

Пояснительная записка к данным, форматам и оборудованию НИС «Академик Николай Страхов» Геологического института РАН

Структура данных

- 1. Навигация** – данная папка содержит полную посекундную навигацию
- 2. Формат SimRad EM3000** – первичные данные многолучевой батиметрии в универсальном формате SimRad EM3000 (*.all) в архивированном виде.
- 3. Формат ESRI объединенный** – данные многолучевой батиметрии в формате ArcGIS
- 4. Формат SGY сонарной моды эхолота** – данные об интенсивности звука по лучам эхолота, записанные в форме временной зависимости (сонарная мода).
- 5. Формат SGY профилографа** – данные высокочастотного профилографа EdgeTech 3300
- 6. Формат SGY сейсмического профилирования** – данные непрерывного сейсмического профилирования (высокочастотный одноканальный вариант)
- 7. Данные геотермических исследований**
- 8. Данные донного пробоотбора**

1. Навигация

Сбор навигационной информации для научных целей в экспедиции осуществлялся с помощью дифференциального GPS приемника TRIMBLE DSM-132. Первичные NMEA данные регистрировались интегрированной системой эхолота с введением соответствующих поправок за смещение антенн эхолота относительно положения GPS. Параллельно навигация выводилась посекундно в файл с «плоской» текстовой структурой для использования в других приложениях и методах. Ниже приведен пример записи:

```
07 08 28, 06 46 33, 6856.291992,N, 3301.633789,E, 242.00,    00.19,   322.08,    0.00
07 08 28, 06 46 34, 6856.291992,N, 3301.633789,E, 223.40,    00.21,   322.08,    0.00
```

Структура записи следующая:

Год, Месяц, Число, Час, Минута, Секунда (Гринвич), Широта DegMin.XXX, Долгота DegMin.XXX, Курс GPS, Скорость GPS, Гирокурс, Глубина по навигационному эхолоту (не включена)

Str28-2011.dbf – таблица с прореженными до 1 минуты данными для оформления подписей при загрузке в ArcGIS

Str28-2011.dxf – полный трэк рейса по прореженным 1 минутным точкам

Str28-2011.xls - таблица с прореженными до 1 минуты данными для оформления лэйблов при загрузке в ArcGIS в формате XLS.

Str28-2011.prj – файл спецификации проекции для ArcGIS.

Str28.rar – архив с полными данными с посекундной навигацией.

По дням – архивы с полными данными с посекундной навигацией, разбитые на суточные интервалы.

2. Многолучевая батиметрия

2.1. Описание мелководного эхолотного комплекса RESON-AS Seabat 8111.

На НИС «Академик Николай Страхов» в 2005 г. была установлена и введёна в эксплуатацию гидроакустическая система картирования океанского дна фирмы Reson-AS (Дания), прошедшая испытания в 23 рейсе НИС «Академик Николай Страхов» (январь–апрель 2006 г.).

Система картирования океанского дна включает в себя:

- программно-аппаратный комплекс SeaBat, включающий в себя многолучевые эхолоты SeaBat 8111 (мелководный) и SeaBat 7150 (глубоководный);
- GPS, сенсоры движения и гирокомпас, объединенные в приборе OCTANS;
- датчик скорости звука у антенн эхолотов SVP-70;
- программного пакета сбора и обработки данных -- PDS 2000;
- внешний датчик для измерения скорости звука в водной толще -- SVP-30 (диапазон измерений до глубины 2000 м.)
- Высокочастотный профилограф EdgeTech 3300 с сигналом типа CHIRP.

Табл.1.1.

Мощности излучения в комплексе РЕСОН на НИС «Академик Николай Страхов»

№	Устройство	Диапазон акустической мощности (дБ от 1 мПА на 1 м)	Эффективный угол по лучу или трассе	Частота излучения	Количество лучей	Диапазон глубин (м)
1	Профилограф EdgeTech 3300	0-212 дБ	20°	2-16 кГц	1	10-Full range
2	Seabat 7150 глубоководный эхолот	0-236 дБ	2.0°	12.5 кГц	256	100-Full range
3	Seabat 8111 мелководный эхолот	0-220 дБ	1.5°	100 кГц	101	10-500

В рамках проведения приемных испытаний приемно-излучающих систем глубоководного и мелководного многолучевых эхолотов в условиях тихой погоды и максимального отключения посторонних акустических излучателей, а также судовых механизмов и агрегатов был измерен уровень шумов (данные приведены в таблице 1.2).

Табл. 1.2

Уровень шумов НИС «Академик Николай Страхов»

Скорость (узлы)	Мелководный SeaBat 8111 (100kHz)	Глубоководный SeaBat 7150 (12kHz)
	Уровень шума [dB re 1μPa//1m]	Уровень шума [dB re 1μPa//1m]
0	0.35	0.20
2	0.80	1.00
4	1.00	0.70
6	1.00	1.30
8	1.80	1.30
10	2.20	2.00
12	2.30	2.50

По итогам измерения судно признано акустически пригодным для работы с гидроакустическими системами картирования океанского дна 2 и 3 специальных классов по международной классификации ИНО. Наиболее благоприятным для проведения съемки признан режим работы в диапазоне скоростей от 2 до 8 узлов.

Система SeaBat 8111 представляет собой многолучевую эхолокаторную систему диапазона 100 кГц, измеряющую относительные глубины по широкому ($до 150^{\circ}$) сектору обзора перпендикулярно направлению движения судна. Расстояние до дна является функцией времени прихода отраженного сигнала и скорости звука в воде. Оцифровка отраженного сигнала происходит с высокой частотой, обеспечивающей высокое разрешение по дальности. Максимальный диапазон по дальности составляет 1400 м. Система **SeaBat 8111** освещает сектор морского дна в 150° вкрест движения судна и $1,5^{\circ}$ вдоль. Сектор состоит из 101 луча размером $1,5^{\circ} \times 1,5^{\circ}$ каждый при разрешении по детальности при определении дна равном 3,7 см. Ширина луча вдоль трассы может быть дискретно изменена от $1,5^{\circ}$ до 6° с шагом $1,5^{\circ}$. Излучающая и гидрофонная секции головки гидролокатора установлены в днище судна.

Настройки системы (мощность излучаемого сигнала, длина импульса излучения – пинга, количество пингов в секунду, килевая и бортовая стабилизация луча) контролируются оператором через гидролокаторный процессор.

Заявленные технические характеристики:

**Табл. 2.
Эхолот SeaBat 8111, характеристики приема-передачи**

Рабочая частота гидролокатора	100 кГц
Ширина луча поперек трассы	1.5° центральный луч
Ширина луча вдоль трассы	$1.5^{\circ}, 3.0^{\circ}, 4.5^{\circ}$ или 6.0° (выбирается оператором)
Килевая стабилизация луча	остается вертикальным для килевой качки $\pm 15^{\circ}$
Число горизонтальных лучей	101
Разрешение по дальности	3.7 см (на всех диапазонах дальности)
Полоса охвата	150°

**Табл. 3.
Эхолот SeaBat 8111, Полоса обзора дна**

Глубина дна в метрах	Ширина полосы обзора в метрах
от 0.5 до 150	до 1110 ($7.4 \times$ глубины)
200	840 ($4.2 \times$ глубины)
300	810 ($2.7 \times$ глубины)
400	800 ($2.0 \times$ глубины)
500	500 ($1.0 \times$ глубины)
600	300 ($0.5 \times$ глубины)

Система SeaBat 7150 -- глубоководный многолучевой эхолот излучает акустический сигнал диапазона 12 кГц в широком секторе (150°) перпендикулярно направлению движения судна. Приемная и передающая антенны гидролокатора расположены Т-образно в гондоле, приваренной к корпусу судна. Антенны собираются из отдельных модулей, обеспечивающих разную ширину луча эхолота. На НИС «Академик Николай Страхов» установлены антенны из 6 передающих и 6 приемных модулей, обеспечивающие ширину луча 2° .

