ГЕОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК

Комплекс оборудования Геологического института РАН для сейсмопрофилирования на акваториях

С 1986 года по настоящее время в Лаборатории геоморфологии и тектоники дна океанов ГИН РАН создан и успешно применяется комплекс приборов и оборудования для исследования строения осадочного чехла океана методом одноканального непрерывного сейсмического профилирования на НИС «Академик Николай Страхов» и других судах. Разработана и отлажена методика съемки как в переходных зонах, так и в глубоководных частях океана. За 16 лет, в разных природно-климатических условиях (Центральная Атлантика, Тирренское море, Антарктическая акватория) получены профили суммарной протяженностью более 100000 миль. Положение съемок в центральном сегменте Атлантического океана показано на рис.1.

В ГИН РАН разработан, изготовлен и апробирован в океанских экспедициях ряд оригинальных устройств, защищенных патентами Российской Федерации и авторскими свидетельствами СССР.

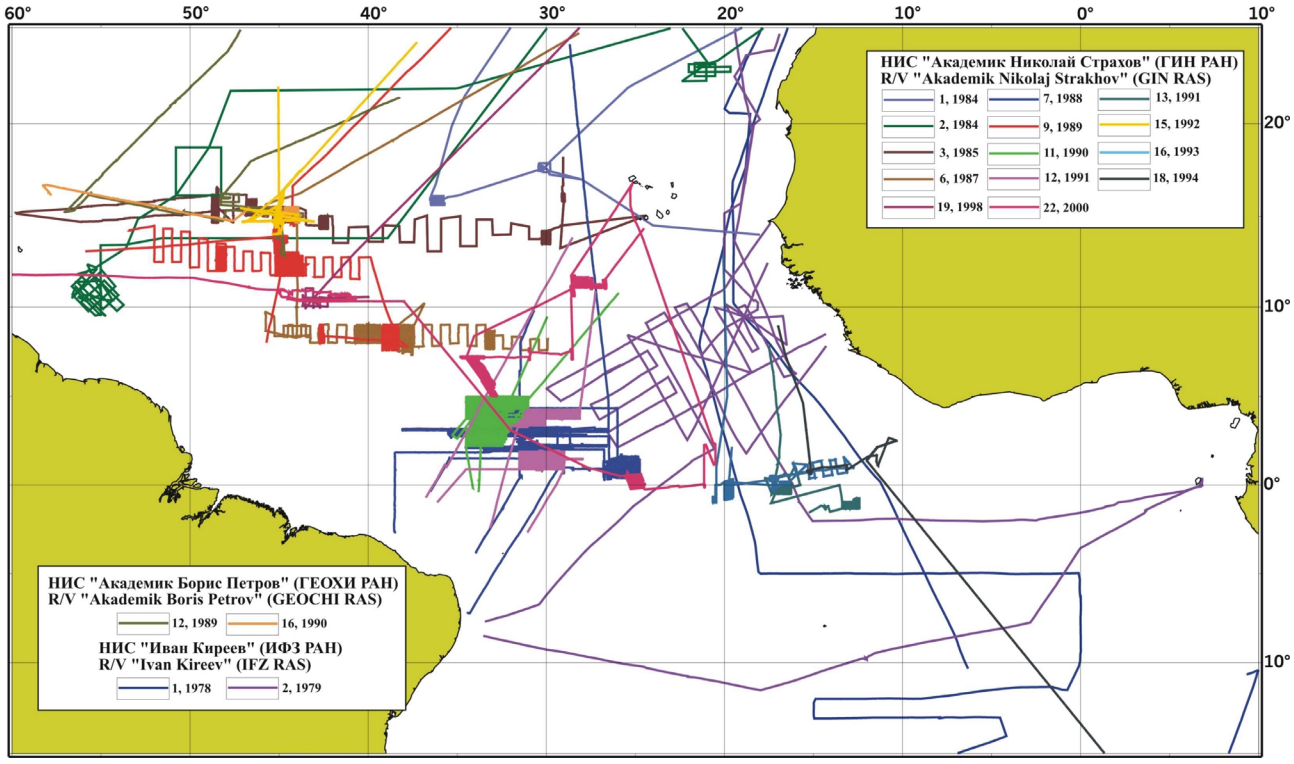

Рис. 1.

Назначение и принцип действия

Одноканальное непрерывное сейсмопрофилирование (НСП) предназначено для проведения рекогносцировочных исследований строения осадочной толщи дна океана методом отраженных волн при нормальном падении луча на полном ходу судна (10 узлов и более). Проникновение по осадкам: до 3 сек (до 4 км), частотный диапазон: 20-500 Гц, разрешение: до 10 мсек, точность синхронизации менее 100 микросекунд (см рис. 2, 3, 4, 5). Обеспечена качественная съемка даже в высоких широтах в штормовую погоду в условиях обледенения корабля. Бесперебойность съемки достигнута благодаря полному независимому резервированию всех основных компонентов системы и применению оригинальных конструкций ее основных элементов. Вся первичная сейсмическая информация хранится на CD-ROM в стандартных цифровых форматах и на термочувствительной бумаге. Обеспечена предварительная обработка цифровой сейсмической информации с применением известных стандартных процедур (коррекция амплитуд, полосовая фильтрация, деконволюция, миграция, преобразование Гильберта и т.д.). Результаты обработки и интерпретации отображаются в пакете RadExPro и могут быть конвертированы в другие пакеты.

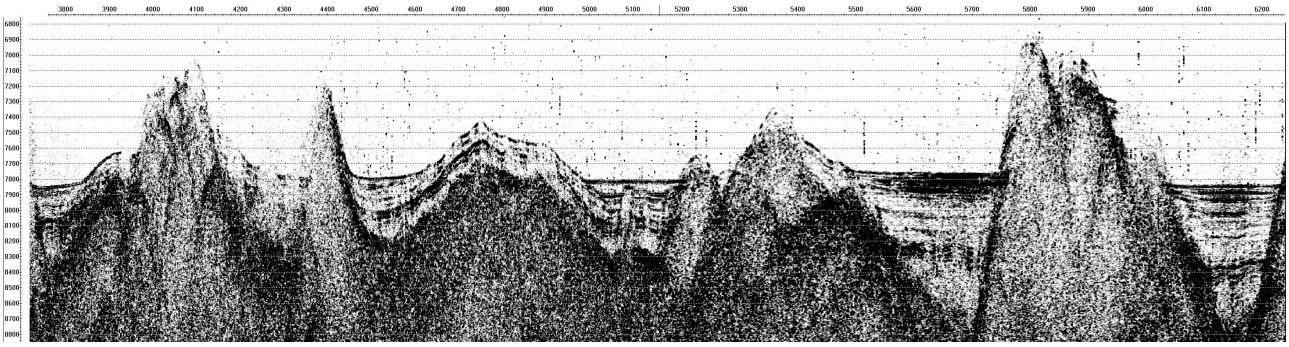

Рис. 2.

