

Вклад России в Международный полярный год 2007/08  
Series: Contribution of Russia to International Polar Year 2007/08

# **Океанография и морской лёд**

# **Oceanography and sea ice**

Главный редактор тома

*И.Е. Фролов*

Editor-in-chief

*I. Ye. Frolov*

Редакционная коллегия

*И.М. Ашик, Л.А. Тимохов, А.В. Юлин*

Editorial Board

*I.M. Ashik, L.A. Timokhov, A.V. Yulin*

ООО «Паулсен». Москва – Санкт-Петербург  
2011

Paulsen Editions. Moscow – Saint-Petersburg  
2011

# 1. Современные средства исследования океана и ледяного покрова

## 1.1 Современные средства зондирования и исследования океана

### Современные приборы и технологии наблюдения за гидрологическими условиями в Северном Ледовитом океане

С.Б. Кузьмин, А.Ю. Ипатов

---

*Арктический и антарктический научно-исследовательский институт,  
г. Санкт-Петербург, Россия*

#### Аннотация

Описаны современные приборы, применяющиеся при океанологических исследованиях в Северном Ледовитом океане. Подробно даны технические характеристики профилографов, измерителей и зондов. Приведены количественные оценки, показывающие рост современной приборной базы, используемой при исследованиях в полярных регионах, а также увеличение объемов полученных измерений океанологических параметров за последнее десятилетие. Современные технологии проведения наблюдений за океанологическими параметрами описаны на примерах экспедиций, организованных Арктическим и антарктическим научно-исследовательским институтом (АНИИ), выполненных в Северном Ледовитом океане в последнее десятилетие, в том числе в период Международного полярного года (МПОГ 2007/08).

#### Введение

Наблюдения за гидрологическими условиями подразумевают возможность измерения в различных режимах значений температуры, солености (электропроводности) морской воды, а также скорости и направления течений, колебаний уровня моря, параметров волнения. Кроме того, в качестве сопутствующих параметров можно рассматривать скорость звука в морской воде (при прямых измерениях), мутность. В ходе экспедиционных работ на подвижных платформах (судовые экспедиции, работа на дрейфующем льду) в Северном Ледовитом океане (СЛО) возможны наблюдения за всеми указанными гидрологическими параметрами, кроме колебаний уровня моря и волнения. Очевидно, что рациональная организация исследований в любой области науки, в том числе и океанологии, сопряжена с достоверностью данных, получаемых в ходе экспериментов (полевых, экспедиционных работ). Использование современной приборной базы, аналогичной используемой зарубежными коллегами, позволяет при правильной

эксплуатации приборов получать результаты, не вызывающие в научном сообществе сомнений в их корректности.

Принципы измерения гидрологических параметров, используемые в описанных ниже приборах одинаковы. Измерение температуры производится термистором. Электропроводность определяется при прохождении морской воды через ячейку индуктивности (при возбуждении индуктивных токов в ячейке). При этом вода: либо протекает сквозь ячейку под действием насоса, обеспечивающего равномерный поток жидкости, либо протекает свободно. Давление измеряется кварцевым датчиком на основе пьезоэффекта, либо тензодатчиком. Мутность морской воды определяется путем оценки величин рассеяния излученного света. Скорость течения в акустических доплеровских измерителях и профилографах определяется по частотному сдвигу акустического сигнала. Направление течений определяется магнитным компасом. Время измеряется автономно запитываемыми кварцевыми часами. Имеются отличия в характеристиках датчиков, классификация которых по классу точности приведена в таблице 1.

Передача данных производится, как правило, через интерфейс типа RS232 (RS232C) со скоростью 9600 бод. При подготовке приборов обязательными элементами перед использованием являются их тестирование на работоспособность, проверка запаса питания и объема свободной памяти.

### **Современные приборы и технологии, используемые в высокоширотных экспедициях для получения данных о вертикальном профиле термohалинных характеристик**

Первыми образцами современного оборудования, задействованными для получения данных о вертикальном распределении (профилей) термohалинных характеристик, в ходе высокоширотных экспедиций стали зонд SBE 9plus CTD и профилограф SBE 19plus SeaCat производства компании SeaBird Electronics (США). Приборы данных моделей успешно эксплуатируются и сейчас, причем SBE 19plus является наиболее часто используемым прибором в арктических экспедициях в силу простоты и надежности в эксплуатации, автономности и малого веса. Несколько позже в судовых высокоширотных экспедициях начали применять обрывные зонды также позволяющие получить профили термohалинных характеристик.

