

УДК 551.46.077:550.834:553.98(26-83)

Башилов И.П., Червинчук С.Ю., Леденев В.В., Макаров К.Е., Белов С.В., Зубко Ю.Н.
ФГУП Опытнo-Конструкторское Бюро Океанологической Техники РАН, Москва, Россия
okb@edboe.ru edboe-ras@mtu-net.ru

ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ И РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПЫТАНИЙ МОРСКОГО ДОННОГО АВТОНОМНОГО РЕГИСТРАТОРА СЕЙСМИЧЕСКИХ СИГНАЛОВ ДЛЯ ПОИСКОВ ЗАЛЕЖЕЙ УГЛЕВОДОРОДОВ И ГАЗОГИДРАТОВ

Приведены описание и результаты испытаний в натурных условиях прототипа Морского Автономного Регистратора Сейсмических Сигналов – МАРСС, предназначенного для проведения микросейсмических исследований на морском дне, особенно в области транзитных зон с глубинами до 300 метров, для поиска залежей углеводородов и в перспективе газогидратов.

Ключевые слова: микросейсмические исследования, пассивная сейсмика, морское дно, газогидраты, углеводороды, экспериментальный образец, донная станция МАРСС, оборудование, методика установки, микросейсмическое волновое поле, структура разреза осадочного чехла, визуальный контроль установки.

В связи с большой важностью работ по поиску залежей углеводородов на морском шельфе и транзитных зонах морей и океанов, а в перспективе газогидратов на больших глубинах, с помощью изучения микросейсмического волнового поля (МСВП), и практически полным отсутствием надежной высокочувствительной аппаратуры, позволяющей проводить такие исследования, Опытнo-Конструкторское Бюро Океанологической Техники РАН в начале 2006 г. приступило к разработке и изготовлению опытного образца донной сейсмостанции (ДС) для проведения работ по исследованию МСВП на глубинах до 300 м и в перспективе до 6000 м.

Применение методов МСВП базируется на использовании естественных микросейсм Земли в качестве зондирующего сигнала и основаны на инверсии амплитудно-частотного пространственного распределения микросейсмического поля. Было доказано экспериментально и исследовано на численных моделях, что неоднородности земной коры определенным образом искажают спектр низкочастотного микросейсмического поля, что и позволяет выделять зоны субвертикальных разломов в толще земной коры, которые часто являются питающими для пластовых залежей.

Кроме этого используется слоистая структура земной коры (морского дна) с целью определения разницы в резонансных свойствах (амплитуде и частоте колебаний) различных по физико-химическим свойствам пластов геологических пород и шума от флюидов, насыщающих пласты-коллекторы, с целью определения глубин их залегания. К сентябрю

2006 г. был изготовлен первый экспериментальный образец донной сейсмостанции - ДС МАРСС (Морской Автономный Регистратор Сейсмических Сигналов) и прошел натурные испытания по измерению параметров МСВП на глубинах до 100 м.

Работы проводились на акватории Черного моря в Голубой Бухте в районе Геленджика и Азовского моря в районе станции Голубицкая в период с 6 октября по 30 ноября 2006 г. (рис. 1).