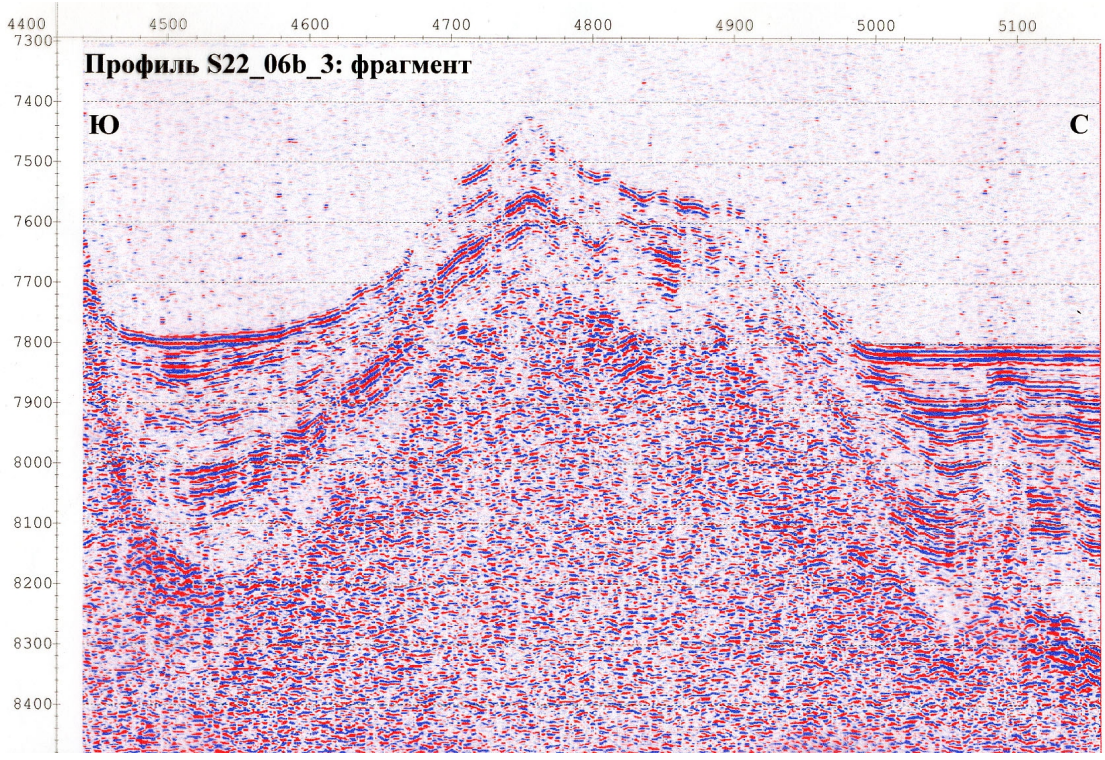

Рис. 3. Фрагмент профиля рис.2.

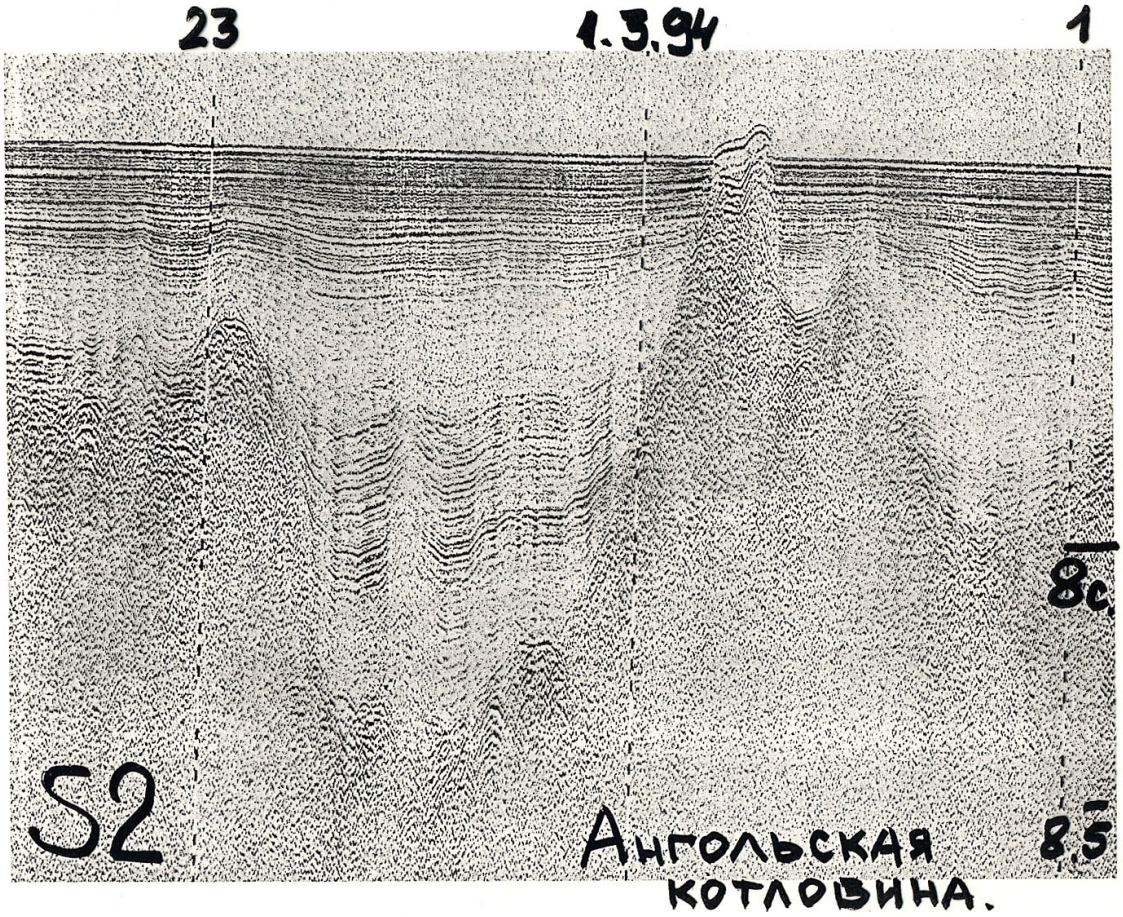
23
1.3.94
1
8с
S2
Ангольская
котловина.
8.5

Рис. 4.