SBE 9plus CTD и SBE 19plus SeaCat по характеристикам установленных на них датчиков (табл. 2) относятся к высшему классу точности измерения согласно принятой классификации измерительных приборов в океанологии (табл. 1). Обрывные зонды (характеристики датчиков даны в табл. 3) относятся к ненормируемым по классу точности (табл. 1).

Работа с описываемыми здесь приборами с борта судна возможна в дрейфе, в случае обрывных зондов, и на ходу. При сплоченности льда более трех баллов, при сильном ветре (более 10 мс) и (или) значительном дрейфе, любые океанографические станции выполняются с подработкой подруливающими устройствами, либо с использованием главного двигателя судна.

Зонд SBE 9plus CTD предназначен для измерения в режиме непрерывной передачи данных (основной режим работы) по кабель-тросу электропроводности (солености), температуры морской воды, давления (рис. 1Г). Кроме того, имеется возможность дополнительной установки датчиков растворенного кислорода,

*Таблица 1*  
*Классификация океанологических приборов по точности установленных на них датчиков*  
*(взята из работы Левашова Д.И., 2003)*

Уровень требований (класс)	Погрешность измерений			Глубина (макс)
	температура	электропроводность	Давление	
	°С	мСм/см	Мпа-102	м
WOCE	0,002	0,001-0,003	3	6000
Высший (1)	0,002-0,005	0,002-0,005	0,42-1,5	3000
Средний (2)	0,005-0,01	0,005-0,01	1-2	2000
Минимальный (3)	0,01-0,05	0,01-0,04	1-3	1000
Ненормированный (4)	0,1-0,2	0,5-1,0 %	3	30-200

pH, флюоресценции фитопланктона, рассеяния солнечной радиации, мутности. Зонд устанавливается в батометрическую секцию-блок крепления зонда и батометров (розетту) SBE 32 Carousel (рис. 1А), либо отдельно, в титановой раме. Конструкция розетты позволяет закреплять на ней дополнительно автономные измерительные приборы, что значительно увеличивает объем получаемой информации. Розетка SBE 32 Carousel рассчитана на 24 пластиковых батометра емкостью 5 л типа 1080, произведенных фирмой General Oceanics Inc. (США). С помощью батометров производится отбор проб воды для последующего анализа в лабораторных условиях на судне.

В режиме непрерывной передачи данных зонд работает с бортовым устройством SBE 11plus. В этом случае он обозначается как SBE 911plus. При необходимости может работать в автономном режиме без кабель-троса, при подключении дата-логгера SBE 17plus. Все указанные приборы и оборудование также произведены фирмой SeaBird Electronics. Комплекс SBE 911plus эксплуатируется в ААНИИ на борту НЭС «Академик Федоров», в частности использовался в экспедициях «Арктика-2007», «Шельф-2010». На основе полученных комплексом данных строятся, в частности, пространственные распределения гидрологических параметров. На рис. 2Б в качестве примера такого построения приведен разрез от пролива Карские Ворота до пролива Вилькицкого в диапазоне глубины 0–100 м, выполненный по данным измерений в экспедиции «Шельф-2010».

Спуск и подъем через кран-балку розетты с зондом и батометрами выполняется лебедкой со скоростью не более 1 м/с, при этом используется кабель-трос диаметром 9 мм. На барабане лебедки имеется 6000 м троса. Управление работой комплекса выполняется программой «SeaSave» из пакета программ «SEASOFT». Данные, передаваемые при спуске на бортовое устройство и соединенный с ним персональный компьютер (ПК), используются для определения горизонтов отбора проб воды батометрами. В нижней точке зондирования (10–20 м от дна) комплекс выдерживается для выравнивания по вертикальному углу. Измерение термохалинных характеристик и прочих параметров производится при подъеме (со скоростью 0,8 м/с). На выбранных горизонтах программно по кабель-тросу подается команда устройству, закрывающему батометры, отбирающие пробы воды.

