, установленному штатно на ГОА “Мир”, с расстояния 1000 м. Как следует из вышеизложенного, первой главной задачей пилота при всплытии был выход аппарата в район местонахождения судна обеспе-

чения в пределах 1000 м. Дальнейший допуск мог быть обеспечен локатором кругового обзора аппарата и дополнительными гидроакустическими средствами. Однако в процессе операции с ГОА “Мир” на Северном полюсе бесперебойная работа системы навигации и правильный выбор курса дали возможность пилотам обоих аппаратов выйти прямо на судно обеспечения без использования дополнительного оборудования. Разумеется такое рискованное погружение могло быть совершено пилотами с большим опытом глубоководных работ.

2.3. Система управления движением ГОА. Второй важной задачей обеспечения безопасности погружений ГОА является система движения аппарата как в вертикальном, так и в горизонтальном направлениях. Движение в вертикальном направлении обеспечивается, главным образом, с



Рис. 4. Принцип работы системы навигации с ультракороткой базой.

помощью водяной балластной системы ГОА “Мир”: путем приема воды в прочные балластные сферы (погружение) и откачки ее из этих сфер (всплытие). Кроме того, вертикальное перемещение ГОА “Мир” вверх и вниз может осуществляться с помощью повернутых вертикально боковых движителей. Имеется и третий вариант всплытия – сброс аварийного балласта (никелевой дроби). Об особенностях балластной системы будет сказано в следующем разделе. Здесь лишь следует отметить, что всплытие для ГОА – это не проблема, ибо оно может быть обеспечено одним из трех названных способов, однако оно должно быть выполнено таким образом, чтобы аппарат вышел на поверхность именно в полынье. В связи с этим определяющим является движение в горизонтальном направлении, и возможность передвижения в горизонтальной плоскости должна сохраняться даже в случае отказа основной движительной системы. ГОА “Мир” имеют три движителя: главный – мощный кормовой (12 кВт) и два боковых (3.5 кВт), которые могут быть повернуты либо в вертикальном, либо в горизонталь-

ном направлении, обеспечивая движение в соответствующих плоскостях. Все движители реверсивные, главный может поворачиваться в секторе $\pm 60^\circ$, обеспечивая поворот ГОА на левый или правый борт. Двигатели гидравлические и работают от электрогидравлического силового блока. В случае отказа гидравлического привода аппарат лишается маневрирования в горизонтальной плоскости. При работе в открытом океане такой отказ не критичен, т.к. аппарат в любом случае всплывает на поверхность, используя основную или аварийную балластную систему. Но в случае сплошного ледяного покрова на поверхности всплытие ГОА должно быть произведено только в одном месте: там, где находится полынья. В связи с этим специально для погружения на Северном полюсе на оба ГОА “Мир” в задней их части были установлены резервные движительные комплексы: два жестко закрепленных по бокам аппарата электрических движителя мощностью 7.5 кВт каждый (рис. 6). Они питаются непосредственно от аккумуляторных батарей ГОА. Специальный пульт управления дает возможность гибкого управ-



Рис. 5. Принцип работы гидроакустической системы поиска "Курс".

ления этими движителями, обеспечивая тонкое маневрирование ГОА в горизонтальной плоскости. Таким образом, была решена задача сохранения маневрирования ГОА в горизонтальной плоскости в случае отказа основного движительного комплекса. Во время погружения на Северном полюсе новый комплекс движения был лишь опробован, но все операции выполнялись с использованием основных движителей.

2.4. Балластная система. При организации экспедиции потребовали некоторой корректировки и балластные системы аппаратов "Мир". Система главного балласта, состоящая из двух пластиковых цистерн емкостью 750 литров каждая, располагающихся под легким корпусом ГОА "Мир", осталась без изменений. Как и при проведении погружений в открытом океане, эти емкости за-

