

# ОКЕАНОЛОГИЧЕСКАЯ АППАРАТУРА НА ПОРОГЕ ТРЕТЬЕГО ТЫСЯЧЕЛЕТИЯ

(по материалам международной выставки Oceanology International'2000)

Канд. техн. наук Д.Е. Левашов – ВНИРО

Oceanology International, проводимая каждые два года в г. Брайтоне (Великобритания), – самая представительная международная выставка океанологической техники. Однако экспозиция нынешнего года побила все рекорды. Около 600 фирм, институтов, научных центров, международных учреждений и других организаций демонстрировали более 6000 экспонатов, имеющих отношение к исследованиям водной среды, разработке и эксплуатации океанологического оборудования.

Для нас наибольший интерес представило оборудование, которое можно использовать как в экспедициях на отраслевых НИСах, так и на промысловых судах, не приспособленных для научных исследований, а также экспонаты, перспективные для применения в новых технологиях промысловых исследований. Часть экспонатов демонстрировалась на предыдущих выставках (подробно см. журнал "Рыбное хозяйство", № 1 за 1997 г., с. 23–29), поэтому в своем обзоре мы уделим внимание новым разработкам.

## СТД-зонды

Это основной инструмент, используемый в современной промысловой океанологии. Зонды можно разделить на две группы: высокоточные стационарные, интегрируемые с кассетой батометров (используются на НИСах), и портативные, с более низкими характеристиками (для работы на промысловых судах). Следуя тенденции проведения максимально широкого комплекса измерений за одно зондирование, практически все фирмы предлагают СТД-зонды, позволяющие подключать дополнительные датчики кислорода, рН и редокс-потенциала. Некоторые фирмы также изготавливают для своих зондов измерители течений и флюориметры. Нас интересовали прежде всего модели зондов, которые могут работать на отечественном одножильном кабель-тросе или в режиме запоминания (на обычном тросе). Важен был также тип датчика электропроводности, так как именно он обеспечивает точность и стабильность определения основных океанологических параметров. В табл. 1 представлены метрологические характеристики зондов, удовлетворяющих названным требованиям.

Наилучшее соотношение между ценой\* и качеством у СТД-зондов фирмы Falmouth Scientific (США). В производственной программе фирмы имеются высокоточный зонд ICTD (его цена 22–30 тыс. долл.), зонд средней точности MicroCTD-3 (8–10 тыс. долл.), а также несколько моделей кассет батометров. Впервые был представлен новый недорогой зонд с измерителем течений 2АСМ-

СТД (4–8 тыс. долл.). Во всех зондах для измерения электропроводности используется индуктивный датчик и имеется модификация для записи информации во внутреннюю память.

Известная фирма Sea-Bird Electronics (США) представила новую модель зонда высокой точности с внутренней памятью MicroCAT SBE-37 (14–16 тыс. долл.). К сожалению, эта фирма использует во всех своих зондах проточный датчик электропроводности кондуктивного типа старой конструкции, что значительно снижает интерес к новому зонду.

Фирма Idronaut (Италия) показала новый высокоточный зонд PROBE 318 (20–24 тыс. долл.) с двумя кондуктивными датчиками, являющимися модификацией датчика широко известного СТД-

зонда MARK-III (Нейл Браун). Кстати, фирма General Oceanics (США) стала использовать зонд PROBE 318 для комплектации своей кассеты Rosette вместо СТД-зонда MARK-III, который впервые не был представлен на выставке. У самой фирмы General Oceanics интересных новинок не было.

Норвежские фирмы ориентируют свои СТД-зонды для применения на рыболовных судах. В связи с этим метрологические характеристики зондов не так высоки, но они отличаются повышенной надежностью и просты в эксплуатации. Фирма Aanderaa Instrumens представила новую модификацию зонда RCM 9 (10–12 тыс. долл.) со встроенным доплеровским измерителем течения. Зонд может работать в режиме прямого считывания на кабель-тросе или с акустическим каналом связи, а также в режиме запоминания. Датчики электропроводности индуктивного типа этой фирмы широко используются в зондах других производителей, например, SeaProfilor фирмы Oceanog. Наличие бесконтактного индуктивного токосъемника позволяет использовать зонд в режиме свободного скольжения по кабель-тросу. Фирма Saiv A/S модифицировала подобный датчик, встроив его непосредственно в корпус зонда, что позволило создать один из самых недорогих зондов SD204 (6–8 тыс. долл.).

