

Буксируемые косы для исследования ВЧР

Козловский Н.К., Качагин А.А., ООО "ОЙО-ГЕО Импульс Интернэшнл"; г. Уфа;
Воронцов И.В., ОАО "Тюменнефтегеофизика", г. Тюмень

Вследствие сильной изменчивости сейсмо-геологических условий в ВЧР по латерали и глубине, необходимы разрешающая способность и связанная с ней детальность исследования, существенно превосходящие таковые в "основной" съемке. С этим же связано условие непрерывного ведения работ по профилям МОГТ. Таким образом, требуется исследовать то же количество погонных километров, что и в "основной" съемке с детальностью, а, следовательно, и количеством физических наблюдений на порядок выше. Возникает проблема, для решения которой должен быть найден приемлемый баланс между результатами работ, их стоимостью и производительностью. Испытания показали, что при включении в полевой комплекс буксируемой косы, отмеченная проблема может быть решена.

Хронометраж выполнения малоглубинных исследований однозначно показывает, что основные затраты времени приходятся на расстановку сейсмоприемников и перекладку кос. Поэтому, на первый взгляд, практически безальтернативный вариант - использование буксируемых устройств. Буксируемые приемные устройства известны давно [1]. Опубликованы результаты их применения при морских исследованиях [2, 3], изучении ВЧР для введения статических поправок [4], при гляциологических [5] и археологических [6] исследованиях. Тем не менее, объем применения буксируемых систем, особенно на суше, ограничен. С точки зрения качества получаемых материалов ограничений нет. Теоретически и экспериментально показано [7], что при соблюдении некоторых условий, достигается идентичность сигналов, принимаемых обычными и буксируемыми системами (рис. 1). К таким условиям относятся, прежде всего, массогабаритные показатели и, соответственно, удельная нагрузка на грунт. Улучшает результат и образование борозды в

снегу, песке и др.

Ограничения по применению буксируемых приемных систем связаны, на наш взгляд, с отсутствием использующих их эффективных технологий, востребованных практикой нефтегазопроисковых сейсморазведочных работ. Прежде всего, это относится к прямым исследованиям ВЧР в районах со сложными приповерхностными условиями. Специалистами ОАО "Тюменнефтегеофизика" предложена технология микроМОВ, предусматривающая использование высокопроизводительной буксируемой приемной системы. В России буксируемые системы, специализированные для исследования ВЧР, промышленно не выпускались. Предложение о совместной деятельности в этом направлении нашло отклик в ООО "ОЙО-ГЕО Импульс Интернэшнл". Результаты работы представлены ниже.

Таблица 1 Технические характеристики двухгеофонной самоориентирующейся системы

Длина, мм	250
Диаметр, мм	51
Вес в воздухе, кг	1,65
Рабочая глубина, м	до 5
Продольное разрывное усилие, кН	150
Максимальный угол наклона КП, град	30
Угол поворота КП в продольной оси, град	360
Геофон:	
- собственная частота, Гц	10±2,5%
- чувствительность, В/м/с	39,2±5%
- степень затухания, %	70±5%

Исходно рассматривались различные конструкции буксируемых систем, в т.ч. и с обычными датчиками на плоских платформах-салазках. Тем не менее, более сложная конструкция с самоориентирующимися датчиками оказалась удобной не только из-за