Заявленные технические характеристики:

**Табл. 4
SeaBat 7150, характеристики приема-передачи**

Рабочая частота гидролокатора	12 кГц
Ширина луча поперек трассы	2° при 12 кГц в матрице 6x6
Ширина луча вдоль трассы	$1.5^{\circ}, 3.0^{\circ}, 4.5^{\circ}$ или 6.0° (выбирается оператором)
Бортовая стабилизация луча	остается вертикальным для бортовой качки $\pm 20^{\circ}$

Бортовая качка	Плоское дно Те же линии Те же скорости Встречные галсы (желательно - более 90 гр.)
Килевая качка	Склон или характерные черты Те же линии Те же скорости Встречные галсы (желательно - более 90 гр.)
Рыскание	Склон или характерные черты Промежуток между галсами Те же скорости

Табл. 8
Результаты калибровок мелководного и глубоководного эхолотов.

	запаздывание	бортовая качка	килевая качка	рысканье
8111	0.0	0.17	-1.53	-0.2
7150	0.0	0.3	-1.27	0.9

Следует отметить, что данные, полученные в экспедиции и при проведении морских испытаний, соответствуют первоначально заявленным характеристикам эхолота при заключении контракта на покупку. Соответствие гидрографическим классам 2 и 3 достигается при отбраковке 15% краевых лучей, что осуществляется практически всегда и во всех системах картирования, где краевые лучи обеспечивают избыточность покрытия.

2.2. Система сбора и хранение данных

Сбор, визуализация и обработка данных многолучевого эхолота осуществляются в программе PDS2000, являющегося разработкой RESON-AS, и поставляемого вместе с аппаратным комплексом. Пакет PDS2000 позволяет производить сбор данных и последующую их обработку «полного цикла», то есть из «сырых» данных можно получить на выходе готовую карту с полным оформлением, без использования программ сторонних производителей.

Полученные данные хранятся в формате **pds**, который является разработкой RESON-AS. Он является самодостаточным и содержит описание всех необходимых параметров позиционирования системы и ее показателей. В среде приложений, связанных со сбором и обработкой многолучевой батиметрии существует формат **Simrad EM3000 (*.all)**, который де-факто признан промышленным стандартом для этого типа данных. В PDS2000 включена опция Импорт/Экспорт по этому формату в свои обрабатывающие модули.

Папка **Формат SimRad EM3000** содержит файлы данных мелководного эхолота Seabat 8111 и глубоководного эхолота Seabat 7150, сохраненные в этом формате и заархивированные WinRAR.

3. Формат ESRI объединенный

Формат ESRI объединенный – папка содержит покрытия многолучевой батиметрии в формате ArcGIS, являющиеся результатом обработки первичных данных в формате SimRad EM3000 (см. выше). Обработка проводилась для данных двух видов – одиночных галсов и полигонного покрытия (см.рис.1). Одиночные галсы дают возможность строить карту рельефа дна с масштабом 1:10000 в полосе вдоль галса шириной около 1 км. Комбинация нескольких галсов формирует полигон, на котором отчетливо видны борозды выпахивания дна айсбергами и другие особенности рельефа дна.

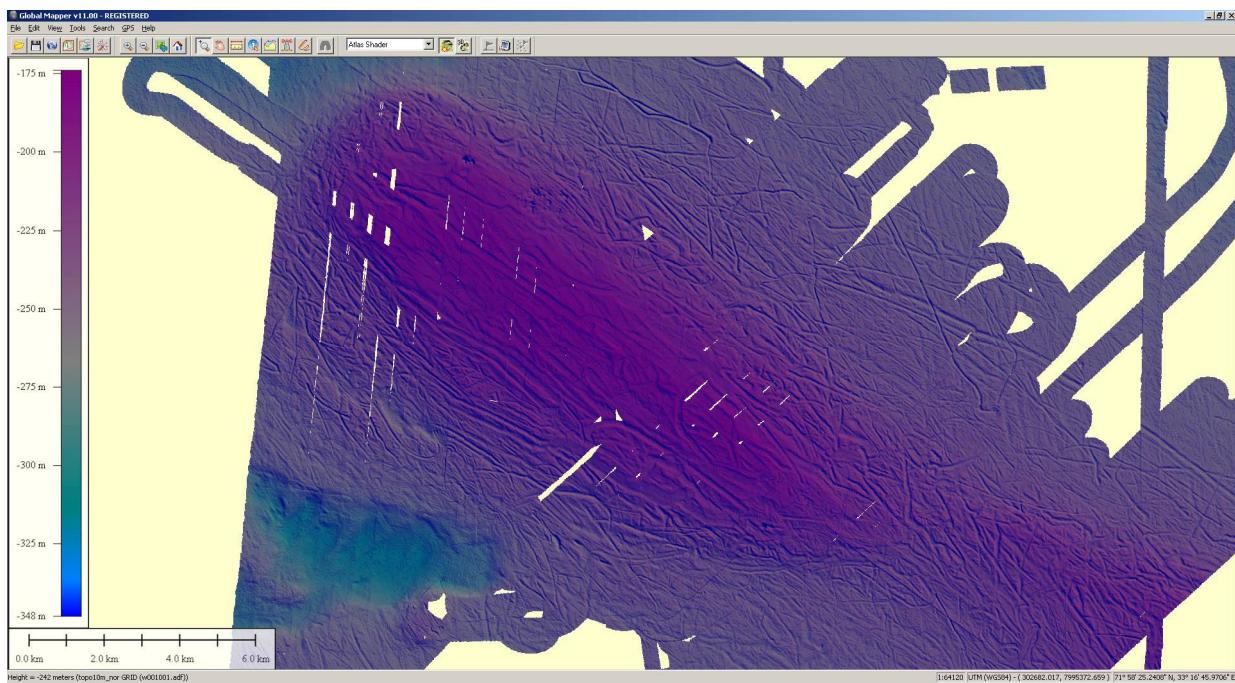


Рис.1. Оттененный рельеф дна полигонной съемки.

Координатное пространство, в котором проводился расчет покрытий - UTM37 на датуме WGS1984. Шаг грида для мелководного многолучевого эхолота 100 кГц на глубинах до 200 м при съемке 2 гидрографического класса равен 10 м. При данной глубине и ширине полосы около от 800 до 1400 м эхолот успевает сделать приблизительно 1.5 пинга в секунду. При скорости движения судна 8 узлов (4 м\сек) на интервал 10 м будет приходиться от 3 до 4 детекций дна вдоль курса движения. При расчете грида, таким образом, вероятность появления интерполированных значений в большей части полосы крайне мала. На ячейку 10x10 метров приходится более 1 значения, что делает результат расчета покрытия достоверным. Алгоритм расчета, применявшийся при расчетах – Inverse Distance: осреднение с расстоянием от узла грида в качестве весовой функции. При расчете узлов, обеспеченных более чем одним измерением, фактически узлу будет присвоено среднее значение в заданных пределах. При отсутствии точек в пределах ячейки грида, будет проводиться интерполяция с весом на ближайшую точку измерения. Для глубоководного эхолота, временно применявшегося в районе работ при неполадках мелководного, шаг по гриду был выбран 20м.