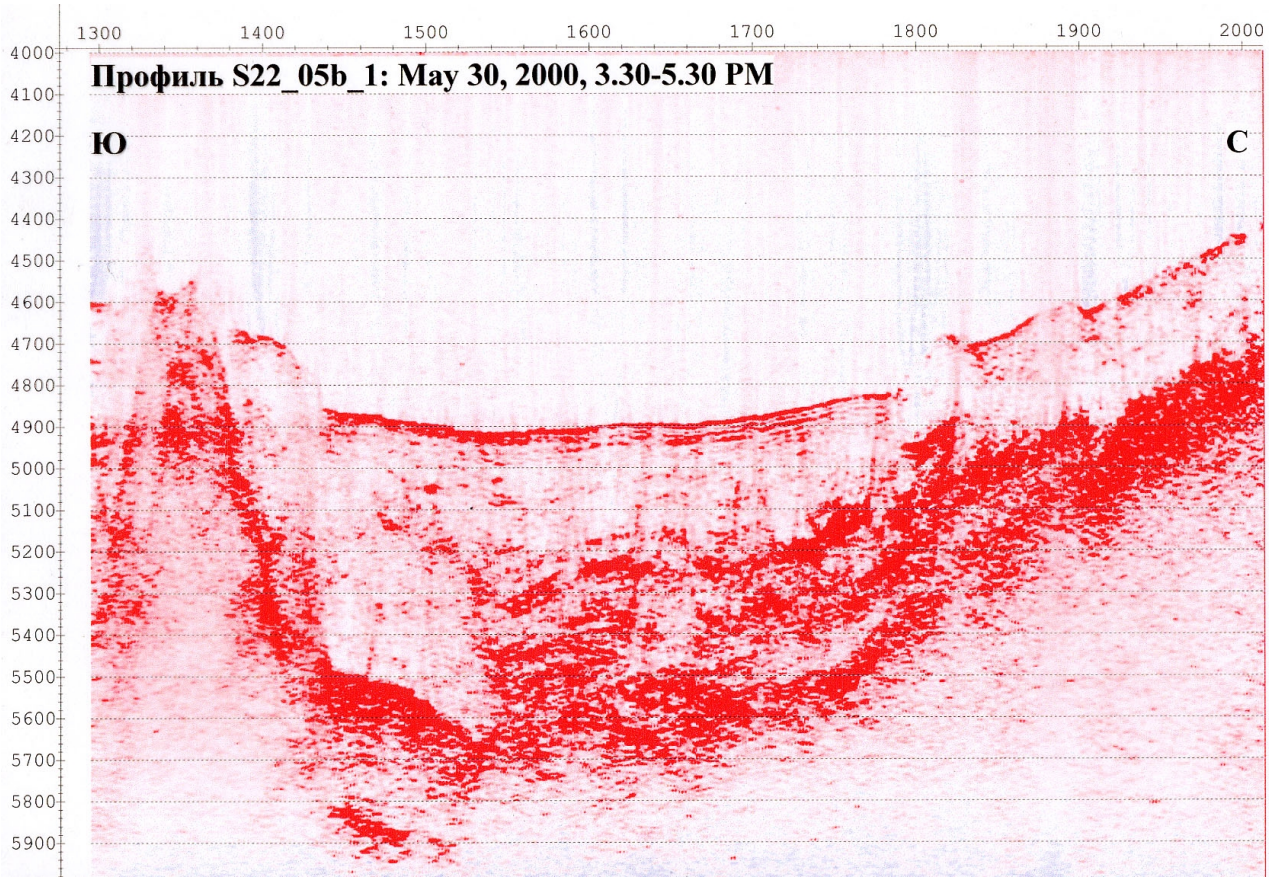
1300
1400
1500
1600
1700
1800
1900
2000
4000
4100
4200
4300
4400
4500
4600
4700
4800
4900
5000
5100
5200
5300
5400
5500
5600
5700
5800
5900
Профиль S22_05b_1: May 30, 2000, 3.30-5.30 PM
Ю
С

Рис. 5.

Система НСП содержит следующие основные компоненты:

- оборудование получения сжатого воздуха высокого давления;
- пневмоизлучатели;
- спуско-подъемное и буксировочное оборудование;
- сейсмические приемные устройства (сейсмокосы);
- приборы, устройства и оборудование для управления и контроля;
- регистрирующие приборы, устройства и программное обеспечение;
- программное обеспечение первичной обработки и интерпретации волнового поля.

Оборудование получения сжатого воздуха высокого давления

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.

Пневмоизлучатели

Возбуждение упругих колебаний в водной среде осуществляется с помощью пневматических сейсмических излучателей в синхронной группе или одним, с резервированием. Разработаны и изготовлены 3 типоразмера излучателей со сменными камерами: ПСК25, ПСК45, и ПСК75 [2, 12] соответственно с диаметрами выхлопного окна 25, 45, и 75 мм. (прототип: излучатель фирмы «PAR BOLT») (см рис.6), Излучатели рассчитаны на работу с рабочим дав-