Профилограф SBE 19plus SeaCat предназначен для измерений в автономном режиме (в режиме зондирования или буйковой станции, основной рабочий режим) электропроводности (солености), температуры морской воды, давления. Как и SBE 9plus может иметь такие же дополнительно устанавливаемые датчики параметров. Прибор устанавливается в штатной титановой раме (рис. 1Д), либо крепится на розетку SBE 32 Carousel вместе с устройством для автомати-

ческого закрытия батометров на заданных горизонтах (Auto Fire Module (AFM)). При работе с розеткой глубина срабатывания батометров программируется для AFM по давлению с помощью интерфейса RS232.

Комплекс SBE19plus SEACAT с розеткой SBE 32 Carousel (рис. 1Б) может использоваться в рейсах при отсутствии на борту судна лебедки с кабель-тросом. Примером таких экспедиций на борту НИС «Иван Петров» могут служить «БАРКАЛАВ-2007», «БАРКАЛАВ-2008», где данный комплекс включал в себя профилограф и розетку на 12 батометров типа 1080 емкостью 5 л. Температура и соленость в поверхностном слое, полученные описываемым комплексом в ходе экспедиции «БАРКАЛАВ-2007» представлены на рис. 2А.

Перед спуском с помощью программы «SeaSaveAF» из пакета программ «SEASOFT» устройство AFM через интерфейс RS232 программируется на давление, при котором будут закрываться батометры, либо на промежутки времени,

