

УДК 550.3

## КОМПЛЕКС ПРОГРАММНО-ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ДЛЯ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ РАБОТ ПО ОСВОЕНИЮ РЕСУРСОВ МИРОВОГО ОКЕАНА

*Добычин Н.Н., первый заместитель директора филиала - заместитель главного конструктора филиала ФГУП «ГНПРКЦ «ЦСКБ-Прогресс» - «ОКБ «Спектр», лауреат Государственной премии СССР, teandr@spectr.ryazan.ru*  
*Стругалев О.В., начальник отдела, филиал ФГУП «ГНПРКЦ «ЦСКБ-Прогресс» - ОКБ «Спектр», teandr@spectr.ryazan.ru*  
*Франк Е.Б., начальник бюро, филиал ФГУП «ГНПРКЦ «ЦСКБ-Прогресс» - ОКБ «Спектр», к.т.н., teandr@spectr.ryazan.ru*

**Ключевые слова:** Мировой океан, геофизические исследования, шельф, железно – марганцевые конкреции, морская сейсморазведка, сейсмоакустика, цифровая система, комплекс, глубоководный аппарат, доплер лаг, гравиметрия, магнитометрия, навигационный комплекс.

### Введение

Решение важнейшей Государственной проблемы – освоение природных ресурсов Мирового океана, прежде всего, углеводородных (нефть и газ) и твердых полезных ископаемых, непосредственно связано с внедрением технологий геофизических исследований на акватории.

В общем виде технологии геофизических исследований на акватории включают сейсмическую и сейсмоакустическую разведку, основанную на возбуждении колебаний широкого спектра и регистрации отраженных сигналов, акустическую съемку с помощью гидролокаторов различного типа, а также гравиметрическую и магнитометрическую съемку естественных полей в движении надводного судна или подводного аппарата, с обработкой полученных данных либо на борту судна, либо на береговом вычислительном центре.

На начальном этапе внедрения морской геофизики стало очевидным, что обработка получаемой информации невозможна без создания высокопроизводительных цифровых средств и методов сбора и обработки.

В СССР работы по внедрению в морскую геофизику цифровых методов были начаты в конце 60-х годов, при этом основное внимание было уделено техническому оснащению морской сейсморазведки, как наиболее информативному методу исследований, в результате был разработан комплекс современных технических средств.

### Судовые системы сбора и регистрации

В конце 1969 года в рамках Государственного плана развития морских исследований по заданию Мингео СССР ОКБ "Спектр" приступило к разработке цифровой морской сейсморегистрирующей системы, обеспечивающей проведение морской сейсморазведки в непрерывном режиме при движении судна.

Созданная в 1970 году и принятая межведомственной комиссией Мингео СССР под председательством начальника Управления геофизических работ, члена коллегии Мингео

*Описываются созданные в ОКБ «Спектр» в 1970 – 2000г.г. программно – технические средства для геофизических исследований в Мировом океане с целью освоения природных ресурсов на шельфе и в глубоководных районах, история их создания и достигнутые основные тактико – технические характеристики разработанных систем.*

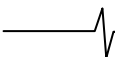
СССР Федынского В.В. цифровая сейсморазведочная система "ГРАД" для геофизических исследований с борта движущегося судна, представляла собой функционально связанные источник возбуждения упругих волн, многоканальное до 24 каналов, приемное устройство, выполненное в виде маслonaполненной шланговидной секционированной протяженной антенны с определенным образом сгруппированными пьезоприемниками, подключенное к аппаратуре оцифровки низкоуровневых 4-5 мкВ, с динамическим диапазоном 60-80 дБ в полосе частот 10-50 Гц сигналов, подсистему регистрации на базе высокоинформативного цифрового регистратора и сейсмостанцию ССЦ-1 (ССЦ-2).

