

АВТОНОМНЫЕ ВЕРТИКАЛЬНЫЕ АКУСТИКО-ГИДРОФИЗИЧЕСКИЕ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ «МОЛЛЮСК»

Ковзель Д.Г., Гриценко В.А.

Тихоокеанский океанологический институт им. В.И. Ильичева, г. Владивосток

Вертикальная акустико-гидрофизическая система «Моллюск-19» и ее более поздняя модификация «Моллюск-21» продолжили ряд разработанных и изготовленных в ТОИ ДВО РАН многоканальных измерительных систем [1, 2]. Системы аппаратно и программно унифицированы с другими устройствами измерительного комплекса «Шельф-14», который включает автономные подводные акустические регистраторы (АПАР), поверхностные телеметрические буи [3], аппаратуру акустической связи [4], донные автономные акустические станции со скалярно-векторным приемником «Краб-19» и «Краб-21».

Конструктивно «Моллюски» представляют собой (рис. 1) последовательно соединенные кабельными вставками регистратор и модули датчиков (МД), укрепленные на несущем тросе. В рабочем положении

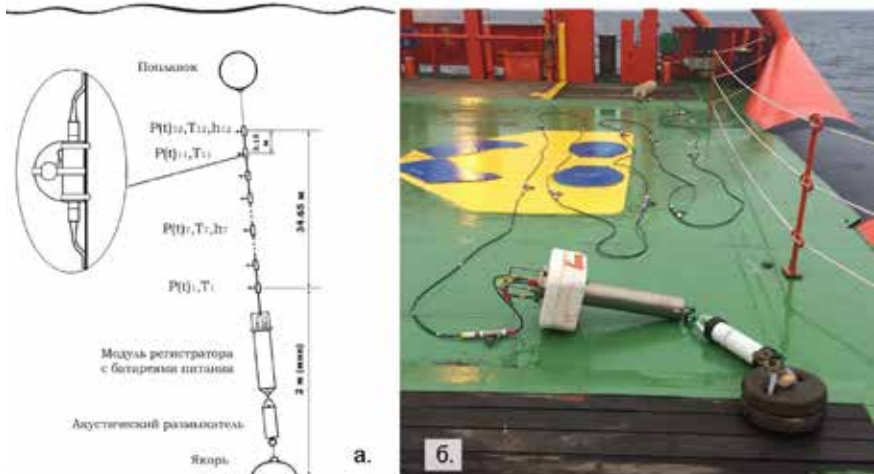


Рис. 1. Схема постановки автономной вертикальной акустико-гидрофизической измерительной системы Моллюск-19 в море – (а.) и ее фотография на борту судна перед постановкой - (б.).

системы ниже регистратора крепится акустический размыкатель и якорь, а на верхнем конце измерительной линии – поплавок. При подъеме якорь сбрасывается при помощи акустического размыкателя. Оба конца измерительной линии – поплавок и модуль регистратора – имеют положительную плавучесть, что упрощает подъем системы и снижает механические нагрузки на измерительную линию.

Регистраторы «Моллюск-19» и «Моллюск-21» идентичны и практически представляют собой автономный подводный акустический регистратор (АПАР) «Шельф-14», в котором модуль АЦП заменен модулем согласования с кабельной линией. Модули датчиков и кабели взаимозаменяемы внутри каждого «Моллюска» и между ними и могут соединяться в любом порядке и любом необходимом количестве, что позволяет легко конфигурировать системы под задачи конкретного эксперимента. Отличие между системами заключается в составе гидрологических датчиков – в «Моллюске-19» применены 13-разрядные цифровые термометры DS1624, способные измерять температуру от -55°C до $+125^{\circ}\text{C}$ с разрешением 0.031°C . В двух МД имеются также прецизионные аналоговые датчики гидростатического давления PDCR-1830, а для преобразования их в цифровую форму используется встроенное в микроконтроллер модуля датчиков 10-разрядное АЦП, что обеспечивает точность измерения глубины 10 см. В модулях датчиков «Моллюска-21» установлены датчики гидростатического давления-температуры MS5837-30BA производства TE connectivity, обеспечивающие диапазон измерения давления до 30 бар с разрешением 0.2 мбар и температуры в диапазоне $-25^{\circ}\text{C} \dots +85^{\circ}\text{C}$ с разрешением 0.0041°C . Частота опроса гидрологических датчиков программируемая, в настоящее время установлена 5 Гц. Необходимая абсолютная точность измерений для обеих систем обеспечивается кросс-калибровкой с гидрологическим зондом, производимой в начале каждого полевого сезона.

Аналого-цифровое преобразование акустического сигнала также производится в МД и результаты передаются по кабельной линии в регистратор в цифровой форме. Такая организация системы исключает межканальное проникновение, снижает шумы электроники и наводки. Частота дискретизации акустического сигнала программируемая, в постановках 2019-2021 гг. использовалась частота дискретизации 5053 Гц. Динамический диапазон акустических каналов превышает 135 дБ при предельных пиковых значениях акустического давления около 2 кПа.