Таблица 1

Модель СТД-зонда	Датчик электропроводности			Датчик температуры, °С		Масса, кг	Встроенные датчики
	тип	точность	разрешение	точность	разрешение		
ICTD (Falmouth Scientific)	И	0,003	0,0001	0,002	0,0001	9	
MICRO CTD3 (Falmouth Scientific)	И	0,005	0,0001	0,005	0,0001	2,5	
2D-ACM (Falmouth Scientific)	И	0,02	0,001	0,03	0,001	3,6	Скорости и направления течений
SBE 37 (Sea-Bird Electronics)	К	0,003	0,0001	0,002	0,0001	3,8	Давления (комплектуются дополнительно)
318 PROBE (Idronaut)	К	0,003	0,0001	0,001	0,0005	15	
RCM 9 MKII (Aanderaa Instrumens)	И	0,03	0,015	0,05	0,035	17	Скорости и направления течений
SeaProfilor (Oceanor)	И	0,03	0,018	0,03	0,009	0,7	
SD204 (Saiv A/S)	И	0,02	0,01	0,01	0,001	2,5	
MINIpack (Chelsea Instruments)	И	0,005	0,001	0,003	0,0005	6	Флюоресценции и мутности
MK (VALEPORT)	И	0,01	0,003	0,005	0,002	11,5	

\*И – индуктивный; К – кондуктивный



Большой интерес вызвал зонд MINIPACK фирмы Chelsea Instruments (Великобритания). При достаточно хорошей точности и наличии встроенного флуориметра цена зонда 14–16 тыс. долл. Для измерения электропроводности используется уже упомянутый датчик фирмы Aanderaa Instrumens. Вся электроника зонда выполнена с высокой степенью интеграции и на единственной плате, что практически исключает эксплуатационные сбои из-за нарушения контактов. Имеется встроенная память. К прибору можно подсоединять до 14 дополнительных датчиков.

Встроенную память имеет и зонд MK606 (8–10 тыс. долл.) британской фирмы Valerport, причем у его модификации MK606+ предусмотрено два дополнительных входа для подключения внешних датчиков. Прибор предназначен для использования в рыбопромышленной и нефтедобывающей отраслях. Несмотря на средние характеристики, он отличается повышенной эксплуатационной надежностью.

#### Аппаратура для оценки кормовой базы промысловых скоплений

Характеристики планктона и подводная освещенность — основные параметры, позволяющие проводить оценку кормовой базы промысловых скоплений. Для исследования этих параметров используется оптическая аппаратура. Нас прежде всего интересовала возможность подключения такой аппаратуры в качестве дополнительных датчиков СТД-зонда.

Для исследования микропланктона размером 0,001–0,5 мм (микрзоопланктон и фитопланктон) используется интегральная оценка оптических характеристик взвеси. Фирма WetLabs (США) представила прозрачномер C-Star (5 тыс. долл.) для измерений на фиксированной длине волны. За счет применения светодиода в качестве излучателя и фотодиода для измерения светопоглощения прибор имеет небольшие габаритные размеры. Такие прозрачномеры обычно служат стратификаторами вертикального распределения взвеси и используются в составе СТД-комплексов с кассетой батометров для выбора горизонтов отбора проб.

Количество взвеси можно определить по рассеянию света под определенным углом. Фирмой Sea Tech был представлен измеритель обратного рассеяния с двумя инфракрасными светодиодами (880 нм) и расположенным между ними регистрирующим фотодиодом. Интенсивность рассеянного света считается адекватной общей массе частиц, попавших в освещаемый объем.

Размерный состав взвеси можно установить путем регистрации лазерной дифракции на частицах взвеси. В приборе

CILAS 925, разработанном Французским научным центром Ифремер, определяют размеры частиц в диапазоне от 1 до 500 мкм с помощью полупроводникового ИК-лазера. Фирма Sequoia (США), на основе того, что разные оптические измерители могут использовать одну и ту же пару излучатель-фотоприемник, представила похожий прибор LISST-1000, который одновременно измеряет прозрачность воды.

Выделить фитопланктон в составе взвеси позволяют спектральные измерители, фиксирующие ослабление (или поглощение) в нескольких участках светового спектра. Фирма WetLabs (США) предлагает измеритель А-3 на длинах волн 650, 676 и 715 нм. Как известно, на 676 нм приходится пик поглощения хлорофилла "а". Принимая поглощение на крайних длинах волн за базовую величину, можно определить вклад хлорофилла в общее поглощение на 676 нм. Фирма производит измерители, которые используют до 9 длин волн, что позволяет проводить качественную оценку фитопланктона.