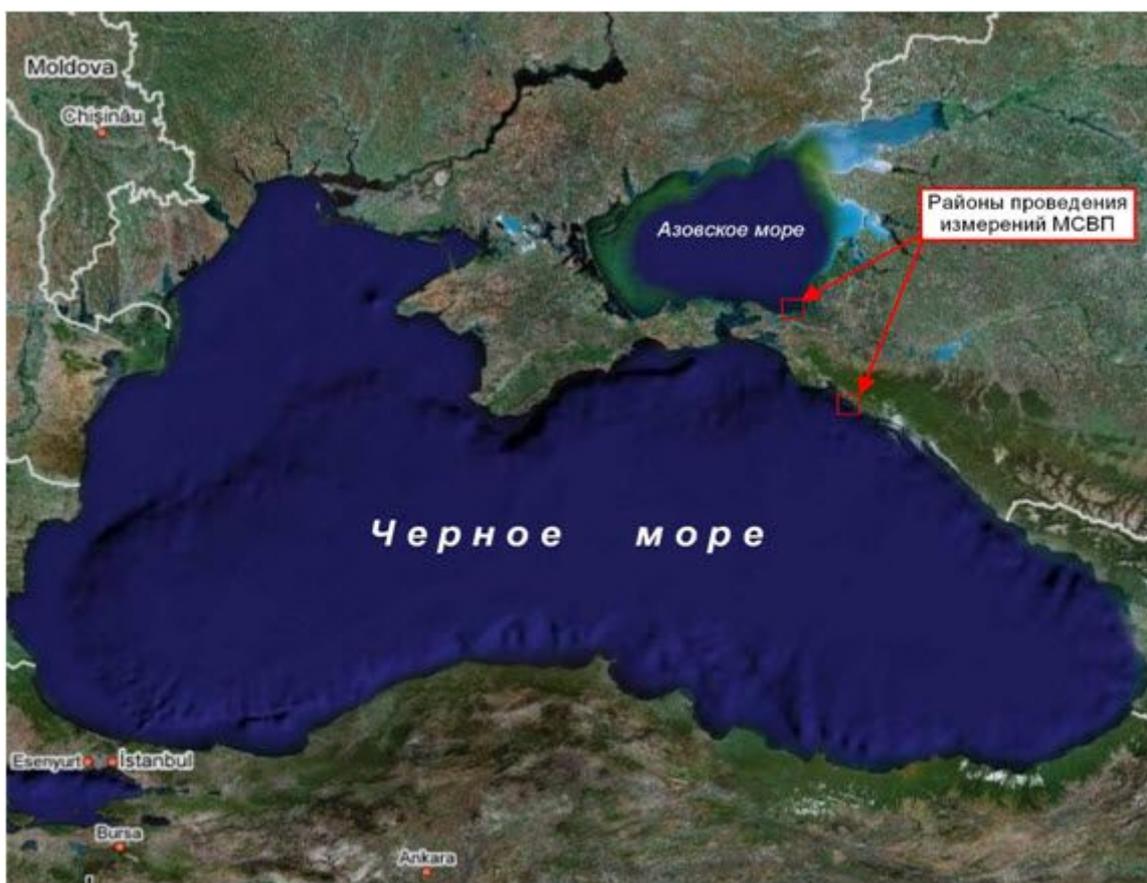


Рис. 1. Региональная карта Азовского и Черного морей с указанием районов проведения работ донной станцией МАРСС по измерению параметров МСВП в береговой и шельфовой зонах

Ниже приводятся технические характеристики станции МАРСС и приведены результаты испытаний на Черном море (табл. 1).

Результаты эксперимента по исследованию МСВП вдоль профиля на Азовском море, в районе предполагаемой залежи углеводородов у станции Голубицкая, будут обсуждаться в следующей публикации.

Технические характеристики станции МАРСС

Донная станция МАРСС конструктивно состоит из собственно автономного регистратора сейсмических сигналов, бортового интерфейсного блока, необходимого для связи с портативным компьютером и подключения антенны GPS, собственно антенны GPS и

зарядного устройства (рис. 2). В комплект также входят: двухлучевой эхолот HUMMENBIRD Matrix17, GPS приемник GARMIN GPSMAP-276С и портативный компьютер. Система MAPСС оснащена высокочувствительным сейсмическим датчиком «СМ-3КВ 1, расположенным на карданном подвесе в нижней полусфере станции, что позволяет сохранять вертикальное расположение датчика внутри станции при наклонах морского дна до 25°.



Рис. 2. Общий вид MAPСС в комплекте

Прочный корпус MAPСС изготовлен из высокопрочного алюминиевого сплава и представляет собой две полусферы, соединяемые болтами. Корпус MAPСС укреплен на подставке - каркасе, сваренном из алюминиевых труб. Электронные блоки, входящие в состав автономного регистратора, и модуль смонтированы на основании, выполненном из

алюминиевого сплава. В верхней части крышки установлен герметизированный разъём для подключения выносного интерфейсного блока и зарядного устройства.

Таблица 1

Технические характеристики МАРСС

Вес МАРСС	42 кг
Положительная плавучесть	10 кг
Допустимое отклонение о вертикали	25°
Напряжение питания	6 вольт
Время ожидания старта записи	до 30 суток
Время регистрации (125 Гц, 256 Мб, 1 канал)	до 3 суток
Диапазон регистрируемых частот сейсмоприёмника (Гц):	0,5 – 40
Коэффициент усиления	1,2,4,8,16,32,64,128
Количество каналов записи	1 (опция 4)
Тип входа	дифференциальный
Период дискретизации, мс	2,4,8,16
Динамический диапазон, Дб	120
Объем встроенной энергонезависимой памяти, Мб	256 Мб (опция до 4 Гб)
Коэффициент нелинейных искажений не более	0,01%
Уровень шумов сейсмического канала, приведённого ко входу, мкВ, не более	0,1
Точность привязки таймера к всемирному времени по GPS	50 нс
Нестабильность опорного генератора регистратора не более	10 ⁻⁹
Аккумуляторные батареи:	
сейсмоприёмника	2 по 6 вольт 7,2 А/ч
регистратора	2 по 6 вольт 7,2 А/ч
Диаметр прочного корпуса	450 мм
Глубина погружения	до 300 м (опция до 6 км)
Автоматическое всплытие по команде	Нет (опция есть)