Глубоководный 7150/topo20m-rus – покрытие съемки на сетке 20 м сочетающее одиночные и полигонные галсы на погруженном шельфе (в глубоководных условиях от 50 до 200 м).

Мелководный 8111/topo10m-rus - покрытие съемки на сетке 10 м сочетающее одиночные и полигонные галсы.

4. Формат SGY сонарной моды эхолота

Формат SGY сонарной моды эхолота – папка содержит архивированные файлы SGY, полученные при экспорте данных об интенсивности звука по лучам эхолота, записанных в форме временной зависимости (сонарная мода) (рис.2). Суммирование зарегистрированного акустического поля, по которому проводится детекция глубин по многолучевой системе, проводится вдоль радиусов равных времен по двум секторам левого и правого бортов. Таким образом, из полного акустического поля эхолота, по которому формируются от 100 до 256 лучей для детекции глубин, формируется «сонарная» выборка в виде временных последовательностей для всего двух секторов, которые записываются в формат SGY. При этом в файл пишется значение огибающей

5. Высокочастотный профилограф

На НИС «Академик Николай Страхов» установлен непараметрический профилограф EdgeTech 3300 (США), предназначенный для картирования строения верхней части осадочного чехла (50-100 метров) с высоким разрешением (от 1 до 0.1 метра). Профилограф вмонтирован в гондолу (рис. 4), приваренную к днищу судна и содержащую остальное акустическое оборудование.



Рис. 4. Гондола, несущая зaborное акустическое оборудование.

Профилограф имеет максимальную апертурную модификацию приемно-излучающей матрицы: 5x5, обеспечивающей на частоте 4.5 кГц эффективную ширину диаграммы направленности около 20° (рис.5).



Рис. 5. Основная часть приемно-излучающей матрицы датчиков 5x5.

Управление работой профилографа полностью осуществляется с наборного компьютера и силового блока: включение системы осуществляется одной кнопкой. (рис.6)



Рис. 6. Управляющий бортовой компьютер и силовой блок.

Заявленные технические характеристики профилографа выглядят следующим образом (табл. 9.).

Табл. 9. Технические характеристики профилографа.

Frequency Range	2-16 kHz		
Pulses (user selected)	2-16 kHz, 2-12 kHz, 2-10 kHz		
Vertical Resolution (depends on pulse selected)	6-10 cm		
Penetration (typical)			
In coarse calcareous sand	80 meters		
In clay	6 meters		
Beam Width	Array Size	4.5 kHz Center Frequency	6 kHz Center Frequency
	2 x 2	40°	33°
	3 x 3	30°	25°
	4 x 4	24°	20°
	5 x 5	20°	17°
Calibration Options	A system can be calibrated for reflection coefficient measurements 4 kW amplifier, lower frequency arrays		

Specifications subject to change without notice.

Для обеспечения максимальной глубины проникновения в был выбран вариант работы с частотно-модулированным сигналом от 2 до 6 кГц (центральная частота 4 кГц) и длительностью 40 миллисекунд. Такие параметры обеспечивают глубину проникновения в осадочный чехол около 50-70 метров при наличии разреза глинистых неконсолидированных осадков. Всего существует семь режимов работы профилографа, выбор которых зависит от поставленных задач. Большая часть из них предназначена для сугубо мелководных задач.

Зарегистрированное волновое поле визуализируется на дисплее в виде огибающей (расчет после преобразования Гильберта) но в файл данных записывается полное знакопеременное поле. Файл данных имеет формат JSF, который можно перевести в формат SEGY с помощью специальных конвертеров. Поэтому данные профилографа можно дообработать в RadExPro или другой среде, ориентированной на сейсмические данные.

Применение профилографа с эффективной диаграммой направленности 20° приводит к появлению дифрагированных волн-спутников от неоднородностей акустического фундамента и делает запись менее четкой при картировании дна без осадочного чехла. Однако, это положение может быть исправлено за счет процедур сейсмической миграции.

Компьютер профилографа синхронизируется с потоком GPS, OCTANS (система динамического позиционирования) и запуском эхолотной системы. Профилограф зависит от потока времени, координат, датчиков движения судна и импульсов запуска эхолота в случае внешней синхронизации. Если все параметры соответствуют этим настройкам можно активизировать сбор.

На рисунке 7 показан образец записи с вертикальным разрешением (плотностью) около 12 отражений на 10 м, что соответствует разрешению около 80 см. Поскольку в таблице характеристик разрешение указано только для максимально высокочастотного диапазона и минимальной длительности импульса, которые мы не использовали при съемке, мы можем сравнить это значение с заявленным только поделив его на два (за счет отличающейся в два раза центральной частоты сигнала) и поделив его на 5 (итого в 10 раз) за счет разной длительности сигнала. Получается цифра 8 см, что соответствует заявленному значению для высокочастотных диапазонов. Поскольку для нашей рабочей частоты разрешение не заявлено, будем считать, что оно такое, какое должно быть исходя из общих физических соображений.

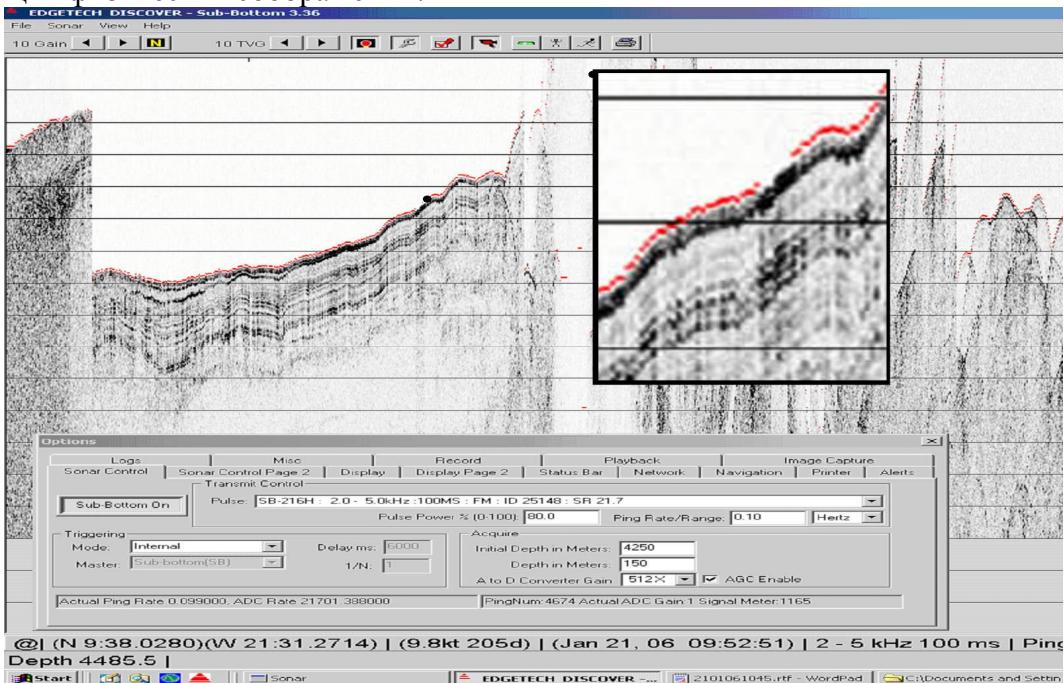


Рис. 7. Образец записи, демонстрирующий реальное вертикальное разрешение ПР при работе в режиме 2-5 кГц. Цена деления вертикальной шкалы – 10м.