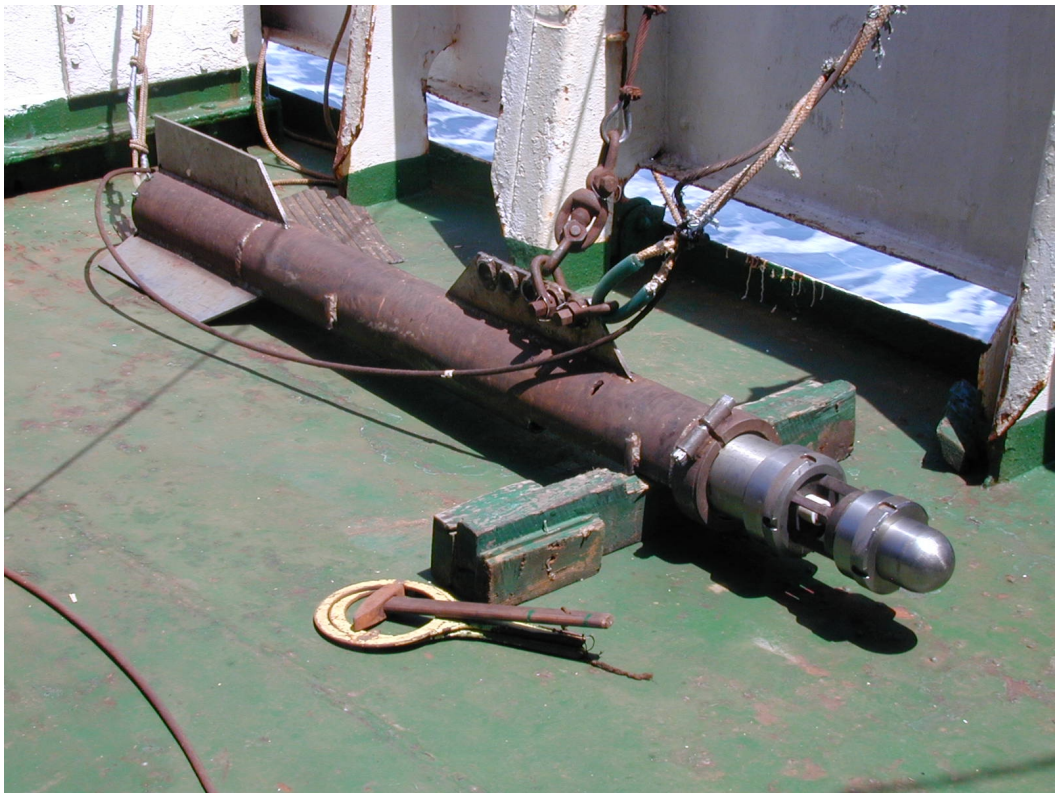

Рис. 6.

лением до 200 атм. и с объемами рабочих камер от 15 см^3 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, автокорреляция и амплитудный спектр для излучения одиночного пневмоизлучателя с объемом камеры 0.5 л. при давлении 100 атм. погруженного на глубину 6 м показан на рис.7.

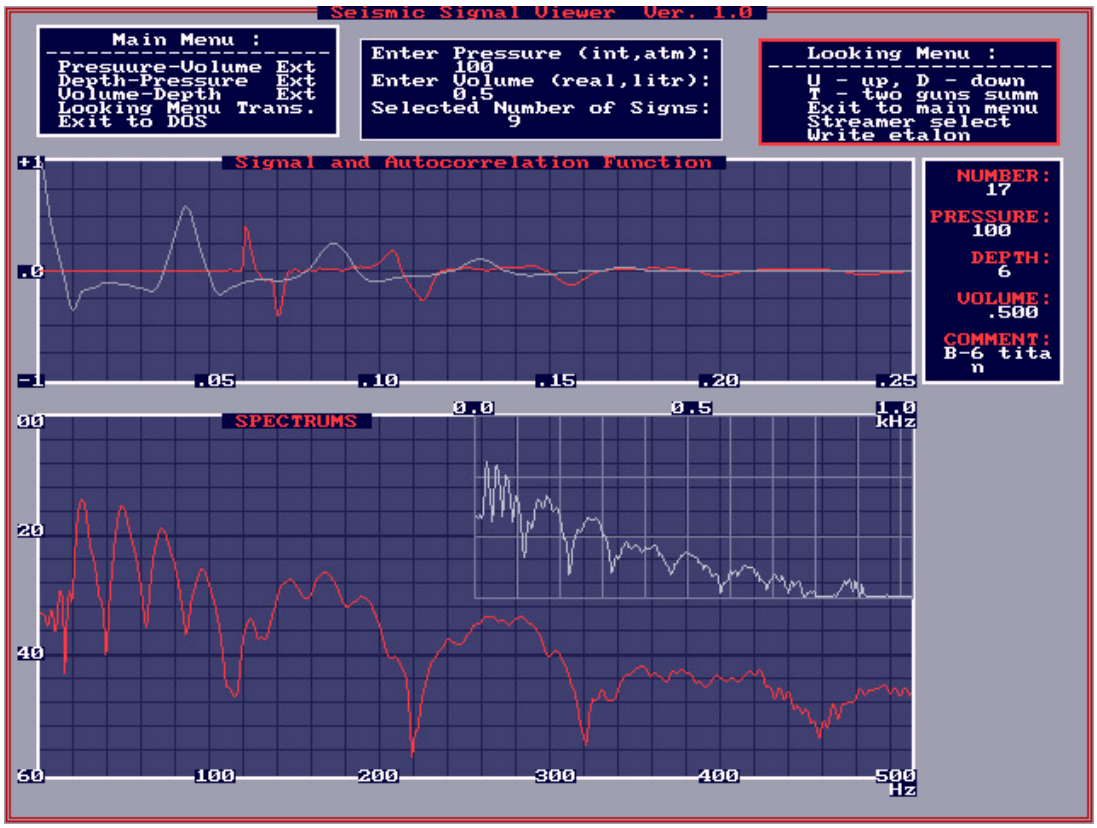

Рис. 7.

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.

Разработаны пневмоизлучатели СПЕКТР1, СПЕКТР2 и СПЕКТР3 с дистанционно управляемым спектром излучения [1, 3, 7, 12].

Разработан групповой пневмоизлучатель с возможностью беспроводного группирования с неограниченным увеличением их числа в гирлянде (ноу-хау).

Спуско-подъемное и буксировочное оборудование.

Буксирование пневмоизлучателей, производится кабель-тросом при помощи оригинального **несущего устройства ПИ** (ноу-хау) (см. Рис.6), которое позволяет устойчиво удерживать их на необходимой глубине на скоростях съемки 10 - 12 узлов.

Схема соединения и подвода коммуникаций к излучателям обеспечивает осуществление спуско-подъемных операций практически в любую погоду на полной скорости движения судна при работе 2-3 человек со стационарной гидравлической или переносной ручной лебедками (см. Рис.8, 9).

Рис. 8.