Фирма Biospherical Instruments (США) специализируется на выпуске аппаратуры для измерения подводной освещенности (облученности) и предлагает спектрометр PRR-600. Он имеет два фотоприемных блока (один направлен вниз, другой — вверх). Каждый блок содержит по 7 фотоприемников: один измеряет фотосинтетическую активную радиацию (ФАР), а на остальных установлены интерференционные светофильтры от 412 до 683 нм. Поверхностная нисходящая облученность определяется дополнительным измерителем PRR-610. Аналогичная система PRR-800 и PRR-810 позволяет проводить измерения на 19 каналах.

Во всех рассмотренных выше спектрометрах для выделения определенных участков света используются светофильтры. Это обуславливает конструктивную сложность и громоздкость аппаратуры, увеличивает энергопотребление, и, как следствие, эти приборы дорогостоящие, их сложно подсоединять к СТД-зондам. Фирма Carl Zeiss (Германия) недавно начала выпускать миниатюрные призмные спектрометры, в которых "белый" свет разделяется в призме и получающийся спектр проецируется на 256-элементную фотодиодную линейку. На основе этого спектрометра фирма TriOs (Германия) разработала датчик miniSPEC (2,5 тыс. долл.) для диапазона от УФ-волн до ближней ИК-областей (190–720 нм) с разрешением 2,2 нм и для ультрафиолетовой области (200–385 нм) с разрешением 0,8 нм. Датчик применен в представленных на выставке измерителе освещенности Ramses (5–6 тыс. долл.) и прозрачномере MST (9–10 тыс. долл.). Программное обеспечение позволяет



оценивать концентрации взвешенных частиц, хлорофилла и "желтого" вещества. Прозрачномер MST может иметь большие перспективы для оценки биопродуктивности промысловых районов при использовании в составе СТД-зондов и буксируемых устройств. Кроме того, разрешающая способность датчика в УФ-диапазоне позволяет проводить оценку гидрохимического состава воды. Дело в том, что измерение величины пика оптического поглощения нитрат-иона при 205 нм позволяет оценивать концентрацию нитратов, а уже по ним можно судить о вертикальном распределении фосфатов





и кремния (во всяком случае, в верхнем 200-метровом слое).

К гидрооптической аппаратуре можно отнести флюориметры, позволяющие измерять флюоресценцию хлорофилла в красной области спектра (685 нм), иницируемую облучением фитопланктона светом в синей области (425 нм). Ранее для возбуждения флюоресценции служила импульсная лампа с высоким энергопотреблением, что затрудняло стыковку флюориметров с СТД-зондами. На выставке был представлен ряд моделей флюориметров нового поколения, в которых для излучения в синей области светового спектра используются светодиоды. Наибольший интерес представляют недорогие (5 тыс. долл.) миниатюрные приборы Minitracka (Chelsea Instruments) и WETStar (WetLabs) с низким энергопотреблением. Этими флюориметрами в качестве дополнительных датчиков комплектуются СТД-зонды многих фирм.

К новому классу флюориметров относятся так называемые “быстрые” флюориметры, или продукциометры. Единственный прибор такого типа — Fastracka представила на выставке OI'2000 фирма Chelsea Instruments. Кроме определения первичной продукции измеряются ФАР и естественная флюоресценция. Несмотря на относительно высокую цену (75 тыс. долл.) прибор может быть весьма полезным в промысловых исследованиях при проведении фоновых съемок, так как позволяет практически полностью отказаться от использования трудоемкого и сложного скляночного метода.

#### Миниатюрный регистратор температуры

Этот новый тип инструментов вызывает особенный интерес для промысловой океанологии. Регистраторы, записывающие значения температуры во внутреннюю память в течение длительного времени, используются для установки на крабовых ловушках, тралах, буях и т.п. Из всего многообразия представленных регистраторов хотелось бы выделить модели MDS MK-V (800 долл.) фирмы Alec Electronics (Япония) и MINOLOG12-T (500 долл.) фирмы VEMCO (Канада). Они позволяют записывать данные с интервалом от 1 с до 10 мин в память объемом 16 Кбайт, а литиевые элементы обеспечивают их питанием в течение нескольких лет. Регистратор канадского производства имеет оптический съем сигнала, а японский требует электрического подсоединения. В обоих случаях необходим специальный интерфейс (500–2000 долл.) для подсоединения регистраторов к компьютеру. Следует отметить, что практически аналогичный регистратор разработан во ВНИРО по заказу МоТИНРО (цена порядка 350 долл.). Он не требует специально устройства для съема информации, ко-

Показатель	MDS MK-V	MINOLOG12-T	ВНИРО
Точность, °С	0,05	0,1	0,1
Разрешение, °С	0,015	0,015	0,03
Глубина погружения, м	2000	1000	1200
Диаметр, мм	18	21	24
Длина, мм	80	100	90
Материал	Титан	Пластик	Пластик
Масса, г	42	41	Около 50

торая передается через специальный разъем в регистраторе прямо на последовательный порт компьютера. Основные характеристики описанных регистраторов представлены в табл. 2.