Неузкая диаграмма направленности имеет некоторое преимущество по сравнению с параметрическими профилографами – она собирает большую часть сигнала и лучше фиксирует как рассеянные волны, способные нести дополнительную информацию о среде, так и обеспечивает лучшую коррелируемость осадочных горизонтов особенно на больших глубинах.

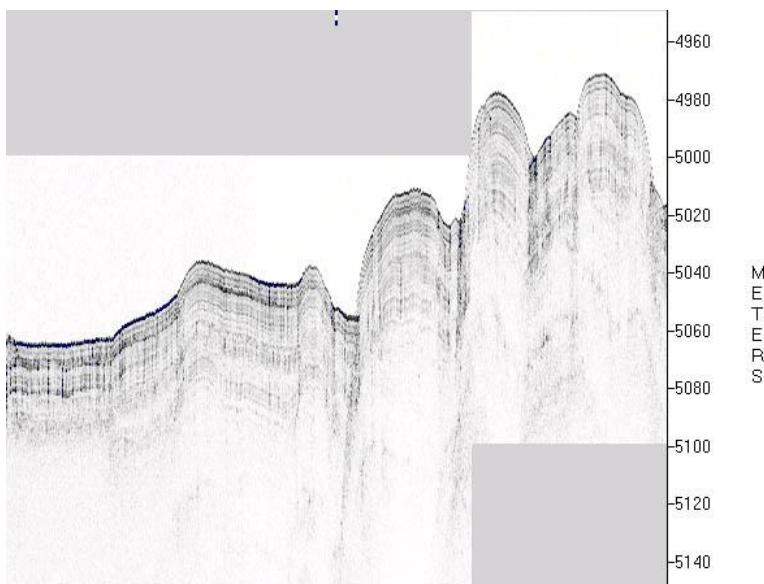


Рис. 8. Образец записи, демонстрирующий реальное проникновение ПР по осадкам при работе в режиме 2-5 кГц.

Рассмотрим фактическую характеристику профилографа по проникновению в осадочный чехол. Из рис.8 видно, что заявленные 80 метров достигаются, а местами при благоприятных литологических условиях проникновение достигает 120 метров при глубинах воды 5000 метров. Таким образом, реальные характеристики профилографа соответствуют заявленным, и позволяют получать кондиционный материал для интерпретации процессов осадконакопления в мелководных и глубоководных условиях при скоростях работы судна до 10 узлов. Реальная ситуация с глубинностью метода в основном зависит от характера разреза: если разрез глинистый проникновение будет хорошим, при увеличении песчанистости, обломочного материала или магматических образований проникновение сильно уменьшается и может сойти до нуля.

Папка **Формат SGY профилографа** содержит архивные RAR-файлы с разрезами в SGY формате. Имена файлов начинаются с префикса из 8 цифр по маске ММДДЧЧММ и далее порядкового номера профиля.

Заполнение заголовков трасс в файлах SGY (кроме стандартных, обязательных для воспроизведения разреза) проведено следующим образом:

- Байт 01 – int4(целое номер трассы)
- Байт 61 – int4(Х координата UTM37 метры с долями*10)
- Байт 65 – int4(Y координата UTM37 метры с долями*10)
- Байт 69 – int2(масштабный фактор для полей с 53 по 68 байты)
- Байт 71 – int2(масштабный фактор для полей с 73 по 88 байты)
- Байт 73 – int4(Х координата LON.XXX градус с долями *10000)
- Байт 77 – int4(Y координата LAT.XXX градус с долями *10000)
- Байт 157 – int2(год)
- Байт 159 – int2(юлианский день)
- Байт 161 – int2(час GMT)
- Байт 163 – int2(минута GMT)
- Байт 165 – int2(секунда GMT)

6. Непрерывное сейсмическое профилирование

6.1. Пневматический источник (ГИН РАН, Россия).



Рис. 9. Пневмоситочник сейсмических волн, собранный на базе буксируемого стабилизатора (Фото - Соколов С.Ю., 2000)

Основной объем непрерывного сейсмического профилирования (НСП) на НИС «Академик Николай Страхов» выполняется с группой пневмоизлучателей (ПИ) ПСК-75 (Ефимов, 1992, 1998, 2002, 2003) с типоразмерами рабочих камер 0.5 л и 1 л, собранных в рабочее состояние на базе буксируемых стабилизаторов (см. Рис.9).

Разработаны и изготовлены 3 типоразмера излучателей со сменными камерами: ПСК25, ПСК45, и ПСК75 соответственно с диаметрами выхлопного окна 25, 45, и 75 мм. (прототип: излучатель фирмы «PAR BOLT»). Излучатели рассчитаны на работу с рабочим давлением до 200 атм. и с объемами рабочих камер от 15 см³ до 1 л. Все излучатели позволяют производить их безопасный ввод в эксплуатацию непосредственно под водой в рабочем положении. Основные параметры излучателя ПСК75:

- диаметр выхлопного окна - 75 мм;
- объемы сменных рабочих камер, л.: 0.125, 0.25, 0.5, 1.0;
- диапазон рабочих давлений: 30-200 атм.;
- задержка запуска: в пределах 9-12 мсек.
- разброс момента запуска: менее 0.4 мсек.;
- глубина буксирования 4-7 м.;

Кривая давление-время и амплитудный спектр для излучения одиночного пневмоизлучателя с объемом камеры 1 л. при давлении 60 атм. погруженного на глубину 6 м вместе с сигналом-спутником косы на той же глубине показан на рис.10.

Обычно при исследованиях в открытом океане используется синхронная группа из 2-х излучателей ПСК75 с объемами по 0.5 л, буксируемых с обоих бортов судна с полной автономией каждого из них и работающих при давлении 80-100 атм на глубине 5-6 м с периодом запуска 6-12 сек.

На судне стационарно установлены 2 отечественных электрических компрессора ЭК-7.5-3 производительностью 12.8 л/мин (200 атм.) и 2 английских электрических компрессора 4TH20A производительностью 4.5л/мин (150 атм). Все выходы компрессоров высокого давления объединены трубопроводами в систему, питающую 2 сферических ресивера высокого давления суммарным объемом 2000 л. из которой сжатый воздух может быть подан в лабораторию и или на кормовую палубу.

Для стабилизации рабочего давления применены редукционные клапаны высокого давления. При работе в условиях холодной погоды (высокие широты), для исключения замерзания конденсата, разработан и предложен нагреватель сжатого воздуха и изготовлены оригинальные соединения шлангов высокого давления без изменения их проходного сечения.