Для герметизации полусфер на основании в канавке находится резиновое уплотнительное кольцо. Общий вид МАРСС со снятой крышкой показан на рис. 3. На шасси расположены следующие электронные устройства:

- * блок регистрации,
- * аккумуляторные батареи,
- * кардан подвеса сейсмодатчика.

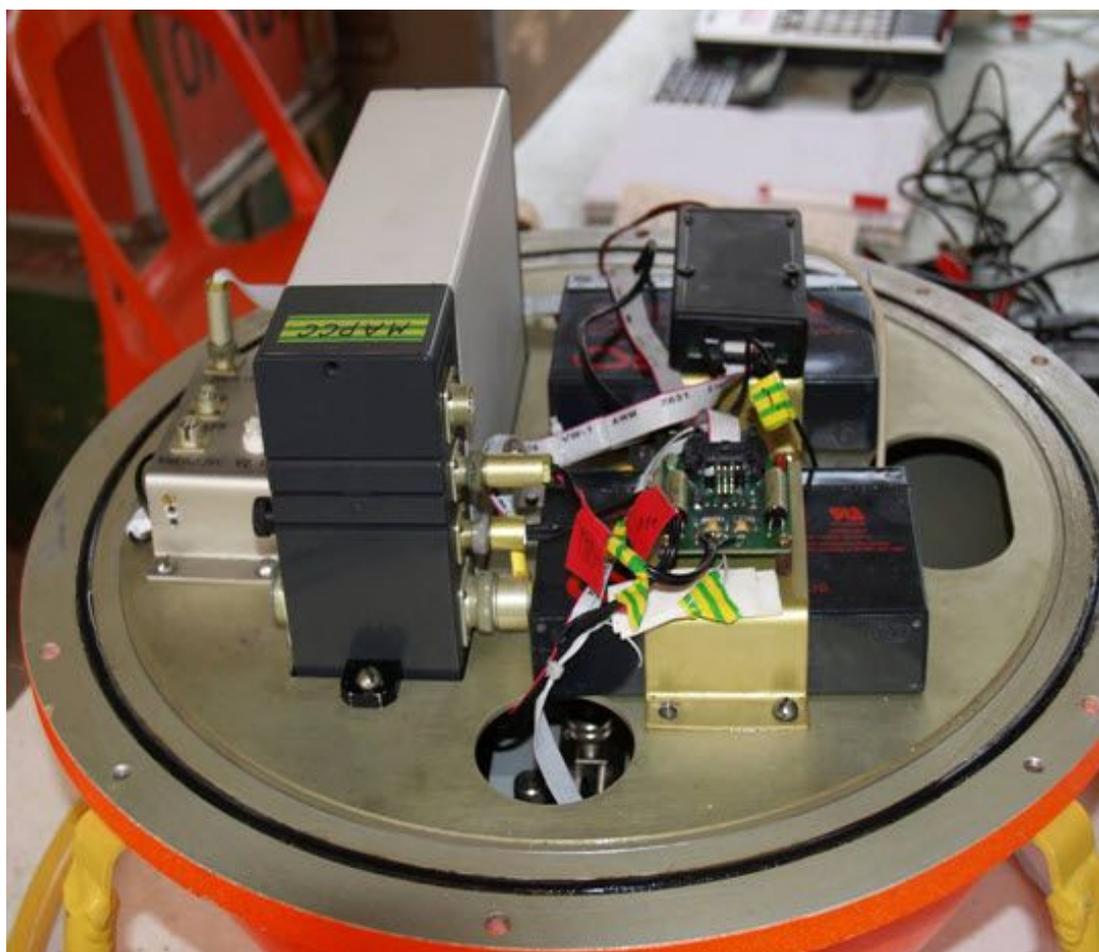


Рис. 3. Общий вид МАРСС со снятой крышкой

Оборудование и методика установки ДС МАРСС на морское дно

Перед каждой постановкой станции (обычно в конце рабочего дня) производилось снятие верхней крышки с целью проверки на возможное наличие влаги. Затем осуществлялся контроль батарей питания и зарядка их при необходимости. За 2-3 часа до постановки производилась привязка станции к всемирному времени, координатам и программирование станции на время старта и длину записи.