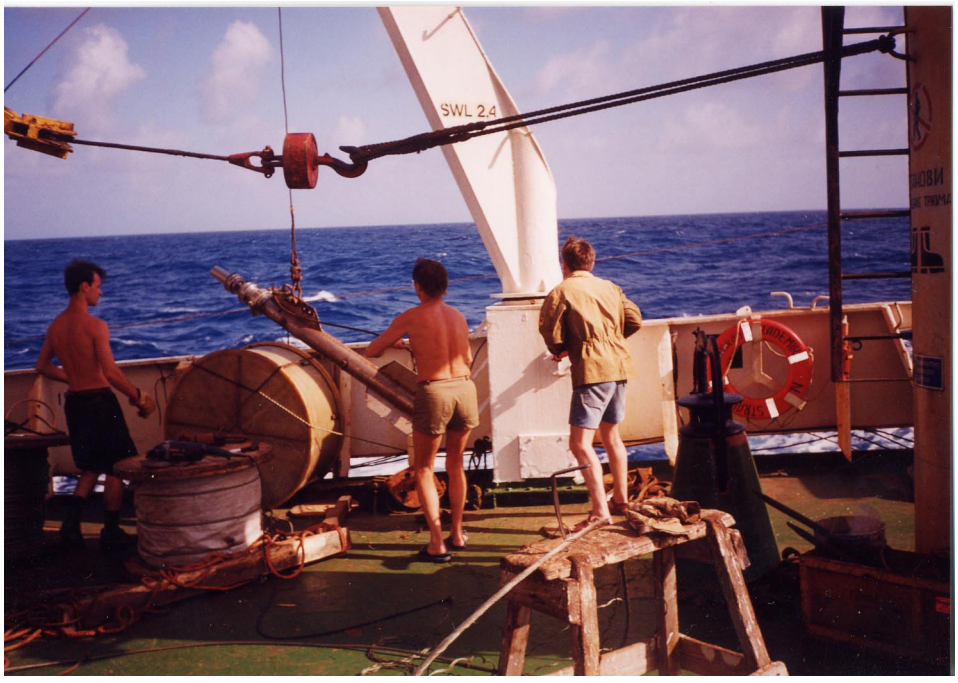

Рис. 9.

Спуск-подъем сейсмокос осуществляется **сейсмической гидравлической лебедкой**, стационарно установленной на корме судна, с полным съемом несущего кабеля с барабана лебедки и подсоединением его к сейсмостанции в помещении лаборатории, что дает возможность выпуска с одного барабана лебедки поочередно двух сейсмокос, буксируемых с разносом с обоих бортов судна.

Буксирование сейсмокос осуществляется с выносом их из кильватерной струи с помощью стационарных **поворотных выстрелов правого и левого борта**.

Сейсмические приемные устройства.

Применяются 2 типа одноканальных сейсмокос: традиционная маслонаполненная (см. Рис.10, 11, 12) и вакуумная [9] (см. Рис.13, 14, 15). Вакуумная сейсмокоса за бортом заполня-

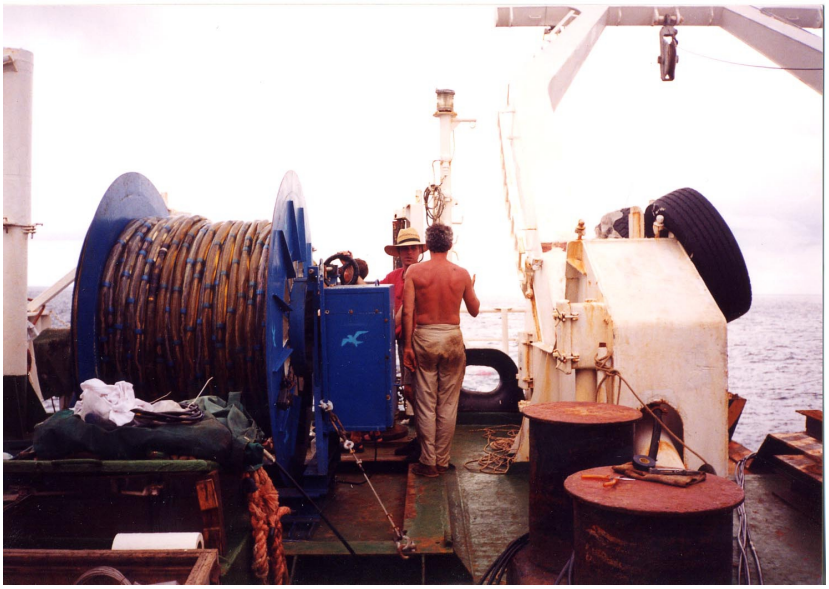

Рис. 10.

Рис. 11.