Для реализации требований ТЗ на создание бортовой сейсморегистрирующей системы для морских геофизических исследований были решены следующие задачи:

- осуществлено сопряжение морской приемной системы (косы) с аналоговым входом станции ССЦ-1 (ССЦ-2), разработанной институтом ВНИИГеофизика для целей сухопутной сейсморазведки;
- разработана высокоинформативная подсистема цифровой регистрации данных в непрерывном режиме;
- обеспечена синхронизация в движении судна источника возбуждения и подсистемы преобразования и регистрации данных;
- обеспечена возможность комплексирования различных геофизических методов исследований в движении судна, в т.ч. гравиметрию и магнитометрию;
- обеспечена навигационная привязка данных.

В 1971-75 г.г. ОКБ «Спектр» изготовило 13 комплектов системы "ГРАД" и внедрило их на судах Мингео СССР и АН СССР.

С использованием системы "ГРАД" впервые в СССР с применением цифровой регистрации данных были начаты масштабные сейсморазведочные работы по исследованию на нефть и газ на шельфах Баренцева, Балтийского, Черного, Азовского и Охотского морей, в рамках международного контракта на шельфе республики Шри-Ланка, а также региональные сейсморазведочные работы в Атлантическом и Индийском океанах.



В 1971 году "Южморгео", а затем, с 1978 года его правопреемник НПО "Южморгеология", было определено Заказчиком судовых навигационно-геофизических систем для всех морских объединений и организаций Мингео СССР с задачей по разработке технических требований к новым, более совершенным модификациям.

Повышение технических требований в части числа приемных каналов, полосы регистрируемых частот, динамического диапазона и уровней принимаемых сигналов, а также расширение области применения создаваемых средств, потребовало создания более совершенных систем, поскольку примененные в системе "ГРАД" сейсмостанции ССЦ-1 (ССЦ-2) и доработанный, адаптированный к ним накопитель НМЛ67 не обеспечивали реализацию заданных требований.

При создании в 1975-95 г.г. судовых геодезических систем сбора и регистрации данных с повышенными тактико-техническими характеристиками в ОКБ "Спектр" были впервые разработаны:

- подсистема регистрации данных в цифровой форме на базе накопителей на магнитной ленте НМЛ5003, НМЛ5017 и магнито-оптических дисководов с регистрацией на магнитооптический диск;
- подсистема накопления данных большой емкости (ОЗУ) на базе интегральных запоминающих устройств;
- подсистема преобразования аналоговых сигналов низкого уровня от 1 мкВ в полосу частот входного сигнала до 4000 Гц;
- подсистема автоматического регулирования усиления, обеспечивающая регистрацию сигналов, изменяющихся по уровню в диапазоне до 100-120 дБ;
- входной усилитель с уровнем приведенного шума менее 1 мкВ.

За период с 1970 по 1995 г.г. в ОКБ "Спектр" в рамках научно-технического направления "Морское геофизическое приборостроение" было разработано 7 модификаций навигационно-геофизической системы в т.ч. ГРАД, ГРАД-АМ, ГАК96, ГАК120, ГРОТ3, ГРОТ48, ГРОТ240М.

Каждая вновь создаваемая модификация системы отличалась от предыдущей расширенными функциональными возможностями и повышенными тактико-техническими характеристиками.

**Система ГРАД-АМ** обеспечивала подключение 48 канальной приемной косы, предварительную обработку регистрируемых данных и, за счет установки двух цифровых накопителей НМЛ-5017, позволяла осуществлять сейсморазведочные работы в длительном непрерывном режиме.

**Система ГАК** была реализована на базе мини-ЭВМ, обеспечивала подключение до 192 приемных каналов и регистрацию сигналов в полосе частот до 2 кГц с динамическим диапазоном до 110 дБ. **Система ГАК** в отличие от системы ГРАД и ГРАД-АМ, включала специально разработанный для нее аналого-цифровой тракт, защищенный авторским свидетельством.

**Система ГРОТ** (и ее исполнения) являлась наиболее совершенной принципиально новой, впервые созданной отечественной сверхмногоканальной системой, организованной по магистрально-модульному типу с шиной ISA на базе персонального компьютера Pentium.