Постановки ДС на дно в Голубой Бухте производились у берега с причала вручную и с судна «Ашамба» НПО «Южморгеология» с помощью лебедки и П-рамы. На Азовском море

использовались рыбацкий баркас и моторная лодка (типа «Казанка»).

Предварительно, с помощью эхолота определялся уклон морского дна, глубина в месте предполагаемой установки ДС МАРСС на дно. Затем определялись координаты места установки. Для определения координат мест установки донной станции использовался спутниковый приемник GPS Garmin-276С. Гарантированная точность определения географических координат была не хуже 5 м. Выход НИС¹ в заранее намеченную точку выполнялся с использованием спутникового навигационного приемника GPS. ДС опускалась на дно на составном капроновом буйрепе длиной порядка 400 м; на расстояниях 100 м от конца буйрепа, где был закреплен МАРСС, прикреплялся балластный груз; вся система укладывалась на дно, а к свободному концу буйрепа крепился сигнальный буй и опускался в воду. По возможности осуществлялся визуальный контроль установки ДС МАРСС. Постановка станции с балластным грузом на буйрепе была необходима для максимальной защиты ДС от рывков сигнального буя, которые могут передаваться на прибор, особенно в штормовую погоду.

Подъем ДС осуществлялся в обратном порядке: поднимался сигнальный буй, выбирался основной буйреп, балластный груз, и, затем, донная станция (рис. 4).

Постановка ДС в нормальную погоду, как правило, занимала не более 30 минут, без учета времени подхода, подъем ДС выполнялись в течение не более 45 минут.