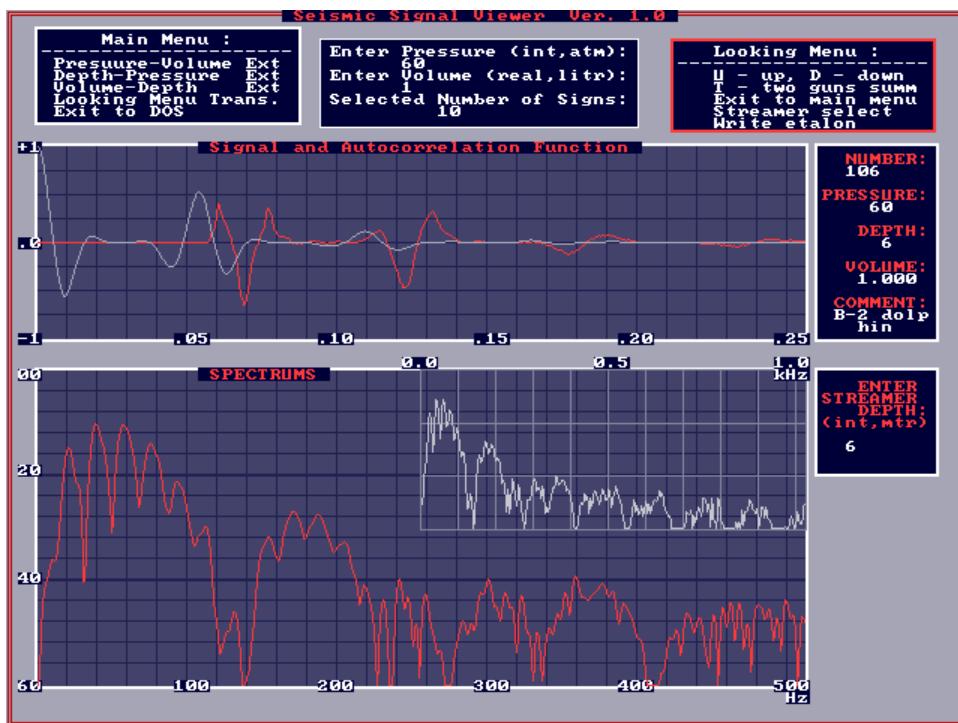


Рис. 10. Сигнал, функция автокорреляции и спектр ПИ при рабочих параметрах съемки.

6.2. Электроискровой источник СОНИК-4МЗ (ЗАО «НПП ЛЕНАРК», Россия).

Источник СОНИК-4МЗ состоит из следующих частей:

- Блок высоковольтного возбуждения
- Блок емкостного накопителя
- Высоковольтная магистраль
- Электроискровой излучатель
- Кабель синхронизации.

Электроискровой излучатель типа «СПАРКЕР» выполнен из отрезков высоковольтного провода, припаянных к шине, соединенной с центральной жилой коаксиального кабеля высоковольтной магистрали. В качестве второго электрода используется отрезок медного экрана, соединенного с экраном коаксиального кабеля высоковольтной магистрали.

Блок высоковольтного возбуждения SM4.012.000 конструктивно представляет собой каркас кубической формы размерами 430x430x480мм, который закрыт съемными дюралевыми стенками. В передней стенке блока установлена дверца с механическим запором, за которой находится панель управления и панель коммутации. К выводам на панелях подключаются дополнительные блоки накопительных конденсаторов и высоковольтная магистраль с электроискровым излучателем.

Устройство работает следующим образом: переменное напряжение 220В от бортовой сети судна через сетевой шнур подается на блок высоковольтного возбуждения, далее оно повышается с помощью высоковольтного трансформатора и через высоковольтные выпрямители (диоды) производится зарядка накопительных конденсаторов. Максимальное напряжение заряда накопительных конденсаторов 5 ± 0.5 кВ. Затем накопленное на конденсаторах напряжение импульсом запуска подключается к центральной жиле высоковольтной магистрали, которая непосредственно связана с излучателем (спаркером), на котором происходит разряд.

Максимальное время непрерывной работы источника составляет не более 8 часов и определяется износом излучателя (спаркера) в зависимости от излучаемой энергии. По мере износа отрезки высоковольтного кабеля подрезаются, так чтобы концы электродов

были оголены, после чего можно снова приступать к работе. В таблице 10 приведены параметры рабочих режимов источника сигналов.

Таблица 10. Максимальные выходные напряжения источника сейсмических сигналов.

Обмотки	Напряжение	Энергия	Излучатель
	Утр.	Uc	
5 – 7	742 В	2080 В	320 Дж
7 – 11	1018 В	2860 В	610 Дж
5 – 9	1484 В	4180 В	1300 Дж
5 – 11	1760 В	4960 В	1830 Дж

Вместе с дополнительным блоком емкостного накопителя суммарная энергия составляла 3000 Дж, разряд которой происходил на излучатель из 5 электродов.

6.3. Приемная система

Регистрация сигналов производилась 6-ти канальной сейсмической станцией СОНИК-4М-6. Она предназначена для приёма и регистрации упругих колебаний в воде, отраженных от дна и границ осадочных слоёв, возбуждаемыми электроискровыми, электродинамическими, пневматическими или другими источниками упругих сейсмических колебаний.

Станция состоит из набортного блока «М143-6» (рис. 11 и 12) регистрации и управления, 6-ти канальной приемной сейсмической косы с пьезокерамическими сейсмическими приёмниками и предварительными усилителями SM4.014.001, и персонального компьютера. Набортный блок состоит из канального набортного усилителя и блока АЦП. Блок схема сейсмостанции представлена на рис.13.