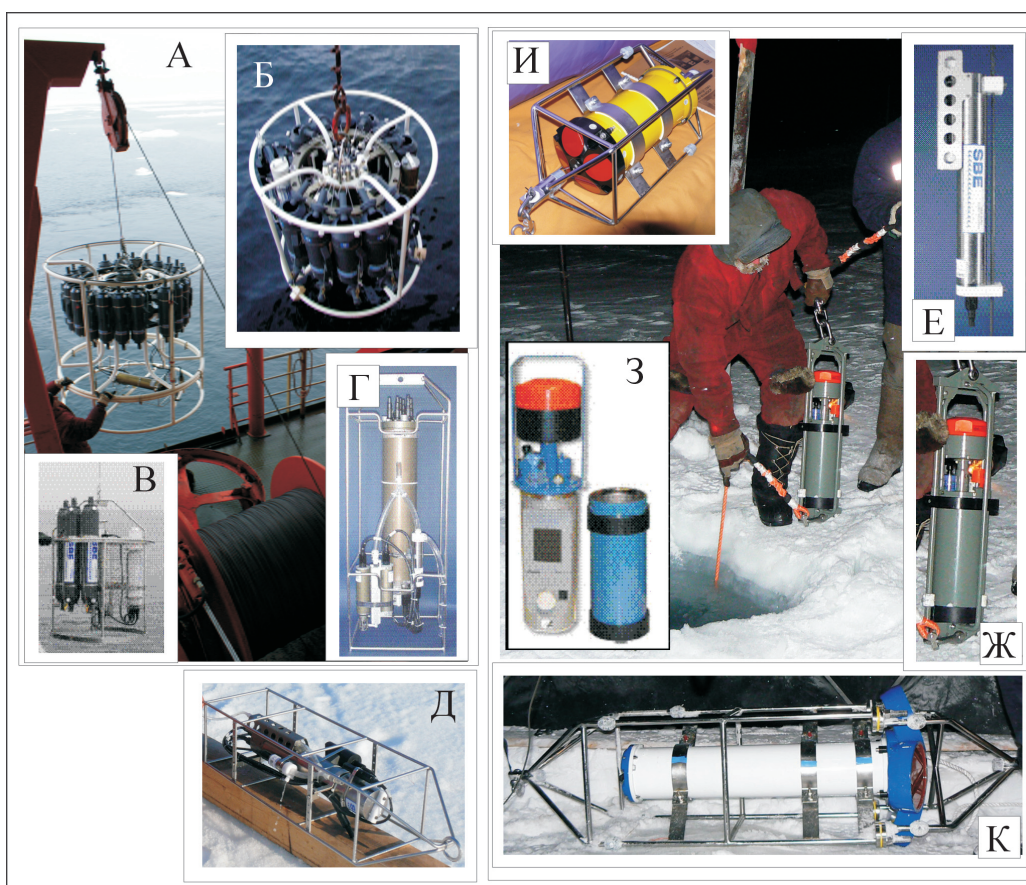


Рис. 1. Приборы и оборудование, используемые в высокоширотных экспедициях. А – комплекс SBE 32 Carousel с зондом SBE 911plus; Б – комплекс SBE 32 Carousel с профилографом SBE 19plus и модулем AFM; В – комплекс SBE55 ECO Water Sampler с профилографом SBE 19plus; Г – зонд SBE 9plus CTD; Д – профилограф SBE 19plus; Е – измеритель температуры и электропроводности SBE 37SM; Ж – измеритель течений RCM 9IW; З – измеритель течений Seaguard IW; И – акустический доплеровский профилограф течений WHS300; К – акустический доплеровский профилограф течений дальней зоны действия WHLS75

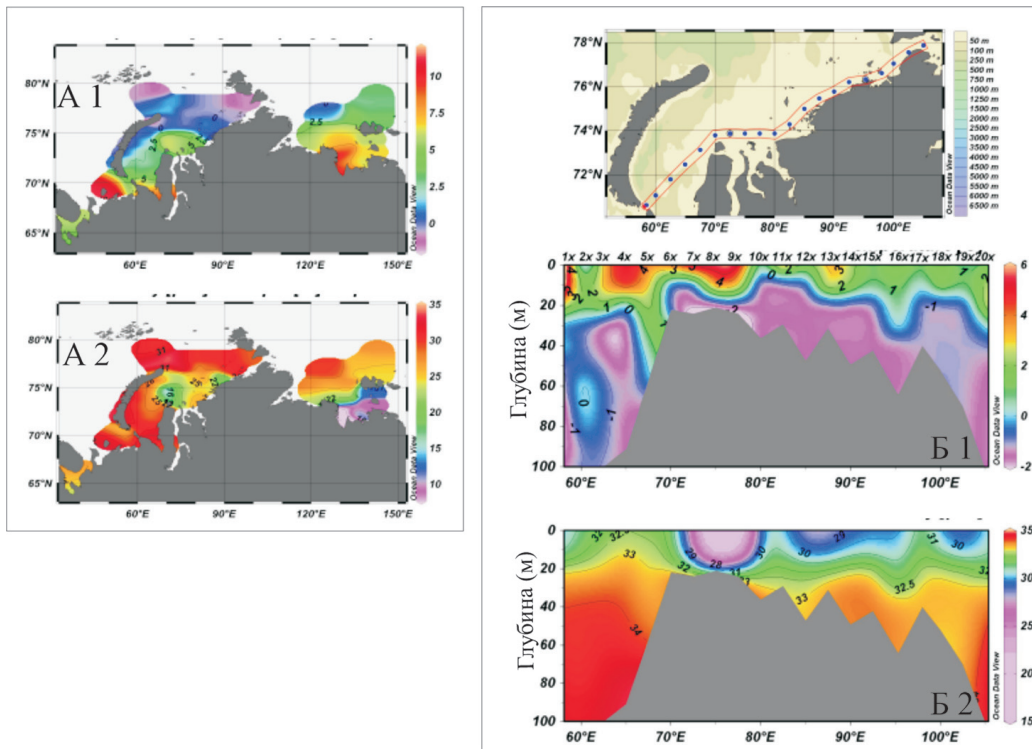


Рис. 2. Пространственные распределения гидрологических параметров (1 – температура, 2 – соленость), полученных в ходе высокоширотных судовых экспедиций с помощью измерительных комплексов SBE 19plus (А) и SBE 911plus (Б).