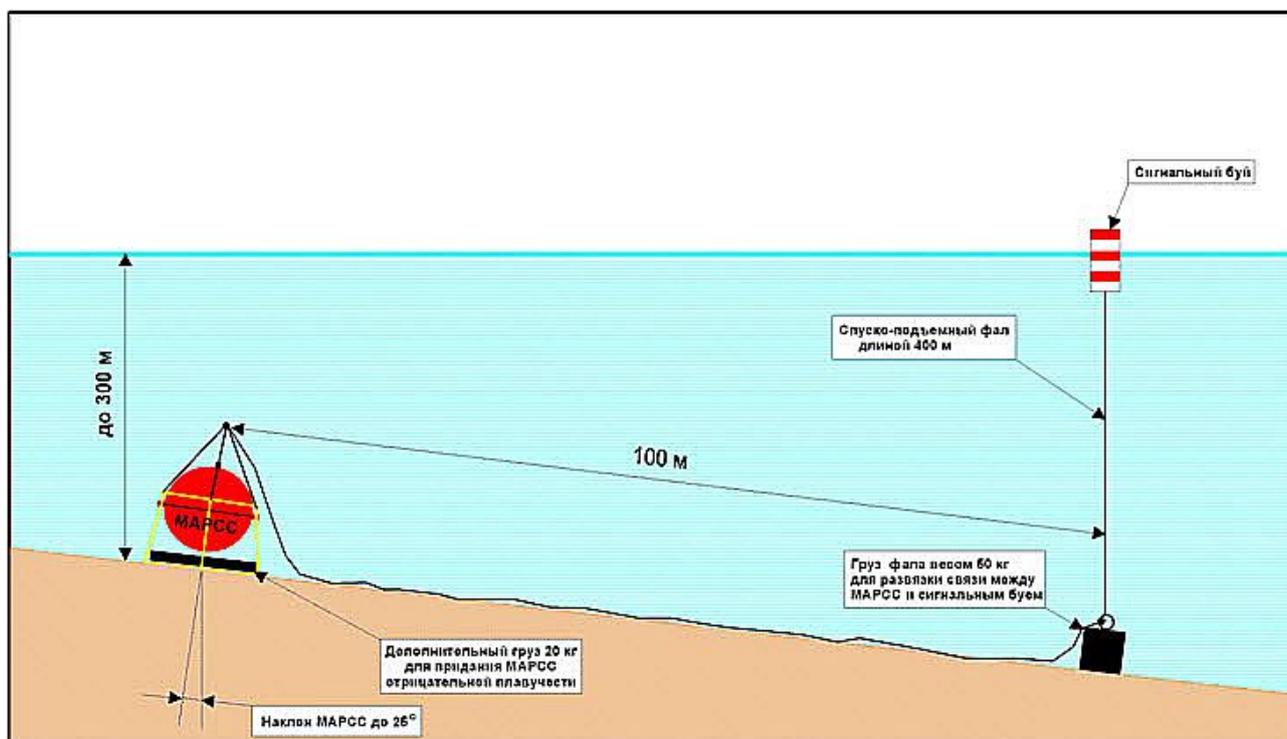


Рис. 4. Схема расположения МАРСС на морском дне

¹ НИС – научно-исследовательское судно

Испытания МАРСС в Голубой Бухте

Первая серия испытаний ДС МАРСС была выполнена на Черном море в Голубой Бухте на базе Института океанологии РАН. Основной целью испытаний являлась проверка работоспособности МАРСС в условиях установки ее на суше и на морском дне, а также в условиях различной зашумленности. Было выполнено 4 постановки ДС МАРСС в точках TST001, TST002, TST003 и TST004 (рис. 5 - 7).



Рис. 5. Карта-снимок с точками испытаний донной станции МАРСС на берегу и на морском шельфе Черного моря

Постановка в точке TST004 в 2 км от берега на глубине приблизительно 100 м не отмечена на карте, т. к. оказалась неудачной вследствие начавшегося шторма. Сильный ветер не дал возможности стабилизировать судно на точке во время спуска ДС МАРСС на дно, что привело к опрокидыванию станции при дрейфе судна во время вытравливания остатков фала с грузом и сигнальным бумом. Как следствие запись оказалась испорченной (рис. 8).



Рис. 6. Фото точки TST002



Рис. 7. Фото точки TST003

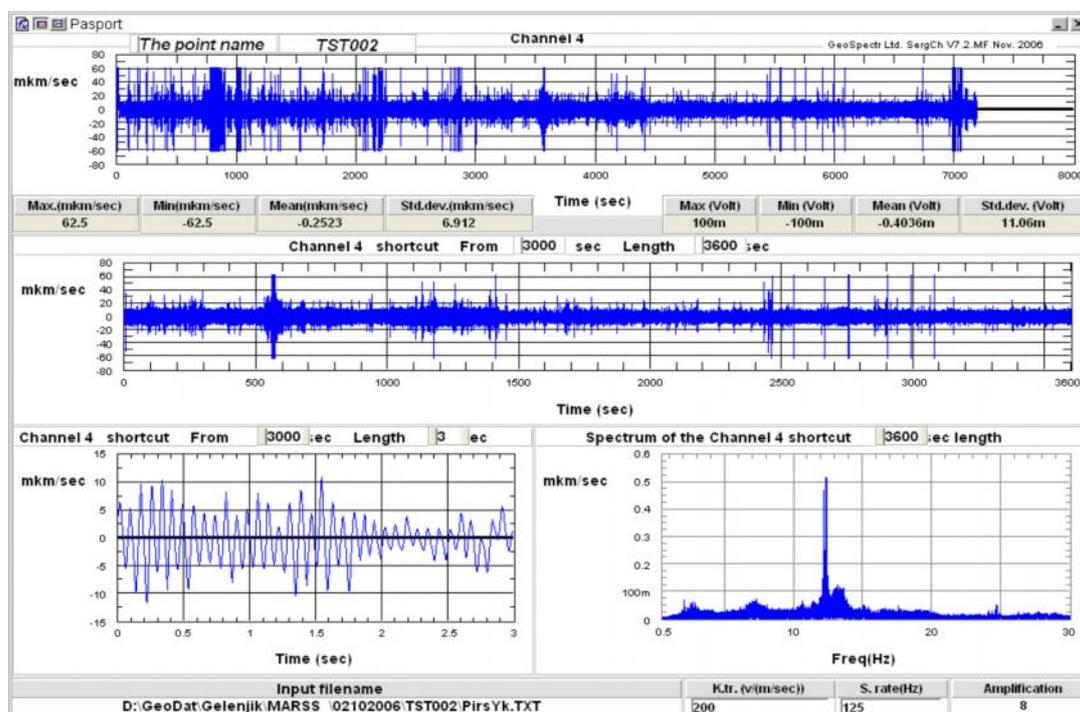


Рис. 8. Паспорт первичной обработки записи МАРСС в точке TST004

Видно, что автоматика отработала штатно, запись была произведена, но средний уровень микросейсмического фона, зафиксированный лежащим на боку датчиком, оказался примерно в 20 раз ниже ночного фона на суше (рис. 9). Однако даже в этой ситуации чувствительности датчика СМ-ЗКВ 1 хватило, чтобы зафиксировать шум прибойной волны с частотой ~ 1 Гц и шум винта судна ~ 12.5 Гц.