В системе ГРОТ впервые применена подсистема регистрации данных на магнитооптические диски. Системой ГРОТ были оснащены 5 судов новой постройки, в т.ч.

"Южморгеология", "Севморгеология", "Геленджик".

Разработки защищены авторскими свидетельствами СССР: №№718914, 705897, 968855, 1040931, 1215503.

Системами ГРАД, ГРАД-АМ, ГАК и ГРОТ было оснащено 30 научно-исследовательских судов организаций Мингео СССР, Мингео Украины и АН СССР.

### Цифровые приемные системы (косы)

Внедрение многоканальной цифровой аппаратуры для регистрации данных морской сейсморазведки создало предпосылки к увеличению числа каналов приемного устройства (косы) до 500 и более, при общей протяженности косы до 6000 метров.

Для реализации сверхмногоканального, более 120 каналов, приемного устройства были разработаны новые схемотехнические и конструктивные решения, позволяющие оцифровывать сигналы приемников каждого канала непосредственно в косе и транслировать данные на бортовую систему сбора и регистрации "ГРОТ" или бортовую ЭВМ.

Результатом выполненных в ОКБ "Спектр" работ впервые в СССР были созданы цифровые приемные системы для сейсмических и сейсмоакустических работ в том числе:

- **цифровая приемная система ГОНГ** протяженностью 1600 метров, на 24 сейсмоприемных канала, объединенных в группу по 2 канала в каждой, с полосой рабочих частот 15-140 Гц;

- **цифровая телеметрическая приемная система "ГЮИС-24"**, являющаяся более совершенной модификацией системы "ГОНГ" с числом каналов до 240, протяженностью до 6000 метров.

- **цифровая телеметрическая приемная система "ГЮИС-А6"** на 6 каналов с расширенным диапазоном рабочих частот 5-700 Гц.

Системы ГОНГ, ГЮИС-24, ГЮИС-А6 защищены авторскими свидетельствами СССР №№ 437193, 558236, 903780, 1000970, 1040445.

### Навигационные системы

С целью обеспечения навигационной привязки результатов обработки данных и управления сейсморазведочными работами ОКБ "Спектр" совместно с Рязанским Радиотехническим институтом (в настоящее время Рязанский Государственный радиотехнический университет) разработали в 1979 – 1983 г.г. **доплеровскую гидроакустическую систему "АКВА-1"**.

Система отличалась повышенной точностью определения навигационных параметров судна, малогабаритностью и совместно с системами ГАК и ГРОТ позволяла управлять источником возбуждения.

Системой "АКВА-1" было оснащено НИС "Федынский" (1979 г.) и геофизические суда новой постройки в т.ч. "Севморгеология", "Южморгеология", "Геленджик" (1983 – 85 г.г.).

Работа защищена авторскими свидетельствами СССР №№ 644285, 6953314, 814064, патентами США №4283763, 1981 г., Франции №2464522, 1981 г. и ФРГ №2933248, 1983 г.

### Системы для гравиметрии

В начале 70-х годов в связи с разработкой в институте ВНИИгеофизика комплекса струнных датчиков и началом работ в области аэрогравиметрии, по заданию Мингео СССР ОКБ "Спектр" разработало **систему цифровой ре-**

**гистрации данных аэро-морской гравиметрической съемки "Гравитон"**, обеспечивающую резкое повышение производительности и точности гравиметрических работ, прежде всего в недоступных и труднодоступных районах за счет многоканальной цифровой регистрации показаний струнных гравиметров в совокупности с показаниями акселераторов, высотомера, других средств съемки.

В 1974 – 1976 г.г. было изготовлено 4 системы "Гравитон", с использованием которых были проведены работы в районах Новой земли и Земли Франца-Иосифа.

Разработка защищена авторскими свидетельствами СССР №№594464, 613636, 624350.