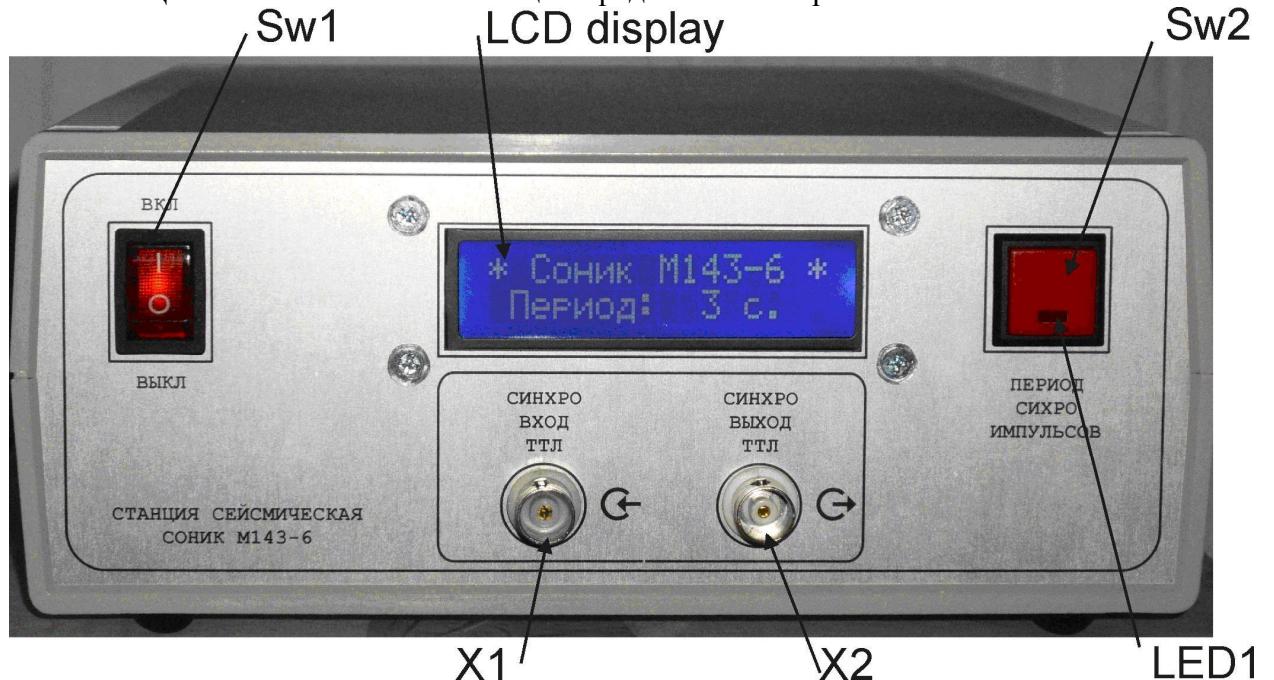


Рис.11. Передняя панель набортного блока сейсмостанции СОНИК-4М-6

На передней панели набортного блока расположены:

- Ж.К. дисплей – индикатор периода запуска,
- «ВКЛ / ВЫКЛ» (SW1) -выключатель питания сети,
- «Период синхро импульсов» (SW2) – кнопка переключения периода запуска со светодиодом индикатора запуска - «LED1»

- «СИНХРО-ВХОД» (X1) и «СИНХРО-ВЫХОД» (X2) BNC гнезда входа внешнего запуска и выхода внутреннего запуска TTL,

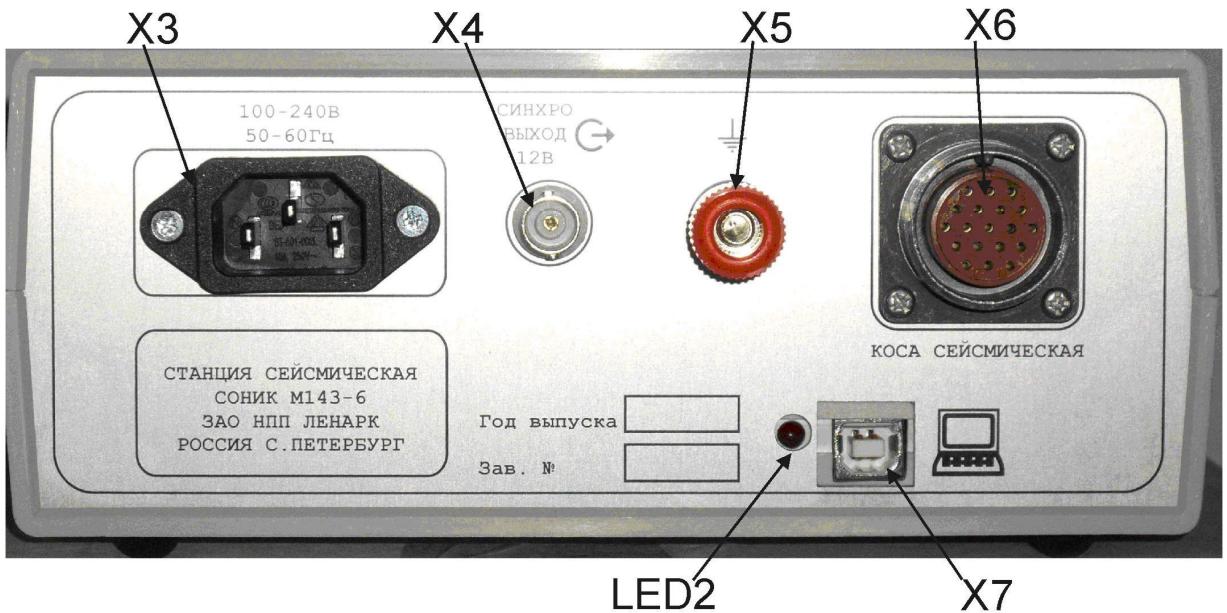


Рис. 12. Задняя панель набортного блока сейсмостанции СОНИК-4М-6

На задней панели набортного блока расположены:

- «100 – 240В» (X3) – стандартный разъем шнура питания,
- «Синхро выход 12В» (X4) - BNC Разъем выхода запуска,
- «Коса сейсмическая» (X6) - разъем кабеля сейсмической косы,
- “USB” (X7) –цифровой выход АЦП/ЦАП,
- “USB”(LED2) – индикатор выхода USB.

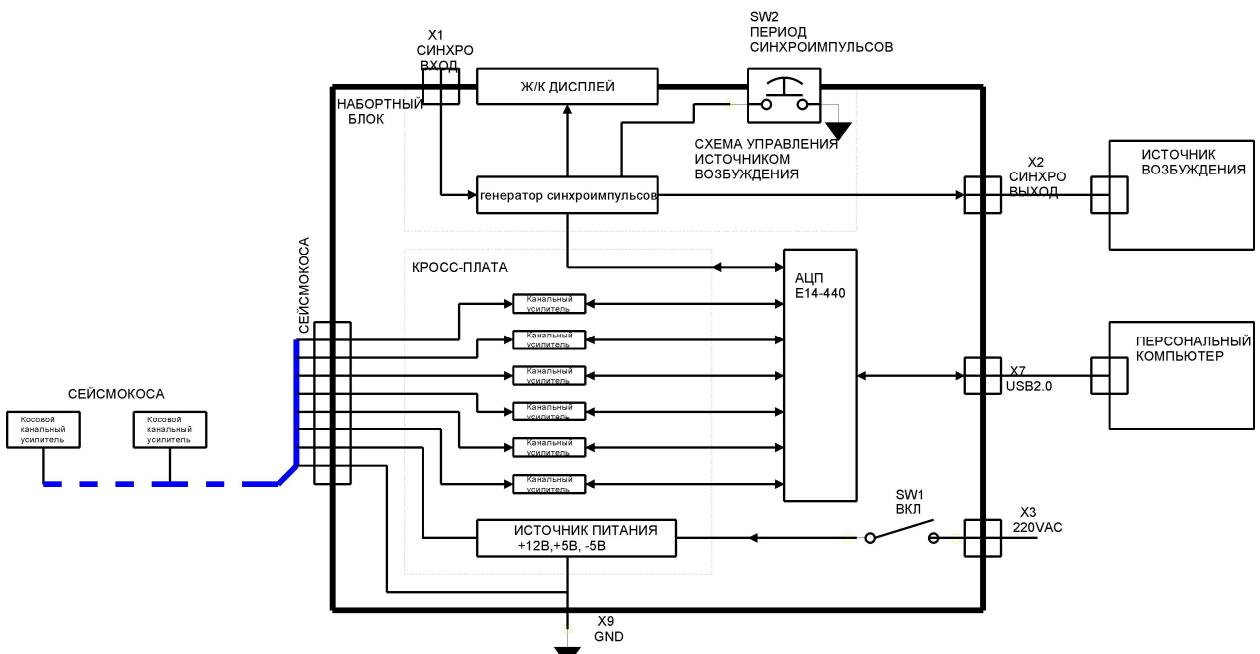


Рис. 13. Блок схема сейсмической станции СОНИК-4М-6

Спуск-подъем сейсмокосы осуществляется сейсмической гидравлической лебедкой (рис.14), стационарно установленной на корме судна, с полным съемом несущего кабеля с барабана лебедки и подсоединением его к сейсмостанции в помещении лаборатории. Буксирование сейсмокосы осуществляется с выносом из кильватерной струи с помощью стационарных поворотных выстрелов правого или левого борта по специальной схеме,

обеспечивающей «нежесткое» крепление к судну для избегания помех-вибраций. Коса закреплена на буксировочном кабеле в полиуретановой оболочке с 8 витыми парами и кевларовой груzonесущей нитью, рассчитанной на нагрузку не более 350кг.