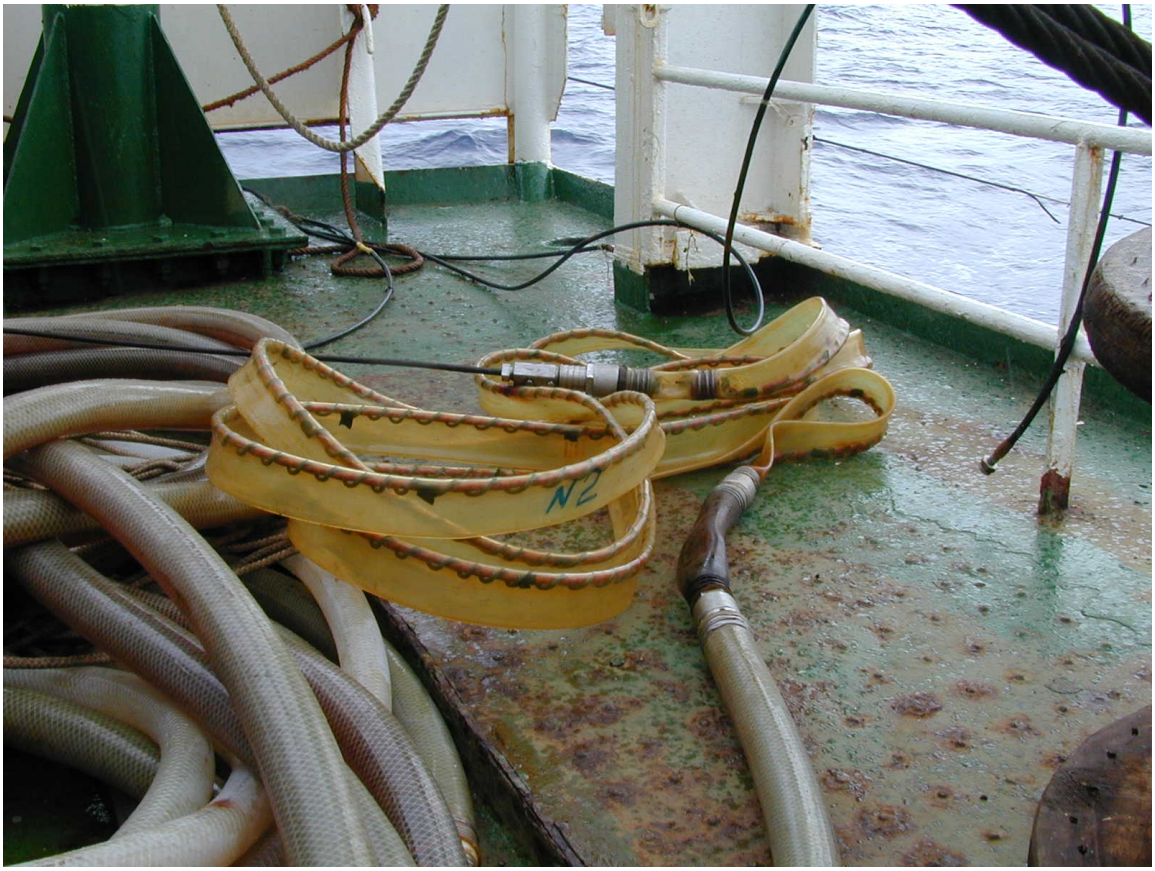

Рис. 12.

Рис. 13.

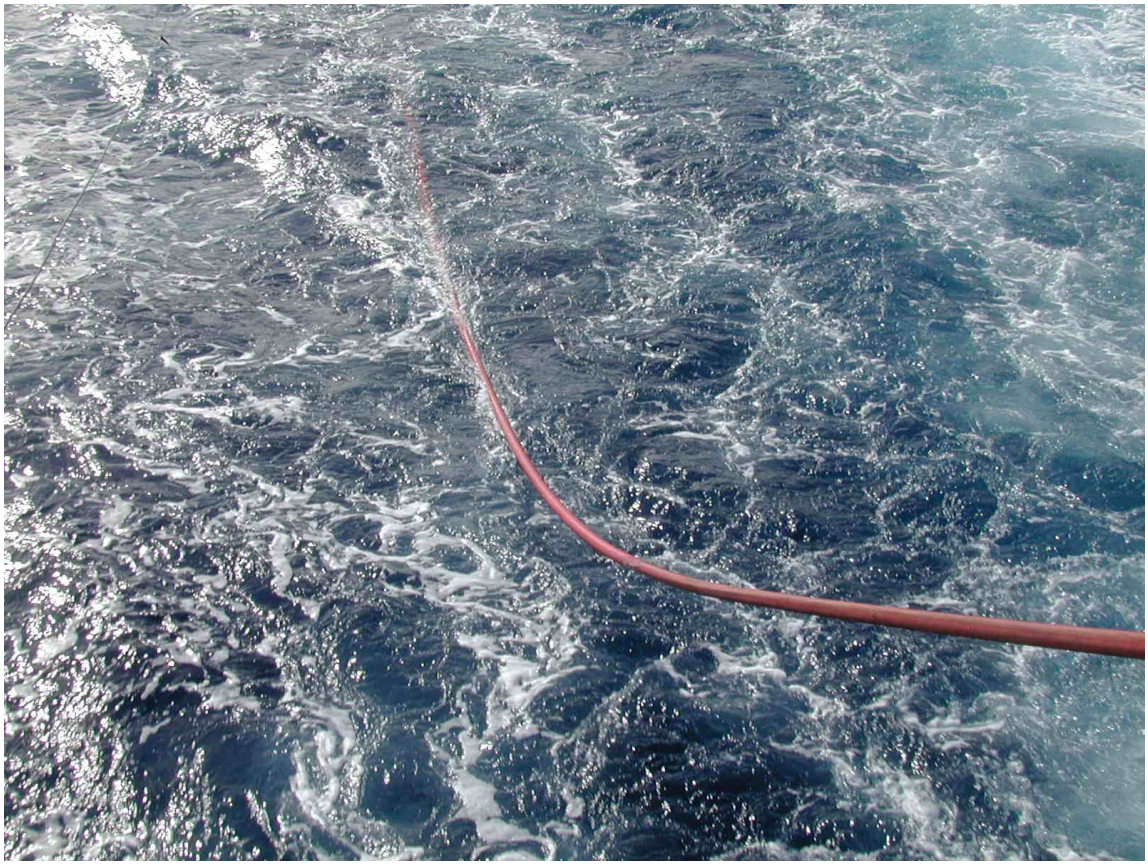

Рис. 14.

Рис. 15.

ется водой, что автоматически обеспечивает ее нейтральную плавучесть. При подъеме, заполняющая ее вода, уходит за борт (см. рис.14). Таким образом, транспортирование и хранение приемного устройства осуществляется без заполняющей жидкости и, кроме того, обеспечивается экологическая чистота съемки из-за полного отсутствия в ней изолирующей жидкости.

Основные технические характеристики сейсмокос:

-длина сейсмокосы 50 м.;

- длина приемной части 30 м.;

- длина забортной части кабеля 250 м.;

- глубина буксирования 4-7 м.;

- чувствительность канала 10 мкВ/бар;

- частотный диапазон 20-10000 Герц;

- согласующее устройство: сменное: трансформатор или эмиттерный повторитель.

Сейсмокосы снабжены вакуумным амортизатором конструкции ГИН РАН (ноу-хау).

Приборы, устройства и оборудование для управления и контроля

Управление питанием пневмоизлучателей сжатым воздухом производится **двухканальными устройствами управления подачи сжатого воздуха** к буксируемым за бортом пневмоизлучателям на основе оригинальной конструкции вентилей высокого давления (ноу-хау). Устройства обеспечивают независимые манипуляции подачи сжатого воздуха и регулирование давления на разные излучатели в процессе их работы (см. Рис.16).