Запись точки TST001 была осуществлена на бетонном полу механического цеха Института океанологии РАН в ночное время с 23.00 по 24.00. Станция отработала штатно. Средний уровень фона 2 мкм/сек (рис. 9). На море был штиль, поэтому гармоник прибойной волны не наблюдается. Гармоника ~25 Гц связана с работой механизмов в цехе.

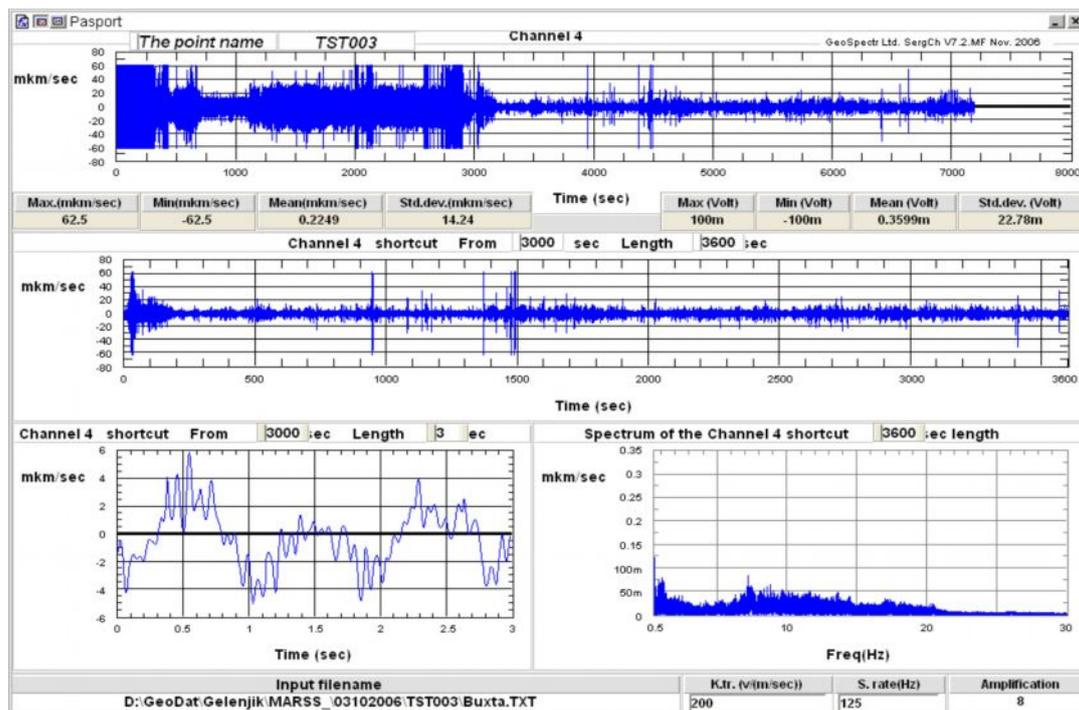


Рис. 9. Паспорт первичной обработки записи MAPSS точке TST001

Первая подводная запись в точке TST002 рядом с причалом в Голубой Бухте была осуществлена в дневное время. Глубина в точке – около 7 м. Средний уровень фона - 6.9 мкм/сек (рис. 10). На море был штиль, поэтому гармоник прибойной волны не наблюдалось. Гармоника ~ 12.5 Гц связана с работой дизеля судна, стоявшего у причала. Наблюдалось также большое число помех, связанных с движением судов и машин у причала.