при которых данная операция будет выполняться при нахождении комплекса на постоянной глубине. Кроме того, AFM записывает в свою память последовательность закрытия батометров, их номера, время и подтверждение закрытия для каждого батометра. AFM работает от 9 щелочных батареек типа Duracell MN1300 (LR20), которые обеспечивают приблизительно 40 часов работы, либо от никель-кадмиевых источников питания. Спуск и подъем комплекса производится судовой лебедкой на тросе 8 мм. После подъема комплекса данные считываются из памяти SBE 19plus на ПК. Методика выполнения гидрологической станции описана выше для зонда SBE 911plus. Основным недостатком данного комплекса является невозможность отслеживать флуктуации измеряемых характеристик водной среды на профиле в режиме непрерывной регистрации.

При океанографических работах, выполняемых на борту судна возможно также использование SBE 19plus в режиме непрерывной передачи данных (по кабель-тросу). Существует три варианта эксплуатации SBE 19plus в таком режиме. Первый – без розетки как комплекс, состоящий из профилографа и закрепленного на его раме модуля Power Data Interface Module (PDIM), соединенных с бортовым устройством (БУ) SBE 36 CTD Deck Unit. Модуль питается от SBE 19plus и обеспечивает передачу данных на БУ. Либо – два варианта комплексов с розеткой. В первом случае прибор монтируется на розетке SBE 32 Carousel и составляет комплекс с бортовым устройством SBE33 Carousel Deck Unit. Во втором варианте прибор монтируется на розетке SBE55 ECO Water Sampler вместе

с модулем SBE55 Electronic Control Module, блоком магнитных размыкателей SBE55 Lanyard release assembly и тем же бортовым устройством SBE33 (рис. 1В).

Профилограф SBE 19plus широко используется при работах, выполняемых на льду. К таким экспедициям относятся, в первую очередь, научно-исследовательские дрейфующие станции «Северный полюс» (СП); работы в лагере «Барнео»; экспедиции «Полярная-2008», «Полярная-2009»; вертолетные станции, выполнявшиеся попутно, в частности в ходе экспедиции «Арктика-2007». Здесь отбор проб воды батометрами в розетке не осуществляется, прибор установлен в штатной титановой раме, работает автономно. Как правило, гидрологические станции делаются в закрытом помещении. Над майной, заранее выбуренной с применением мотобуров (на станциях СП для таких целей используется мотобур «Jiffy»(США)), либо над трещиной или краем развода устанавливается палатка без пола, например КАПШ-3. На дрейфующих станциях СП работы выполняются в панельном мобильном домике типа ПДКО, где один половой щит над майной снят и она окружена фанерным коробом для предотвращения заносов снегом и замерзания. Майна обогревается и освещается галогенной лампой (мощность 500 Вт), установленной на боковой стенке короба. При необходимости майна обогревается гибким теплоэлектрическим нагревателем (ТЭН) на плавучей раме, а также ТЭНами, закрепляемыми на стенках короба под поверхностью воды для предотвращения бокового нарастания льда.

Перед началом работ программой «SEATERM», поставляемой SeaBird Electronics, производятся следующие установки рабочего режима. Устанавливаются порядок производства измерений (в режиме зондирования): измерять при спуске, либо подъеме, либо в обоих направлениях; частоты измерений (дискретности измерений); порядок вывода измеряемых параметров, связываемых с калибровочными коэффициентами; широта места наблюдения (для перерасчета давления в глубину); текущее время. Непосредственно перед работой прибор тестируется программой «SEATERM». Профилограф опускается на лебедке (обычно модель СП-77), установленной на сани с электроприводом на тросе 1,5–2 мм через выстрел с блоком. Напряжение на электропривод подается либо от стационарного (на дрейфующих станциях СП), либо от автономного дизель-генератора (бензогенератора). Спуск прибора выполняется в контролируемом по скорости (1 м/с) свободном падении, либо при включенном электродвигателе с той же скоростью. Подъем прибора выполняется с помощью электропривода также со скоростью 1 м/с. Непосредственно перед спуском прибор выдерживается подо льдом 5–15 минут для выравнивания температуры корпуса прибора с термистором и морской воды. После подъема на воздух насос прибора промывается дистиллированной водой. Периодически насос промывается с применением штатного детергента. После каждой выполненной станции, либо после окончания полетов, полученные данные скачиваются из памяти зонда на ПК. Запас рабочего времени SBE 19plus в автономном режиме по питанию около 1950000 единиц измерения (электропроводность, температура, давление).