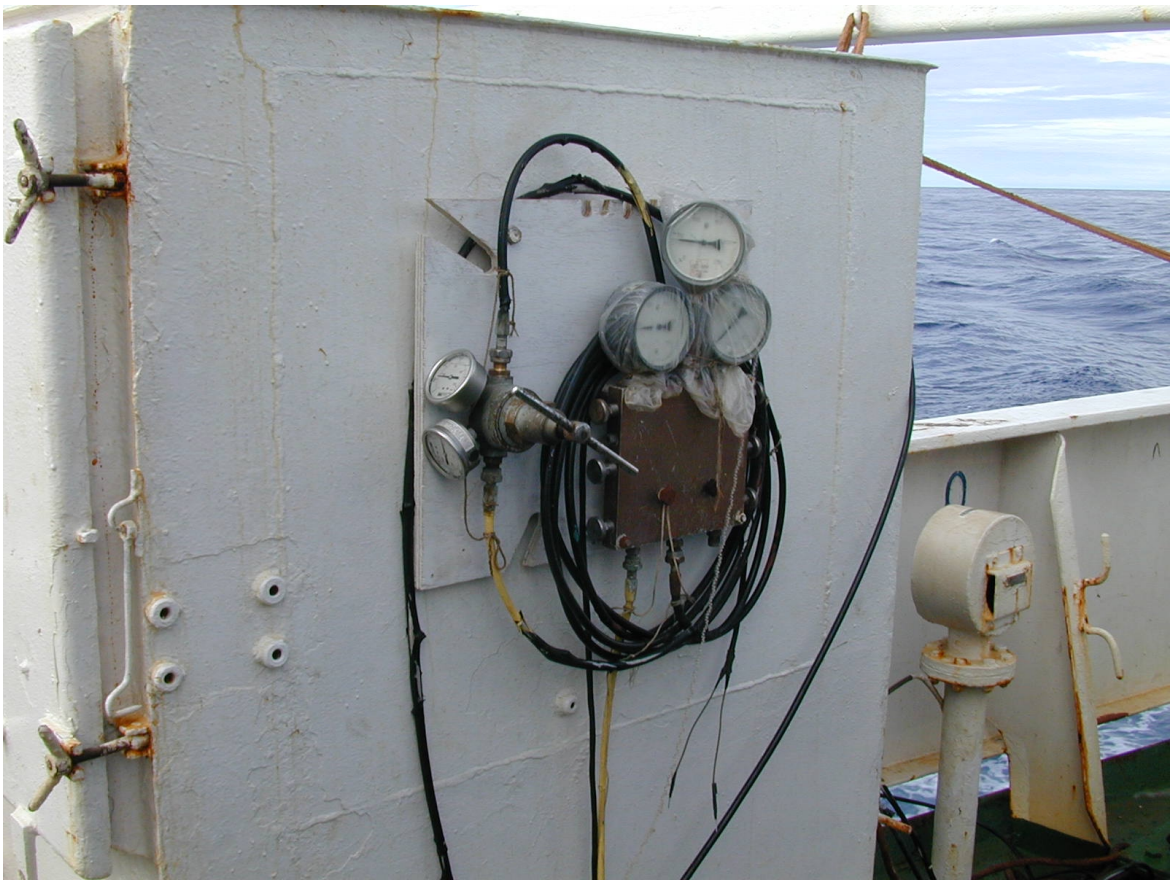

Рис. 16.

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** [4] и изготовлены оригинальные соединения шлангов высокого давления без изменения их проходного сечения (ноу-хау).

Управление возбуждением сейсмического сигнала (запуск излучателей) осуществляется **блоком управления пневмоизлучателями, БУП5** с регулируемой длительностью вскрытия управляющего элемента пневмоизлучателей с оригинальной схемой закрытия тиристоров (см. Рис.17) (ноу-хау). Запуск и синхронизация пневмоизлучателей осуществляется управляемыми пневмозатворами с отслеживанием длительности их вскрытия для возможности управлением спектром излучения сейсмических сигналов в динамическом дистанционном режиме в процессе проведения съемки. Момент возбуждения контролируется звуковым сигналом (щелчок) и световым индикатором. Электрическая исправность забортных линий запуска излучателей контролируется световыми индикаторами (сигнал тревоги).

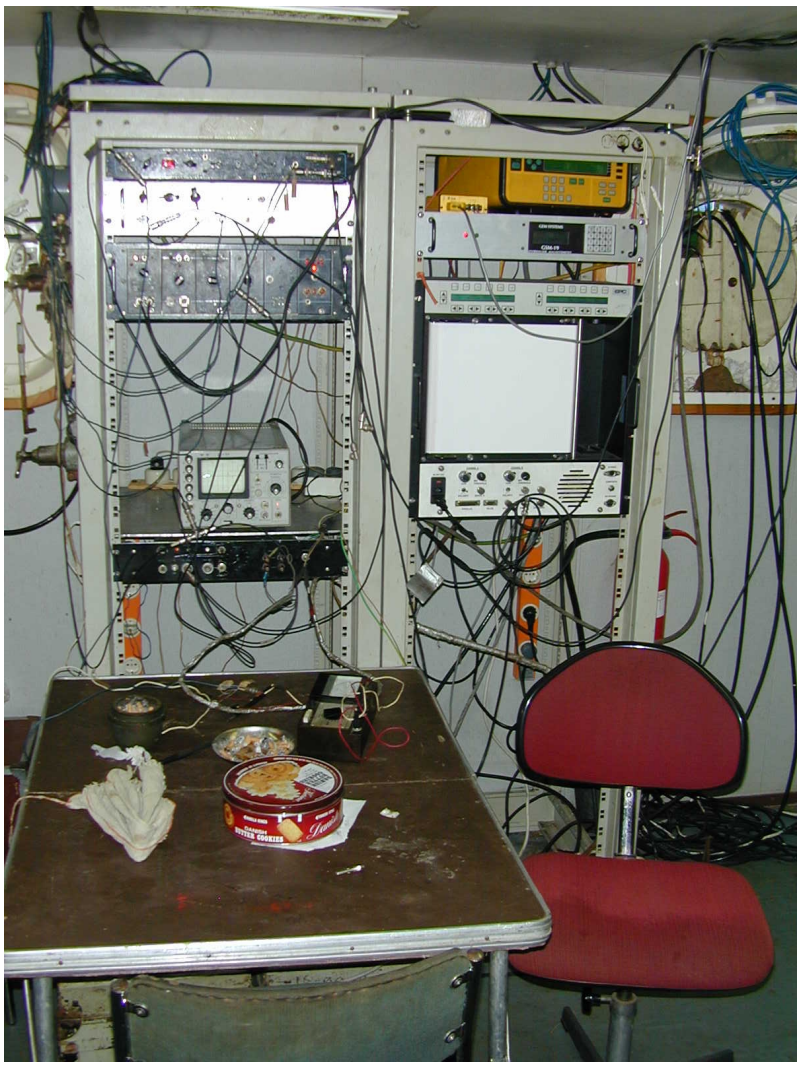

Рис. 17.