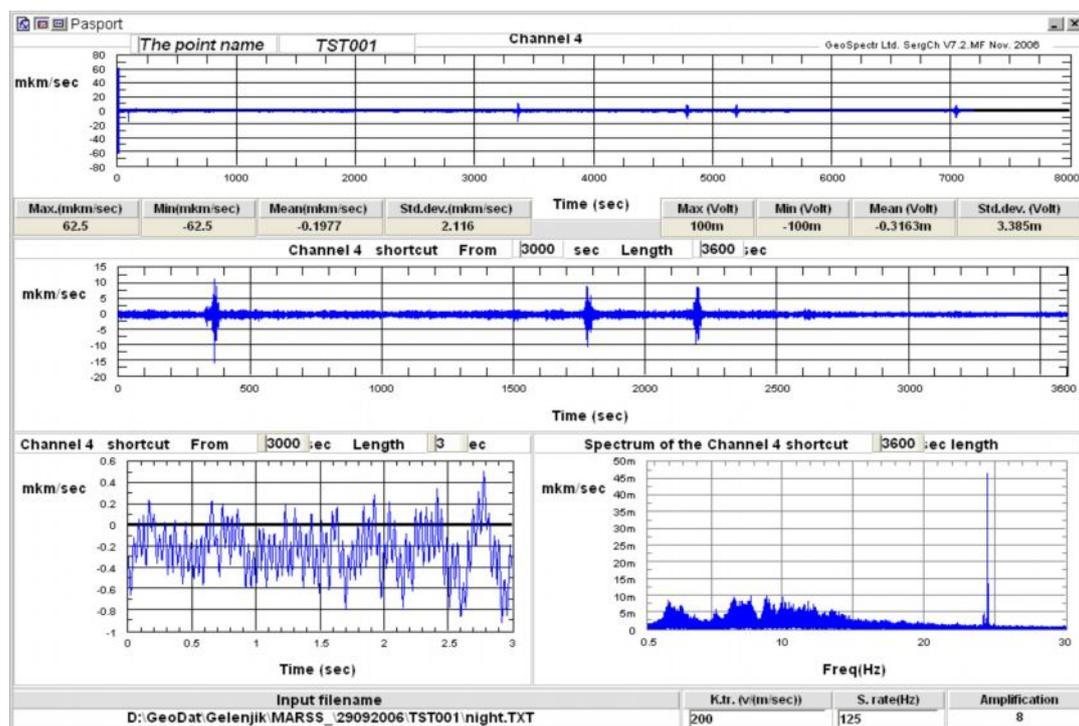


Рис. 10. Паспорт первичной обработки записи MAPSS в точке TST002

Запись в точке TST003 в 50 м от причала в Голубой Бухте была осуществлена также в дневное время. Глубина в точке - около 7 м. Средний уровень фона - 14.2 мкм/сек (рис. 11). На море было волнение 1-2 балла, поэтому наблюдались гармоники прибойной волны. В начале записи наблюдался также значительный уровень шума, связанный с подходом и отходом пассажирского теплохода к причалу, поэтому в спектральную обработку была взята только вторая половина записи.