Обрывные зонды широко используются в судовых высокоширотных экспедициях, поскольку наблюдения с помощью данных зондов можно производить в отсутствии специально оборудованного рабочего места и с минимальными потерями судового времени (без остановки судна). Работы выполняются с борта судов с помощью обрывных зондов типа ХВТ (expendable bathythermograph) и ХСТД (expendable conductivity, temperature, depth probe) производства фирмы

Таблица 2. Характеристики зонда SBE 9plus CTD, профилографа SBE 19plus SeaCat и измерителя SBE 37SM MicroCat, используемых для получения термохалинных характеристик.

Примечания: <sup>1</sup> – разрешение от диапазона 0,0001 См/м для пресной воды до 0,0007 См/м при высокой солености; <sup>2</sup> – для зонда SBE 9plus CTD при работе в автономном режиме приведены характеристики дата-логгера SBE 17plus; <sup>3</sup> – никель-металлогидридные батареи (аккумуляторные), возможна установка щелочных типоразмера «D»

Параметр	Единица измерения	Прибор		
		SBE 19plus	SBE 37SM	SBE 9plus
Диапазон измерения				
Температура	°С	-5...+35	-5...+30	-5...+35
Электропроводность	См/м	0-9	0-7	0-7
Давление (глубина)	м	0-7000	0-7000	0-10500
Точность				
Температура	°С	±0,005	±0,002	±0,001
Электропроводность	См/м	0,0005	0,0003	0,0003
Давление	%	0,1	0,1	0,015
Разрешение				
Температура	°С	0,001	0,0001	0,0002
Электропроводность	См/м	0,00005 <sup>1</sup>	0,00001	0,00004
Давление	%	0,002	0,002	0,001
Стабильность				
Температура	°С/мес.	0,0002	0,0002	0,0002
Электропроводность	(См/м)/мес.	0,0003	0,0003	0,0003
Давление	%/год	0,004	0,05	0,018
Частота измерения, количество каналов				
Частота	Гц	1-4	0,17-0,046	24
Количество каналов	шт.	3	1	5
Питание <sup>2</sup>				
Тип	-	Ник.Мет.гидр.	Литиевые	Ник.Мет.гидр.
Типоразмер	-	D <sup>3</sup>	-	D <sup>3</sup>
Количество	шт.	9	6	12
Емкость	Ач	14	7,2	8
Напряжение	В	13,5	9	12
Память: основная (дополнительно) <sup>2</sup>				
Объем	Мб	8 (64)	2,048 (8)	16
то же	Ед.измер.	1950000	185000	-
Вес на воздухе/ в воде (глубина погружения)				
Пластик	кг	7,32,3 (600)	2,71,2 (250)	-
Алюминий	кг	-	-	25/16 (6800)
Титан	кг	13,78,6 (6800)	3,82,3 (6800)	29/20 (10500)
Размер (размер в раме)				
Диаметр	мм	99 (1219)	67	(950)
Высота	мм	808 (241)	564	(330)
Ширина	мм	- (249)	-	(305)



Lockheed Martin Corp. (США – Мексика), Tsurumi – Seiki Co., Ltd. (Япония), выполненных по лицензии фирмы Sippican Inc. (Япония), ныне входящей в той её части, которая производит океанологическое оборудование, в состав фирмы Lockheed Martin Corp. В ходе экспедиций последних лет использовались следующие модели батитермографов (ХВТ): Т4, Т5, Т7, обрывных зондов электропроводности, температуры и давления (ХСТД): ХСТД-1, ХСТД-2. Используемые в приборах датчики (табл. 3) по своему принципу работы аналогичны описанным ранее, отличаются малой инерцией. Для производства работ обрывными зондами кроме собственно зондов, используется пусковое устройство LM-3А производства Lockheed Martin Corp., бортовое устройство МК-21 той же фирмы или МК-130 производства фирмы Tsurumi-Seiki Co. и персональный компьютер с установленным на нем программным обеспечением «Win МК21» или «English\_Ver. 3.02» данных фирм соответственно. Измеряемые параметры передаются от датчиков свободно падающего зонда через тонкую (0,15 мм) проволоку на бортовое устройство. Здесь аналоговые в случае ХВТ или цифровые сигналы в случае ХСТД декодируются и передаются дальше в компьютер, работающий в режиме непрерывного получения данных. Перед началом работ программно производится настройка по типу прибора, пределам шкал измерения, устанавливается имя и место выводного файла с данными (в виде ASCII-кода). Затем после включения зонда производится контроль наличия связи в сети зонд-бортовое устройство. В случае ХСТД далее производится тестирование датчиков зонда на воздухе. Глубина измерения температуры для зондов типа ХВТ определяется по времени наблюдения при полагающейся постоянной известной скорости погружения зонда. Поскольку работы с обрывными зондами, как правило, выполняются на ходу судна, процесс их выполнения полностью согласуется с мостиком в режиме двухсторонней связи.