### Системы для глубоководных аппаратов

В середине 70-х годов одним из стратегических направлений освоения минеральных ресурсов глубоководных районов Мирового океана становятся исследования в области разведки железомарганцевых конкреций (ЖМК).

Поиск и разведка ЖМК осуществляется с помощью исследовательских судов, оснащенных средствами оптической и акустической съемки дна набортными и глубоководными, с использованием буксируемых подводных аппаратов, системами.

Промышленные средства съемки с использованием глубоководных аппаратов, как и сами глубоководные аппараты, на тот период отсутствовали.

В рамках возложенных на НПО "Южморгеология" задач по созданию глубоководных буксируемых аппаратов с комплексом средств съемки морского дна, ОКБ "Спектр" в 1981-90г.г. разработало **подсистемы ГНОМ, ГНОМ-К, ГНОМ-В** сбора и передачи на борт надводного судна данных в цифровой форме по кабель-тросу длиной до 6 км., с регистрацией системами ГАК и ГРОТ.

При создании указанных систем использовалась вся совокупность новых технических решений, защищенных вышеперечисленными авторскими свидетельствами СССР.

**Судовой навигационно-геофизический комплекс**, реализованный с применением разработанных систем, показан на рис.1.

С применением созданной в ОКБ "Спектр" цифровой аппаратуры для морских геофизических исследований, за период с 1970 года морскими организациями Мингео СССР выполнены:

- сотни тысяч погонных километров региональных и детальных сейсмических профилей на всех шельфовых акваториях морей, омывающих Россию;
- выявлено около 500 структур, перспективных на нефть и газ;
- открыто 29 морских месторождений нефти и/или газа;
- осуществлено, в рамках Конвенции по морскому праву, закрепление за Россией районов залегания железомарганцевых конкреций в Тихом океане в зоне Клариян – Клиппертон, общей площадью 300000 кв.км.;
- выполнена высокоточная аэрогравиметрическая съемка в труднодоступных районах крайнего Севера и Антарктиды.

Созданные в ОКБ "Спектр" системы демонстрировались на международных выставках "Океан – ЭКСПО – 80" г. Бордо, Франция, "Геологоразведка – 80" СССР, и на ВДНХ СССР в 1974, 1977, 1978, 1981, 1982г.г.

За высокий уровень разработок специалисты ОКБ "Спектр" были отмечены Золотыми (2), Серебряными (4), Бронзовыми (9) медалями ВДНХ СССР, а ОКБ "Спектр" награждено дипломом ВДНХ СССР 3-й степени.