Блок низкочастотных данных каждого МД встраивается в поток акустических данных этого МД с частотой опроса гидрологических датчиков. Он включает данные о глубине (гидростатическое давление) и температуре, индивидуальный номер МД (ID), записанный в идентификационную память его контроллера, и напряжение питания на входе

МД, измеряемое встроенным АЦП контроллера. Наличие ID, однозначно связанного с аппаратной частью МД, позволяет автоматически идентифицировать данные этого МД независимо от его положения в измерительной линии, что обеспечивает однозначность и надежность их распознавания при последующей обработке записей регистратора. Результаты измерений в цифровой форме от МД продвигаются по измерительной линии к регистратору последовательно, ретранслируясь в каждом МД. Такое решение существенно снижает энергозатраты на передачу данных до регистратора.

Время автономной работы систем определяется батареями питания и при использовании 2-х блоков по 40 алкалайновых батареек типа D составляет 20-25 суток.

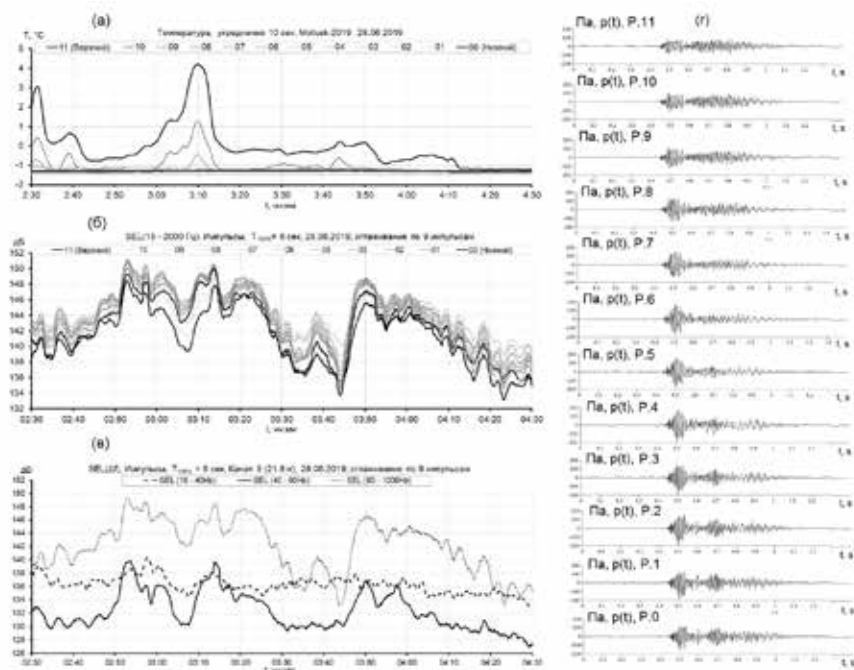


Рис. 2. Измеренные вариации температуры воды на 12 горизонтах – (а), вариации значений SELimp(15-2000Hz) акустических импульсов, формируемых на 12 горизонтах сейморазведочными сигналами, излученными при движении судна по акустическому профилю – (б), вариации значений SELimp, акустических импульсов, измеренных на горизонте 22 м в частотных диапазонах 10-40, 40-90 и 90-1000 Гц – (в), вариации акустического давления в импульсах, формируемых на 12 горизонтах сейморазведочным сигналом – (г).

В настоящее время оба «Моллюска» оснащены акустическим модемом, обеспечивающим проверку работоспособности систем перед постановкой и во время работы в море на дистанциях до 15 км, а также, в случае необходимости, поиск дрейфующей после сброса якоря системы. При этом используется телекомандное устройство (ТКУ, TCU) комплекса «Шельф-14» [4].

Системы «Моллюск» используются для контроля акустико-гидрофизических характеристик среды и параметров акустических импульсов, генерируемых при сейсморазведочных работах на северо-восточном шельфе о. Сахалин. На рис. 2 приведен пример измерений 2019 г., во время проведения компанией Эксон Нефтегаз Лимитед сейсморазведки на Одоптинском лицензионном участке. Система «Моллюск-19» была установлена на 20 км мористее трека сейсморазведочного судна, в точке с глубиной моря 52 м. Приемные гидрофоны системы располагались на глубинах 17-50 м. Трек судна проходил вблизи 20-метровой изобаты, излучение сейсмоимпульсов производилось по GPS, с интервалом 3-10 сек. Сопоставление времени прохождения нелинейных внутренних волн (ВВ) через точку постановки системы (графики температуры рис. 2а), пространственных неоднородностей волновода и акустической экспозиции в характерных для донных (10-40 Гц), водно-донных (40-90 Гц) и водных мод частотных диапазонах позволяет выявить влияние ВВ на распространение сейсмоимпульсов.

Авторы выражают благодарность компании «Эксон Нефтегаз Лимитед» за поддержку данной работы.

Литература

1. Рутенко А.Н. Вертикальная акустико-гидрофизическая антенна «Моллюск-97» // Приборы и техника эксперимента. 1998. № 5. С. 141-144.
2. Ковзель Д.Г., Рутенко А.Н., Ущиповский В.Г. Автономная вертикальная акустико-гидрофизическая измерительная система «Моллюск-07» // Приборы и техника эксперимента. 2008. № 5. С. 138-142.
3. Ковзель Д.Г. Технические средства гидроакустического мониторинга сейсморазведочных работ на шельфе // Акуст. журн. 2018. Т. 64. № 5. С. 605-617.
4. Ковзель Д.Г. Аппаратура акустической связи для контроля работы автономной гидроакустической донной станции на шельфе // Акуст. журн. 2019. Т. 65. № 5. С. 619-629.