Таблица 3. Характеристики обрывных зондов.  
Примечание: <sup>1</sup> – для приборов производства фирмы Tsurumi – Seiki Co.

Параметр	Единица измерения	Прибор				
		ХВТ			ХСТД	
		Т-4	Т-5	Т-7	ХСТД-1	ХСТД-2
Диапазон измерения						
Температура	°С	-2...+35	-2...+35	-2...+35	-2...+35	-2...+35
Электропроводность	См/м	–	–	–	0–7 (0–6) <sup>1</sup>	0–7,9 (0–6) <sup>1</sup>
Глубина	м	–	–	–	0–1000	0–1850
Точность						
Температура	°С	±0,1	±0,1	±0,1	±0,02	±0,02
Электропроводность	См/м	–	–	–	±0,03	±0,03
Глубина	%	±2	±2	±2	±2	±2
Вертикальное разрешение	м	0,65	0,65	0,65	–	0,17
Прочие характеристики						
Время погружения	сек	73	292	123	–	600
Максимальная глубина	м	400 (460) <sup>1</sup>	1830	760	1000	1850
Макс. скорость судна	узлы	30	6	15	12	3,5

## **Современные приборы и технологии, используемые в высокоширотных экспедициях для изучения временного хода термохалинных характеристик на отдельных горизонтах**

Ряды данных, описывающих временной ход термохалинных характеристик, были получены в ходе измерений, выполняемых чаще всего с помощью измерителя температуры и электропроводности SBE 37 в модификации SBE 37SM MicroCat. Также в отдельных случаях в ходе работ на дрейфующей станции СП-37 для данных целей использовался описанный ранее профилограф SBE 19plus SeaCat, установленный в режиме буйковой станции. Набор такелажа и установка прибора на льду производится аналогично описанному ниже для SBE 37SM MicroCat. Все данные наблюдения выполнялись с дрейфующего льда в рамках экспедиций на станциях «Северный полюс».

Измеритель температуры и электропроводности SBE 37SM MicroCat изготовлен компанией SeaBird Electronics (США) (рис. 1Е). Предназначен для измерения в автономном режиме электропроводности (солености), температуры морской воды, дополнительно оснащен датчиком давления (табл. 2). В отличие от рассмотренной ранее продукции данной фирмы, измерения электропроводности происходят в режиме свободного протекания воды, без насоса, что обеспечивает меньшие расход питания и большую автономность. Запас времени по питанию (литиевые батарейки) 300000 единиц измерения (электропроводность и температура). Подготовка прибора к работе и считывание данных после окончания работы выполняется прилагаемой к нему программой «SEATERM». Выставляется дискретность наблюдений, текущее время и формат его представления, время пуска прибора. Прибор устанавливается на открытом воздухе в заранее выбуренной майне. В силу конструктивных особенностей прибор крепится на отрезке стального троса сечением 4 мм, который в свою очередь крепится к синтетическому тросу сечением 13 мм. Над прибором в такелаж набирается «мокрый» вертлюг для предотвращения кручения троса. Снизу прибор утяжеляется ввиду своего малого веса (табл. 2) грузом весом 15 кг. На верхнем трехметровом участке синтетический трос пропускается через пластиковую трубу сечением 35 мм для предотвращения разрыва троса при выбуривании прибора. Над майной данная конструкция фиксируется доской, на которую заведена петля на верхней оконечности троса. Место положения майны обозначается флажками.