полняются водой на поверхности, в результате чего аппарат приобретает нейтральную плавучесть. Дальнейшая регулировка плавучести осуществляется с помощью системы водяного балласта: приема воды в прочные балластные сферы (общий максимальный объем – 1000 литров) для придания аппарату отрицательной плавучести и откачки воды из прочных сфер для облегчения аппарата. Естественно, балластировка осуществляется с помощью забортной воды. При приеме балласта и его откачке вода проходит через систему клапанов с отверстиями небольшого диаметра, в которых при низкой температуре возможно ее замерзание. В связи с этим в балластные сферы было залито некоторое количество антифриза, который смешивался с водой при ее приеме. Такая мера применения антифриза в балластной си-

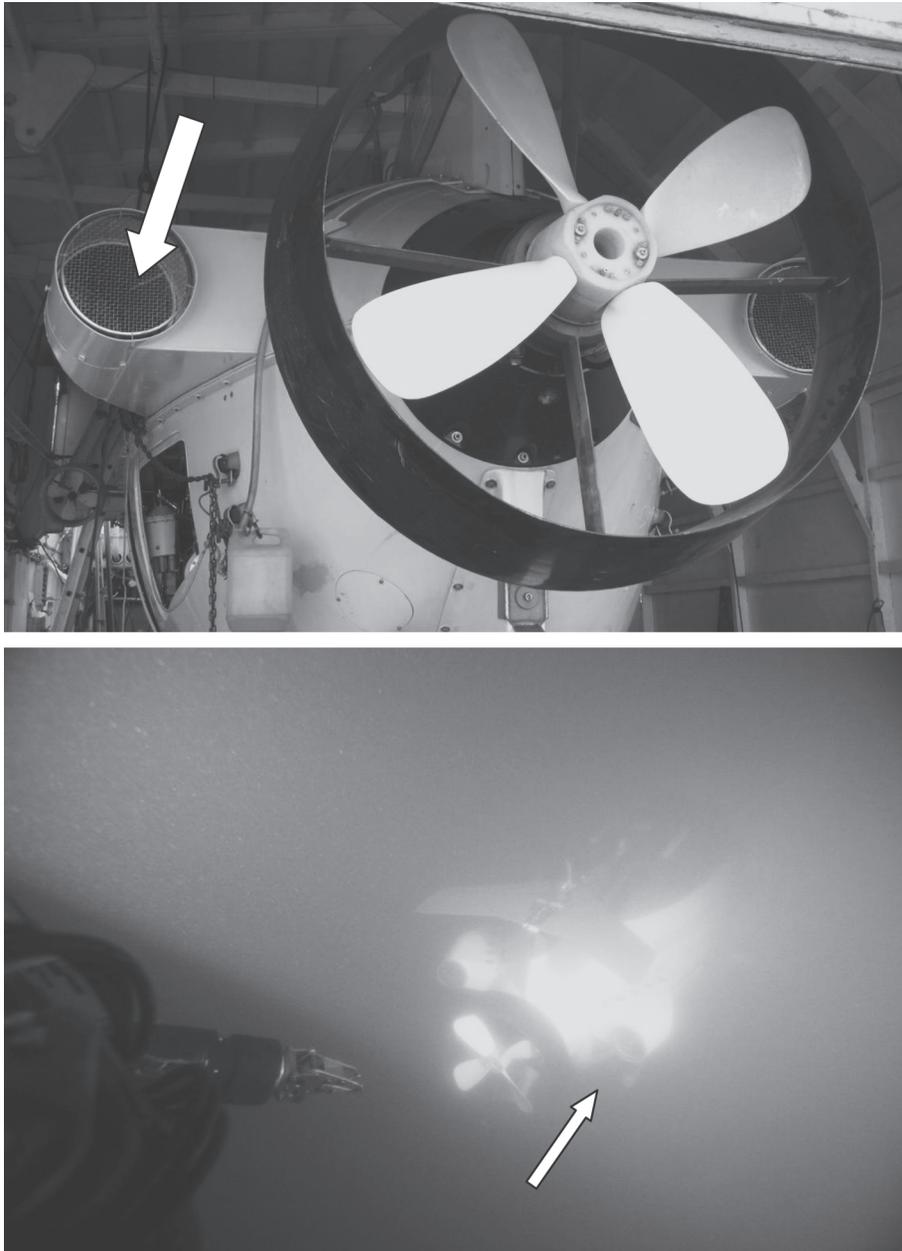


Рис. 6. Резервные электрические движители ГОА “Мир”.