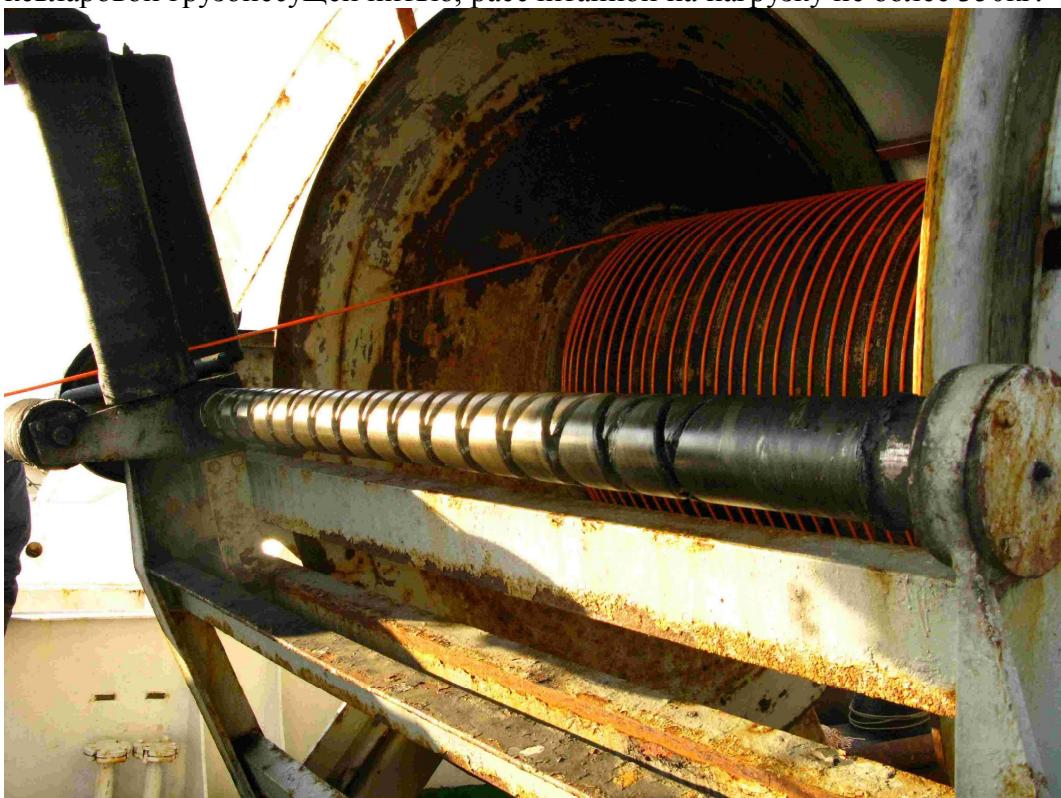


Рис. 14. Сейсмическая гидравлическая лебедка.

Таблица 11.Общие характеристики сейсмической косы.

Длина косы	30±0,5 метров
Диаметр косы	32±3 мм
Активная длина косы	27,35±0,5 метров
Материал оболочки	двуслойный армированный поливинилхлорид
Длина буксирного кабеля	150(200) метров
Количество жил / витых пар	16 / 8
Количество групп (приемных каналов)	6
Количество датчиков в группе (канале)	4
Расстояние между датчиками в группе	0,1 ±0,01метра
Расстояние между группами (каналами)	5,0±0,25 метра

6.4. Методика и параметры сейсмоакустической съемки

Съемка проводилась при скорости судна 6-7 узлов, поскольку такая скорость при частоте излучения 5 сек обеспечивает приемлемое соотношение сигнал/шум и эффективное перекрытие зон Френеля и, как следствие, достаточную коррелируемость границ осадочной толщи. Диапазон ожидаемых глубин в районе работ (от 200 до 400 м) и использование максимальной мощности комплекса требующей длительного времени зарядки конденсаторов, определили период излучения источника равным 5 секундам. Система отснятых галсов закладывалась из расчета получения первичной рекогносцировочной информации для района работ. В случае полигонных наблюдений галсы закладывались перпендикулярно структурам дна с шагом, необходимым для

сплошного покрытия дна полосой съемки многолучевого эхолота с небольшим (около 10 %) перекрытием.

При основной частоте спектра излучения 150 Гц для спаркера и средней глубине дна 300 метров диаметр первой зоны Френеля составляет около 75 метров. Это означает, средняя эффективная отражающая площадка от трассе к трассе имеет перекрытие около 80 %, что обеспечивает приемлемую коррелируемость разреза при наличии осадочного чехла.

Визуализации сейсмических трасс в реальном времени проводилась с помощью программы Sonic M143-6 производства фирмы ЗАО«НПП Ленарк» (Санкт-Петербург) на дисплее ноутбука в заданном временном окне (рис. 15).

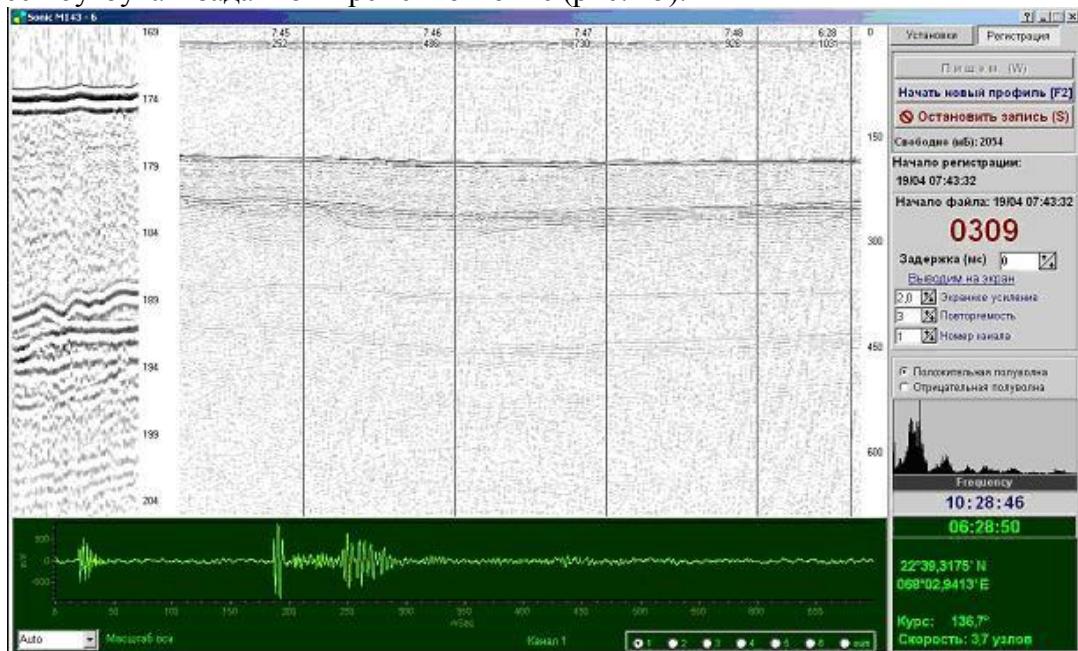


Рис.15. Визуализация сейсмических данных в программе Sonic M143-6.