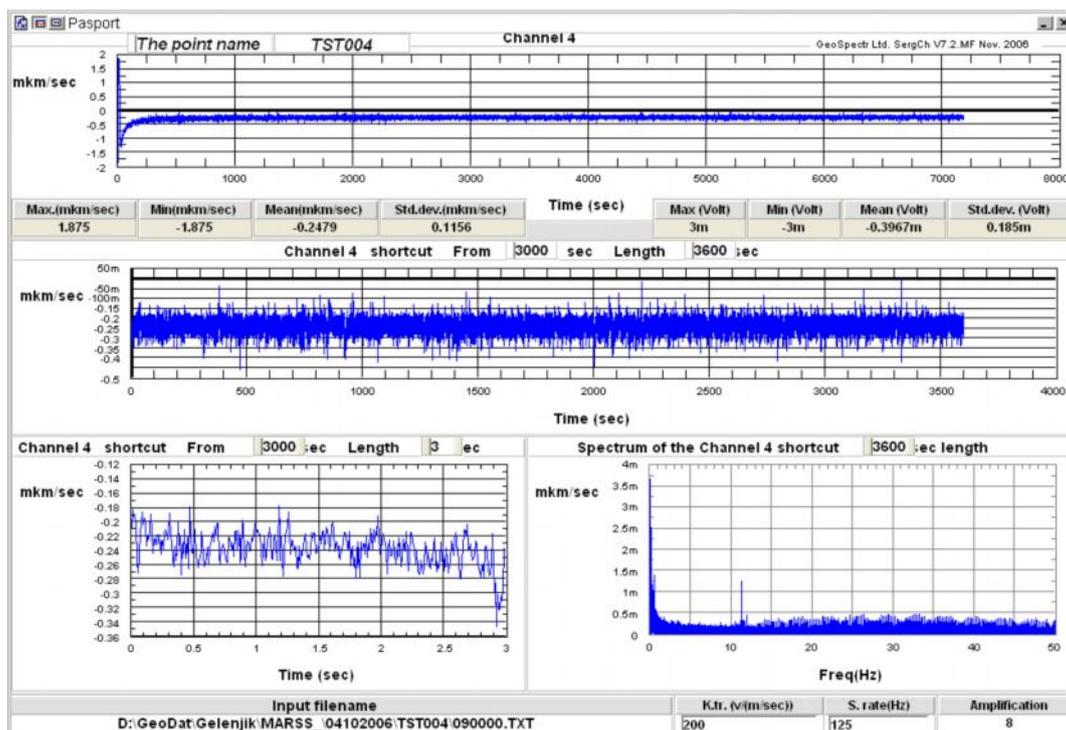


Рис. 11. Паспорт первичной обработки записи МАРСС в точке TST003

Выводы

Проведенные работы показали, что донная станция МАРСС соответствует характеристикам, заявленным в технической спецификации. Практически все записи были выполнены без сбоев и с высоким качеством.

Испытания подтверждают, что донная станция МАРСС является удобным и надежным инструментом для проведения работ на морском шельфе по изучению микросейсмического волнового поля, что может быть использовано для изучения структуры разреза осадочного чехла морского дна и поиска в нем залежей углеводородов и газогидратов.

Литература

Гинсбург Г.Д., Иванов В.Л., Соловьев В.А. Гидраты природного газа в недрах Мирового Океана //Нефтегазоносность Мирового Океана. - Л.: ПГО "Севморгеология", 1984. - С. 141-158.

Гинсбург Г.Д., Соловьев В.А. Субмаринные газовые гидраты. - СПб.: ВНИИОкеанология, 1994. - 199с.

Ефремова А.Г., Гритчина Н.Д. К вопросу о роли газогидратов в формировании газопроизводящих отложений //Методы оценки нефте- и газоматеринского потенциала седиментитов: Тез. докладов (семинар МГУ, 25-26 декабря 1979 г.). – М.: МГУ, 1979. - С.72-73.

Соловьев В.А., Гинсбург Г.Д., Теленев Е.В. Криогеотермия и гидраты природного газа в недрах Северного Ледовитого океана. - Л.: ПГО "Севморгеология". - 1987. - 150 с.

Init. Repts. DSDP. V.66. Washington DC, 1981.

Init. Repts. DSDP. V.67. Washington DC, 1982.

Kvenvolden K.A., McMenamin M.A. Hydrates of natural gas: a review of their geological occurrences //US Geological Survey Circular. - V.825. – 1980. - 11 p.

Рецензент: Левченко Дмитрий Герасимович, доктор технических наук.

Bashilov I.P., Chervinchuk S.Yu., Ledenev V.V., Makarov K.E., Belov S.V., Zubko Yu.N.
EDBOE, Moscow, Russia okb@edboe.ru edboe-ras@mtu-net.ru

TECHNICAL CHARACTERISTICS AND RESULTS OF TESTING THE SEA BOTTOM AUTONOMOUS REGISTRAR OF SEISMIC SIGNALS FOR SEARCHING HTE POOLS OF HYDROCARBONS AND GAS HYDRATES

Description of a prototype of the Sea Bottom Autonomous Registrar of Seismic Signals (MARSS) and the results of its testing in natural conditions are presented. This registrar is designed for microseismic researches on the sea bottom, particularly in transitional zones with a depth to 300 m, for the purpose of searching the pools of hydrocarbons and in the future - gas hydrates.

Key words: *microseismic researches, passive seismics, sea bottom, gas hydrates, hydrocarbons, experimental sample, bottom station MARSS, equipment, method of installation, microseismic wave field, structure of sedimentary cover sequence, visual control over installation.*

References

Ginsburg G.D., Ivanov V.L., Solov'ev V.A. Gidraty prirodnogo gaza v nedrah Mirovogo Okeana //Neftegazonosnost' Mirovogo Okeana. - L.: PGO "Sevmorgeologiâ", 1984. - S. 141-158.

Ginsburg G.D., Solov'ev V.A. Submarinnye gazovye gidraty. - SPb.: VNIIOkeanologiâ, 1994. - 199s.

Efremova A.G., Gritčina N.D. K voprosu o roli gazogidratov v formirovanii gazoproizvodâših otloženij //Metody ocenki nefte- i gazomaterinskogo potenciala sedimentitov: Tez. dokladov (seminar MGU, 25-26 dekabrâ 1979 g.). – M.: MGU, 1979. - S.72-73.

Solov'ev V.A., Ginsburg G.D., Telepnev E.V. Kriogeotermiâ i gidraty prirodnogo gaza v nedrah Severnogo Ledovitogo okeana. - L.: PGO "Sevmorgeologiâ", 1987. - 150 s.