#### Малогобаритные лебедки для СТД-зондов

Лебедки имеют особое значение для отечественных промысловых судов, работающих по научным программам, так как в нашей стране такое оборудование не производится. Оптимальным соотношением цены и качества отличаются конструкции фирмы A.G.O. Environmental Electronics (Канада). Наибольший интерес вызвала лебедка CSW-6 (6–7 тыс. долл.). Компактная конструкция из алюминиевого сплава весит 55 кг, барабан с токосъемником вмещает 400 м кабель-троса диаметром 6 мм или более 1000 м обычного троса диаметром 4 мм. Лебедка может работать от сети переменного тока 110/220 В или постоянного тока 24 В. Скорость выборки груза 45–100 кг составляет 25–75 м/с. Более мощная модель CSW-5 (8–10 тыс. долл.) позволяет увеличить нагрузку до 150 кг, а барабан вмещает 1200 м кабель-троса диаметром 6 мм.

#### Подводные видеосистемы для наблюдения за объектами промысла

Наибольший интерес среди экспонатов выставки представляло оборудование фирмы J.W. Fishers Mfg. (США). Малогобаритная буксируемая система TOV-1 (12–20 тыс. долл.) работает на глубинах до 75 м и оснащена высокочувствительной (0,07 лк) камерой с полем наблюдения 70° и автодиафрагмой. Вместо черно-белой камеры можно использовать цветную, но меньшей чувствительности. Система применяется для наблюдений за тралом и крабовыми ловушками, картирования запасов промысловых водорослей. В принципе она пригодна практически для любых работ, связанных с подводными наблюдениями, в том числе без буксировки.

Система SeaLion (30 тыс. долл.) более сложная, она представляет собой дистанционно управляемый аппарат (ROV) весом 57 кг с манипулятором, работающий на глубине до 300 м.

\*\*\*

В заключение хотелось бы отметить следующее. Высокий научно-технический

уровень аппаратуры, представленной на выставке в Брайтоне, показал, что за рубежом придается большое значение изучению и освоению ресурсов Мирового океана. Когда-то так было и у нас. Глядя на экспонаты выставки, обидно осознавать, что прототипы практически всех представленных гидрооптических измерителей разработаны 15–20 лет назад в МГИ УССР и ИОРАН. Даже принцип описанного выше призматического спектрометра впервые применен в прозрачном “Пингвин”, который был разработан ВНИРО и ИФ БССР в середине 80-х годов. В то время, как наши научные кадры занимались торговлей на городских рынках, зарубежные фирмы, используя наши идеи и свою элементную базу, создали надежное, высокотехнологическое оборудование с использованием последних достижений микроэлектроники и поделили между собой мировой рынок океанологической техники.

Однако сейчас никто не мешает нам самим использовать свои идеи и их элементную базу. Конечно, для отрасли нет смысла разрабатывать высокоточные СТД-зонды — в России спрос на них ограничен. Но вот создание недорогих СТД-зондов среднего уровня вполне может иметь успех на отечественном рынке. Российская компания “Технополе”, занимающаяся также и распространением в России зарубежной техники многих упомянутых здесь фирм, рассматривает вопрос о выпуске такого зонда на основе импортных датчиков и других комплектующих. Зонд не только составил бы заманчивую альтернативу для отечественных промысловиков (его цена порядка 5 тыс. долл.), но и оказался конкурентоспособным на мировом рынке. Некоторые разработки такого рода у нас уже есть. Например, упомянутый миниатюрный регистратор температуры. Такие “киты” мирового океанологического приборостроения, как Chelsea Instruments (Великобритания) и Falmouth Scientific (США) заинтересовались телерегистрирующим анализатором планктона “ТРАП-6”, разработанным во ВНИРО для установки на зондирующих и буксируемых комплексах. Одним словом, будем надеяться, что на одной из очередных выставок в Брайтоне посетители увидят стенд с российской аппаратурой, занимающей достойное место в ряду мировых производителей океанологической техники.