стеме, возможно, являлась страховочной. Но она была необходима, ибо не было точно известно, какая температура будет на Северном полюсе в период проведения погружений. Она могла быть и глубоко минусовой.

Необходимо отметить, что погружения на Северном полюсе были первым опытом работы подводников ГОА “Мир” в высокоширотной Арктике, в связи с чем мы пытались охватить весь диапазон возможных проблем и найти пути их решения. Как показала практика, такой подход оправдал себя, ибо решение большого диапазона вопросов, направленных на обеспечение безопасности погружений, вселяло уверенность в

воплощении проекта в жизнь как в пилотов ГОА, так и в членов группы обеспечения погружений.

Важным дополнением балластных систем ГОА “Мир” явилось взятие на борт обоих аппаратов по 60 кг дополнительного груза в виде чугунных фрагментов. Эти грузы удерживались гидравлическими цилиндрами и подлежали сбросу на дно перед началом всплытия. Это было сделано в целях экономии энергии аккумуляторов, расходуемой на откачку водяного балласта из прочных балластных сфер при всплытии ГОА. Ведь после отрыва от грунта предстоял поиск полыньи, на который могло потребоваться большое количество энергии. Как всегда, в резерве было всплы-



Рис. 7. Подводные экипажи, совершившие погружения в точке географического Северного полюса: (а) – экипаж ГОА “Мир-1” А.Н. Чилингаров, А.М. Сагалевич, В.С. Груздев; (б) – экипаж ГОА “Мир-2” Ф. Палсен, Е.С. Черняев, М. МакДовелл.

тие путем сброса аварийного балласта (никелевой дроби).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Стратегия погружений и их идеология были разработаны автором этой статьи. Технологическое воплощение идей осуществлялось сотрудниками Лаборатории глубоководных обитаемых аппаратов ИО РАН, изготовление отдельных элементов дополнительного оборудования производилось на предприятии “Факел” в г. Калининграде.

Процесс организации и проведения погружений на Северном полюсе достаточно подробно описан в периодической литературе [3, 5] и книге [4]. Целью настоящей статьи является описание методики проведения погружений ГОА в условиях сплошного ледяного покрова Арктики и новых технологий, которые были разработаны с целью обеспечения безопасности работ с ГОА “Мир” на Северном полюсе.

В заключение следует отметить, что глубоководные погружения под лед Северного полюса открывают путь исследователям в подводное пространство, казавшееся ранее недоступным для непосредственного проникновения человека.

Было много непонятных и неизвестных моментов, которые можно было познать и решить, только совершив “прыжок в неизвестное”. Возможно, что-то можно усовершенствовать, доработать, но описанные выше методические и инженерно-технические разработки дают возможность ставить эксперименты и проводить практические работы по добыче полезных ископаемых на больших глубинах Арктического бассейна при непосредственном участии ученых и специалистов (рис. 7).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сагалевич А.М. Океанология и подводные обитаемые аппараты. Методы исследований. М.: Наука, 1987. 256 с.
2. Сагалевич А.М. Глубина. М.: Научный мир, 2002. 319 с.
3. Сагалевич А.М. Репортаж из под ледового купола // Природа. 2007. № 10. С. 50–57.
4. Чилингаров А.Н., Паулсен Ф., Сагалевич А.М. Глубина 4261 м. Европейские издания. Сер. Международный Полярный год, 2007. 152 с.
5. Anatoly M. Sagalevitch. Under the Ice Dome at the Geographic North Pole // Sea Technology. 2007. December. № 12. P. 10–13.

Methods of Deep Dives in Entire Ice Cover Conditions

A. M. Sagalevich

In the article the essence of methodic and engineering-technical questions, which were solved during the preparation and conducting of historical dives of deep manned submersibles “Mir-1” and “Mir-2”, given possibility to human being to see the bottom of North Pole on 4300 m depth are described. The descriptions of innovative development of underwater navigation, as well as propulsion, ballast and other “Mir” submersibles systems, provided the safety of the dives are given. These innovative methods open the way to Arctic’s under ice space for the providing of scientific research and practical exploration for minerals mining with direct participation of the scientists and specialists.