## **Современные приборы и технологии, используемые в высокоширотных экспедициях для изучения временного хода течений**

Значительным прорывом в океанологических исследованиях в СЛО стало использование при работе со льда измерителей и профилографов скорости течений. Впервые измерения течений с применением современных приборов и корректной привязкой к координатам (использование системы GPS) на дрейфующем льду были выполнены в рамках работы сезонного отряда СП-34. Для наблюдения за течениями при этом использовались акустические доплеровские измерители течения RCM 9IW (рис. 1Ж) производства фирмы AANDERAA (Норвегия)

и акустические доплеровский профилограф течения ADCP (Acoustic Doppler Current Profiler) WorkHorse Sentinel 300 кГц (WHS300) производства фирмы RDI Teledyne (США) (рис. 1И). В дальнейшем к данным приборам добавились акустический доплеровский измеритель течений SEAGUARD RCM IW производства AANDERAA и акустический доплеровский профилограф течений дальней зоны действия ADCPLR (Acoustic Doppler Current Profiler Long Range) WorkHorse Long Ranger 75 кГц (WHLS75) от фирмы RDI Teledyne. Общим для всех данных приборов является принцип измерения скорости и направления течения. Основным различием между акустическими измерителями и профилографами течений является то, что в первом случае измерения производятся излученным акустическим сигналом на одном горизонте в кольцевой области горизонтальной плоскости, удаленной на радиус 0,5 м от прибора до внешней границы, удаленной на радиус 3,5 м от прибора. В случае профилографов измерения скорости течений выполняются на нескольких горизонтах по вертикали (в нескольких ячейках), причем измеряемая скорость отнесена не к отдельному горизонту, а к слою некоторой толщины (ячейке). Приборы имеют «мертвую зону» непосредственно за излучателями размером 6,12 и 12,57 м для профилографов WHS300 и WHLS75 соответственно. Характеристики RCM 9IW и SEAGUARD RCM IW сходны. Характеристики WHS300 и WHLS75 отличаются частотой акустического сигнала (табл. 4). С этим связаны и отличия в общей толщине исследуемого слоя и толщине каждой ячейки, в которой измеряется скорость течения (табл. 5).

Набор описываемых приборов в такелаж и их установка на льду производится аналогично описанному ранее для SBE 37SM MicroCat.

Измеритель течения RCM 9IW кроме датчика скорости течения (тип 3680 или 4220) имеет датчик давления, основанный на пьезоэффекте (тип 4017D или 4017A...4017F), датчик электропроводности (тип 3919В или 3919А, 4119, 4120), датчик температуры (тип 3621). Характеристики штатных датчиков, указанных первыми приведены в табл. 4. Дополнительно может быть установлен датчик мутности (3612А), а также датчики флюоресценции фитопланктона или датчик растворенного кислорода.

Перед установкой измерителя выполняется его настройка. Производится очистка устройства накопления данных Data Storage Unit DSU 2990 (либо DSU 2990E). На центральной плате устанавливаются следующие параметры: интервал измерения температуры и электропроводности; количество каналов; режим работы излучателя акустических сигналов. По умолчанию производится 600 излучений акустического сигнала (пингов). Режимы, при которых производится 150, 300 или 1200 пингов реализуются перестановкой соединительных клемм на плате прибора. Затем производится включение прибора в режиме измерений за заданный интервал 1, 2, 5, 10, 20, 30, 60, 120 минут (Normal mode по умолчанию) «On», либо в режиме измерений в течение последней минуты заданного интервала «Burst mode», при этом питание экономится. Опрос датчиков происходит следующим образом. В нормальном режиме в течение заданного интервала выполняется установленное количество пингов, и один раз опрашиваются прочие каналы. В режиме «Non stop» – непрерывно (но с количеством пингов не более 600) дважды выполняется цикл излучения акустических сигналов и производится считывание каналов. Интервал измерения в секундах в этом случае равен количеству каналов, умноженному на 4 плюс 2 секунды. В режиме «R» заданное количество пингов приходится на десятиминутный интервал при непрерывном излучении акустических сигналов, а запрос каналов производится после последних 600 пингов.