Программа имеет возможность просматривать запись с каждого канала отдельно или выводить сразу сумму по всем каналам. Для корректной визуализации текущего сейсмического разреза можно изменять параметр интенсивности, растяжения, закрашиваемую полярность сигнала. В окне «регистрация», в нижней его части, располагается окно спектра сигнала выводимого канала.

Во время работы спаркера были выбраны следующие параметры регистрации данных:

1. частота на канал – 2 кГц;
2. длина записи – 1500 мс;
3. полосовой фильтр: high pass (HP) – 10, low pass (LP) – 1000 Гц;
4. усиление (Gain) - 16.

Программа имеет возможность синхронизации записываемых сейсмических и навигационных данных. Во время работы осуществляется сквозная запись потока данных с GPS- приемника в формате NMEA. На панели «регистрация» в зеленом окне идет вывод навигационных данных.

Измерение параметров длин используемого такелажа для последующего расчета геометрии приемно-излучающей системы в координатной зоне UTM37 имеет следующие значения:

- корма - GPS=38м,
- корма – источник (спаркер) – 15 м,
- корма – закреп косы – 10 м,
- длина кабеля от закрепа до начала рабочей секции –152.65 м,

- коса (30 м база, 6 каналов с расстоянием 5 м каждый по 40 см)
- Таким образом могут быть вычислены следующие оффсетные значения:
- GPS-источник – 53 м,
- GPS-первый канал – 201 м, остальные через 5 метров.
- GPS-середина установки взрыв-прибор – 135 метров.

6.5. Первичная обработка сейсмических данных

Первичная обработка сейсмических данных состояла из двух этапов: коррекционной подготовки данных и собственно первичной обработки. Первый этап состоял из введения в данные следующих поправок при помощи программного модуля SGY2SGY-Sonik-01:

- коррекция временных маркеров трасс за сдвиги времени по Гринвичу (GPS-time) относительно судового.
- коррекции юлианской даты.
- ввода навигации с предварительной фильтрацией навигационных значений по медиане, что необходимо для учета флуктуаций антенны GPS.
- введение стационарной временной задержки.
- введение основных оффсетов приемно-излучающей системы (см. ранее) и расчет геометрии в проекционных координатах для каждого канала.

При необходимости профили, разорванные на несколько файлов сшивались с соответствующим расчетом параметра FFID, для непрерывного наращивания его значения вдоль профиля. После осуществления данного этапа формировался массив SEGY файлов со следующей структурой заголовков (цифра – первый байт слова с длиной 4 или 2):

Формат SGY сейсмического профилирования – в папке содержатся архивные RAR файлы с SGY профилями съемки данного рейса после проведенного суммирования каналов на короткой базе.

Двоичный заголовок файла SGY:

fhead(9x4) = шаг квантования
fhead(10x4)= шаг квантования
fhead(11x4)= число отсчетов
fhead(12x4)= число отсчетов
fhead(13x4)=1 (тип чисел: 3 - int2, 2 – int4, 1 - real*4 IBM, 5 - real*4 IEEE)
fhead(151)=1, SEG-Y revision number
fhead(152)=1, N and dt are fixed

Заголовки трасс файла SGY:

Thead(1x4) – сквозной номер трассы
Thead(9x4) – FFID – собственно номер излучения
Thead(13x4) – CHAN – собственно номер канала
Thead(17x4) – поле SP заполненное маской времени ДДЧЧММСС
Thead(21x4) – поле CDP заполненное маской времени ДДЧЧММСС
Thead(71x2) – множитель для проекционных координат в метрах (1)
Thead(73 x4) – X-utm, метры
Thead(77 x4) – Y-utm, метры
Thead(115x2) – число отсчетов
Thead(117x2) – шаг квантования
Thead(157x2) – год
Thead(159x2) – юлианский день (или день в сентябре)
Thead(161x2) – час
Thead(163x2) – минута
Thead(165x2) – секунда

Второй этап обработки состоял из применения следующих модулей в программной среде RadExPro 2011 («Деко-Геофизика», Россия), в которой был собран проект по первичной обработке данных:

- SEGY-input – ввод данных с сортировкой по FFID/CHAN, при которой шумные каналы не вводятся, после предварительного просмотра.
- Trace-output – запись данных во внутреннюю базу RadExPro.
- Trace- input – ввод данных в поток для обработки
- 2D Spatial filtering – медианная фильтрация по 3 трассам для устранения держков
- Bandpass Filtering – полосовая фильтрация, (125-250 Гц для спаркера, 45-125 Гц для ПИ)
- Ensemble Stack – суммирование трасс без NMO поправок (6 каналов на базе 30 метров при глубинах 300 метров и более работают фактически как один канал)
- 2D Spatial filtering – угловое суммирование на апертуре 3x3
- Trace Header Math – расчет широты и долготы в формате Град.XXX для показа на профиле
- Screen Display – визуализация с выводом первичной обработки в ПДФ формат для последующей привязки в ArcGIS.

В дальнейшем график обработки будет дополняться. В данном виде проводится пикирование 1 отражающего горизонта (дно) и запись его в Thead(61x4). После суммирования производится вывод результата в STACK-файл в формате SGY с тем же наполнением заголовков но осредненным значением поля канала. Далее профили можно использовать для обработки и интерпретации в других программных средах.

7. Данные геотермических исследований

Папка **Формат геотермии** содержит данные промеров теплового потока на станциях, помещенные в файл **Strakhov-Arctic-Data.xls**. Техническое описание метода и инструкция к зонду ГЕОС-М в файле геотермические исследования TTR18.doc, содержащем описания прибора на котором было выполнено зондирование и методики пробоотбора. В файле измерения ТП28.xls приведены более подробные результаты работы зонда ГЕОС-М.

8. Данные донного проботбора

Папка **Формат описания станций** содержит общие данные об опробовании дна драгированием, гравитационными трубками и грейфером. Файл характеристика в отчёте рус.doc содержит общее описание станционных работ, файл Coordinates.doc содержит таблицу координат, файл stations_xxi.xls координаты с трансформацией в градусы с десятичной долей. Координаты точек выбраны по возможности на момент касания дна прибором, более подробные эволюции судна можно получить из файла с посекундной навигацией (см. раздел 1).

Папка «КОЛОНКИ» содержит собранные в программной среде CorelDraw 13 фотографии и первичное описание колонок, полученных гравитационными трубками.

Папка «ФОТОГРАФИИ» содержит фотоотчеты по материалам с каждой станции в формате JPG. Частично коллекция образцов находится в Геологическом институте РАН.



Контактная информация:

Геологический институт РАН – дирекция +7(495)9510443.

Соколов Сергей Юрьевич, вns кфмн, sysokolov@yandex.ru, +7(495)9590231 р., +7(926)5675640 м.