Основные параметры:

- напряжение питания блока: пер. 220 В.;
- количество параллельного запуска пневмоизлучателей с выхода блока: 3

- диапазон регулировки задержки запуска 0-20 мсек через 1 мсек;

- модификации: ведущий - с внутренним таймером и ведомый - работающий в ждущем режиме;

- длительность запускающего электрического импульса: устанавливается в диапазоне 1-20 мсек с интервалом 1 мсек.

Непосредсвенный запуск каждого пневмоизлучателя осуществляется **управляемыми пневмозатворами** с компенсацией давления на основе изобретений [5, 8, 10, 11]. Пневмозатворы обеспечивают точность синхронизации излучателей в группе: не хуже 0.4 мсек.

Основные параметры:

- диапазон рабочих давлений сжатого воздуха: 5-250 атм.;

- время вскрытия: отслеживается длительностью запускающего электрического импульса в диапазоне 1-20 мсек;

- точность вскрытия: не более 10 мксек.

Для получения истинного прецизионного момента возбуждения применен оригинальный **датчик момента** (ноу-хау), позволяющий достигнуть точности не хуже 0.1 мсек.

Звуковой контроль приемного сигнала по всему тракту от сейсмокосы до выхода на самописец обеспепечен **звуковым усилителем и низкочастотными звуковыми колоноками.**

Оригинальные **глубоководные электрические разъемы** обеспечивают соединение пневмоизлучателей с кабель-тросом, секций сейсмокос между собой и с буксирующим кабелем, в которых предусмотрено создание высокого давления на контакт и наличие во внутренней полости разъемов сухого сжатого воздуха при давлении около 100 атмосфер (ноу-хау). Разъемы позволяют быстро компоновать и менять секции сейсмокос.

Регистрирующие приборы, устройства и программное обеспечение

Регистрация волнового поля осуществляется в реальном времени в цифровой форме без предварительной обработки на жестком диске ЭВМ с последующей перезаписью на лазерные диски.

На термочувствительной бумаге производится запись и экспресс визуализация волнового поля с полосовой фильтрацией на **самописце Raytheon LSR-1807M.**

Запись волнового поля в цифровой форме осуществляется с помощью двух (одна резервная) **цифровых станций НСП-2000/МЦ** конструкции Нижегородского Политехнического Университета (НПУ) в динамическом диапазоне 84 dB (14 разрядов), с частотой квантования 1 kHz. Запись выборок в файл на жесткий диск компьютера осуществляется при помощи специально разработанной программы, работающей в режиме внешнего запуска от блока, управляющего всем циклом излучения и приема. Программа базируется на платформе Intel Pentium. Суточный объем зарегистрированной информации занимает 160 мегабайт дискового пространства при интервале возбуждения 10 секунд и регистрации 9-секундного временного окна. Программа обеспечивает формирование паспортов файлов и сейсмических трасс со всей необходимой информацией с записью данных в формат SEG-Y. Программа обладает широкими возможностями для параллельной визуализации сейсмических трасс в реальном времени на дисплее компьютера в заданном временном окне.

Основные параметры аналогового тракта цифовой станции НСП:

усилитель-фильтр ЕРФ-1:

- максимальный коэффициент усиления: 1000000;
- фильтры: Баттерворта 4 порядка, крутизна срезов - 45 дБ/окт,
  полоса пропускания: левые срезы: 20, 60, 120, 300, Гц;
  правые срезы: 400, 800, 1000, 1500, 2800, Гц;
- предусмотрены вход и выход сигналов ТТЛ для внутренней или внешней синхронизации.

Программное обеспечение первичной обработки и интерпретации волнового поля

Первичная обработка и интерпретация данных осуществляется в пакете RadExPro, который обеспечивает осуществление всех стандартных процедур обработки сигналов и проведение первичной интерпретации материалов.

Обработка результатов производится специально разработанным комплексом программ на языке Автолисп для построения структурных карт в графическом пакете Автокад. При этом автоматически выполняются операции нанесения структурных особенностей выделяемых на временных разрезах на план. Результаты интерпретации совместимы с форматами таких ГИС-систем как ArcVIEW, AutoCAD MAP, ER-Mapper.

Дополнительная информация может быть получена на сайте:
http://atlantic.tv-sign.ru**.**

Источники.

1. Береснев А.Ф., Ефимов В.Н., Побержин В.М., Саидов А.Ю. Сейсмический пневматический излучатель. АС СССР № 1162315. 1984.

2. Ефимов В.Н. Сейсмический пневмоизлучатель. АС СССР № 144524. 1986.

3. Ефимов В.Н., Ефимов П.Н. Пневматический сейсмический излучатель. АС СССР № 144524. 1985.

4. Ефимов П.Н., Ефимов В.Н. Индукционный нагреватель текучих сред. АС СССР № 1269279. 1985.

5. Ефимов В.Н., Ефимов П.Н., Побержин В.М., Соколов С.Ю. Управляемый пневмозатвор источника сейсмических сигналов. АС СССР № 1434991. 1986.

6. Ефимов В.Н., Ефимов П.Н., Побержин В.М. Сейсмический излучатель. АС СССР № 1387686. 1986.

7. Ефимов В.Н. Сейсмический пневмоизлучатель. Патент РФ № 2109310. 1998.

8. Ефимов В.Н. Управляемый пневмозатвор источника сейсмических сигналов. Патент РФ № 2109309. 1998.

9. Ефимов В.Н. Сейсмическое морское приемное буксируемое устройство. Патент РФ № 2111513. 1998.

10. Ефимов В.Н., Чиликов А.М. Управляемый пневмозатвор источника сейсмических сигналов. Патент РФ на изобретение № 2174241. 2000.

11. Ефимов В.Н. Сейсмический пневмоизлучатель. Заявка на патент РФ на изобретение № 2001121808, 2001.

12. Ефимов В.Н. Сейсмический пневмоизлучатель. Заявка на патент РФ на изобретение № 20011131011, 2001.