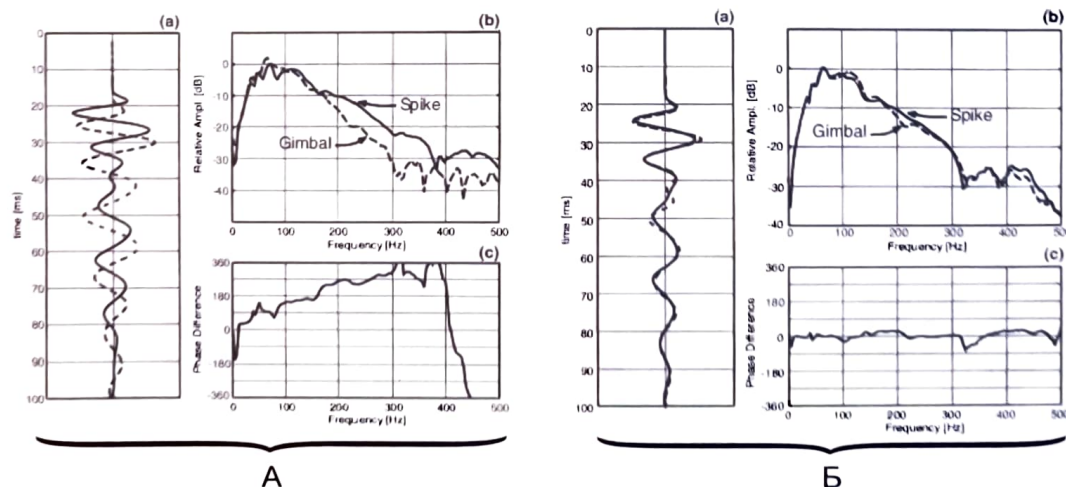


Рис.1 Сравнительные данные для обычного (Spike) и буксируемого (Gimbal) датчиков:
А - Буксируемый датчик лежит на поверхности грунта
Б - Буксируемый датчик находится в борозде





ИННОВАЦИИ ПРИБОРЫ И СИСТЕМЫ



Рис.2 Самоориентирующиеся датчики

постоянной готовности к работе, но и лучшего контакта с грунтом (снегом) вследствие цилиндрической формы корпуса (рис. 2).

Массогабаритные характеристики датчиков (таблица 1) выполнены в соответствии с рекомендациями, позволяющими устранить различия в результатах применения буксируемых и "обычных" сейсмодатчиков.

Исходно была принята схема соединения буксируемых датчиков с магистральным кабелем посредством канальных отводов. Такая конструкция имеет преимущества по сравнению с "центральной", в которой геофоны "напизаны" на магистральный кабель: на неровностях (буграх, лежащих поперек профиля деревьев) магистральный кабель поднимается, но канальные отводы позволяют сохранять контакт геофонов с грунтом (рис. 3). Кроме того, в "центральной" системе геофоны находятся под влиянием различного натяжения магистрального кабеля, что выражается в дополнительных помехах и не идентичности условий приема.



Рис. 3 Демонстрируется подъем кабеля на поперечном препятствии, при этом контакт приемного устройства с поверхностью наблюдения сохраняется

Испытания технологии микроМОВ и первого варианта буксируемой косы были проведены весной 2003 г. на территории ЯНАО в условиях лесотундры с рельефом, пересеченным долинами многочисленных водотоков и осложняемым буграми морозного пучения. Применялась фланговая система наблюдений. Коса 48-канальная, с расстоянием между датчиками 5 м. Источник возбуждения сейсмических волн электромагнитного действия буксировался вместе с приемной системой. Сейсмостанция - "Интротарин-Л2". Объем работ составил 675 ф.н., 13,5 п.км. Половина работ проведена после дождей и интенсивного уменьшения толщины снежного покрова. На отдельных участках работы выполнены буксированием косы при полном отсутствии снега.

В первом варианте буксируемой косы

канальные отводы не были снабжены тросовыми усилениями и динамические воздействия при буксировке геофонов воспринимались непосредственно кабелем КПСПу-3 (три стале-медных провода в оплетке). Тем не менее, порыва кабеля отмечено не было. Коническая форма передней части буксируемых датчиков в сочетании со свободным их перемещением на канальных отводах позволяла преодолевать практически любые препятствия. Единичные случаи нарушения конструкции были отмечены только в особых случаях. Например, причиной нарушения контакта между магистральным кабелем и двумя канальными отводами был зажим датчика в пропеле, образовавшемся при движении магистрального троса по подгнившему пню.