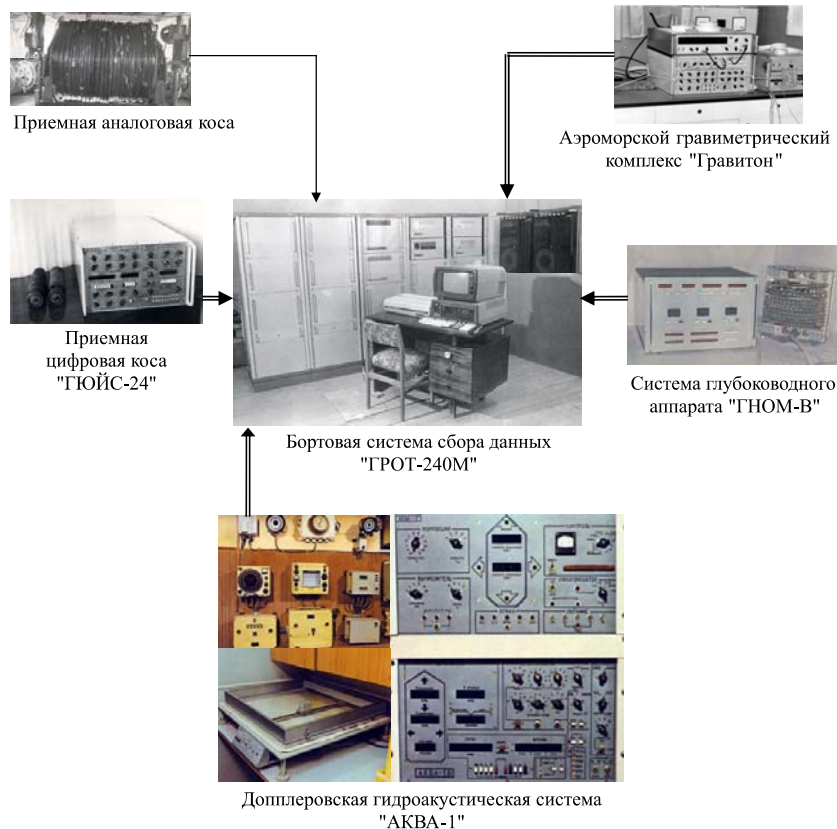


Рис.1 Судовой навигационно-геофизический комплекс

## Литература

1. Краев А.Г. К черному золоту шельфов – М.: Издательство Московского государственного университета, 2003.
- Краев А.Г., Шлыков С.Г.
2. Экономические показатели и технические средства морских сейсморазведочных работ на нефть и газ за рубежом, Обзор. Морская геология и геофизика. М., ВИЭМС, 1976г.
  3. Смолдырев А.Е. Методика и техника морских геологоразведочных работ. М., "Недра", 1978.
  4. Полшков М.К. Теория аналоговой и цифровой сейсморазведки. М., "Недра", 1973.
  5. Слуцковский А.И. Сейсморазведочная аппаратура. М., "Недра", 1970.
  6. Юзefович А.П., Огородова Л.В. Гравиметрия. Учебник для вузов. – М.: "Недра", 1980.
  7. Ю.Б.Казмин, А.Н.Волков, И.Ф.Глумов и др. Международно – правовые и экономические проблемы поиска, разведки и освоения минеральных ресурсов глубоководных районов Мирового океана. – Геленджик: ПО "Южморгеология", 1989.
  8. Лукашков А.В., Матвеев Ю.И., Биржаков М.Б. Использование глубоководных аппаратов для геологоразведочных

работ в океане ( по зарубежным данным). – Морская геология и геофизика. Обзор М., ВИЭМС, 1985.

## A SET OF SOFTWARE AND HARDWARE TOOLS FOR PERFORMING GEOPHYSICAL ACTIVITIES AIMED AT USING THE WORLD OCEAN'S RESOURCES

*E.B. Frank, N.N. Dobythin, O.V. Strougalev*

The article describes a set of software and hardware tools designed by Special Design Bureau "Spectr" in the period of 1970-2000s for performing geophysical research work in the World Ocean. The aim of this work was to use the natural resources in the shelf area as well as in the deep ones. The article also describes the history of these tools' creation and the main performance characteristics of the designed systems.



**TEXAS INSTRUMENTS INC.** выпускает новый процессор платформы **DaVinci TMS320DM8168**. Процессор открывает новые горизонты вычислительных мощностей, обеспечивая 4-кратное увеличение производительности в формате HD, реализацию перспективных кодеков и видеоакселераторов, обладает высокой степенью интеграции при низком энергопотреблении.

Процессор строится на базе ядра общего назначения ARM Cortex A-8 с частотой 1 ГГц и DSP-ядра с плавающей точкой C674x+ с частотой 1 ГГц.

*Подробнее: <http://www.ti.com>*

**TEXAS INSTRUMENTS INC.** представляет новую линейку микроконтроллеров **TMS570** для систем безопасности транспортных средств. Контроллеры используют процессорное ядро ARM® Cortex™-R4F с плавающей точкой, работающее на частоте 160 МГц.

*Подробнее: <http://www.ti.com/ww/en/mcu/tms570/index.shtml>*



**TEXAS INSTRUMENTS INC.** предоставляет разработчику систем на базе DSP возможность использования нового бесплатного программного инструментального средства **C6EZFlo** графической разработки приложений для процессоров C6000™.

*Подробнее: <http://www.ti.com/c6flo-etechtf>*