Тем не менее, первые же полевые испытания показали очевидные преимущества такого приемного устройства. После развертывания на профиле, система находится в постоянной готовности. Время, необходимое на перемещение по профилю всего оборудования в сборе между точками возбуждения не превышало 30 с. Затухание колебаний датчиков на карданном подвесе вследствие движения системы происходило примерно за то же время. Этот процесс контролировался с панели сейсмостанции, отображающей пиковое значение входного сигнала. Отмеченный временной интервал использовался для приведения в готовность сейсмостанции и источника колебаний. В итоге время выполнения одного физического наблюдения уже при первых испытаниях не превышало 3 минут. При движении косы образуется глубокая борозда в снегу, которая снижает влияние звуковой волны. На рис. 4 представлена сейсмограмма, полученная при приеме колебаний буксируемой косой, на рис. 5 - фрагмент временного разреза.

После испытаний, на которых присутствовали специалисты ООО "ОЙО-ГЕО Импульс Интернэшнл", были сформированы предложения по совершенствованию буксируемой косы. Улучшение эксплуатационных свойств достигнуто применением конструкции, схематично изображенной на рис. 6.

Канальные отводы: тросовые и токоведущих жил, - снабжены разъемами, позволяющими быстро подсоединить или сменить датчик. В особых условиях, повышающих вероятность

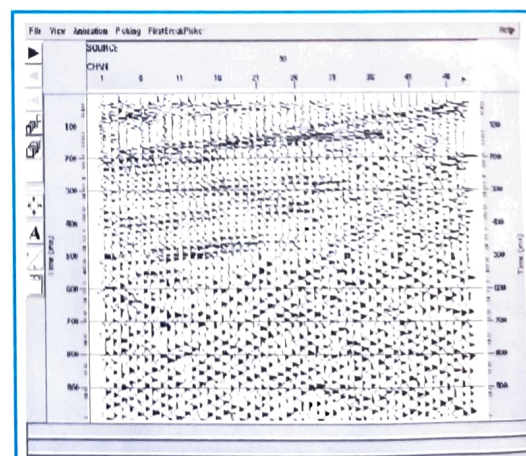


Рис. 4 Сейсмограмма МОВ, полученная с применением буксируемой косы и малого электродинамического источника "МИСС-У", 10 кН

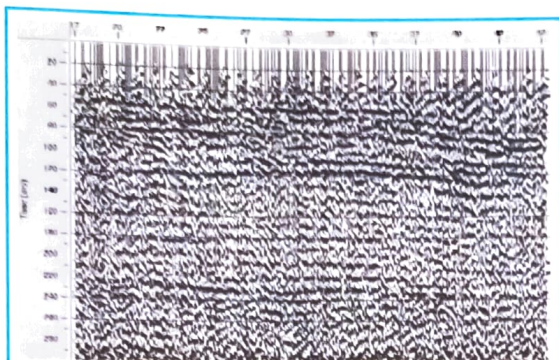


Рис. 5 Фрагмент разреза микроОИГ. Буксируемая коса, источник "МИСС-У", 10кН

обрыва, резьбовое соединение разъема может не использоваться. В экстремальной ситуации произойдет лишь рассоединение контактов разъема без нарушения токоведущих жил.

Такая конструкция делит устройство на две неравные по стоимости части: "малоценная" коса, которая претерпевает основные деформации, и самоориентирующиеся датчики, наиболее ценная, и как показали испытания - надежная часть изделия. Кроме того, один "набор" буксируемых датчиков позволяет работать с косами, имеющими различное расстояние между каналами. Поэтому длина приемной установки может быть изменена при незначительных затратах.



Рис. 6 Схема участка буксируемой косы

Модернизированная конструкция может быть оснащена одно-, двух- и трехкомпонентными буксируемыми датчиками. Испытания буксируемой косы с трехкомпонентными датчиками позволяют сделать следующий вывод. При многокомпонентных наблюдениях важный этап - ориентировка датчиков. Буксируемая система, при движении за транспортным средством, вытягивается в линию. Этим достигается практически идентичная для всей косы азимутальная ориентировка. Горизонтальность x- и y-датчиков и вертикальность z-датчика обеспечивается карданным подвесом. Таким образом, производительность при проведении многокомпонентных наблюдений практически не снижается.

Промышленные испытания модернизированной буксируемой косы проведены зимой 2003-2004 гг. Работы микроМОВ выполнялись с целью получения данных для введения статических поправок на участке площадью более 500 км² с развитой мерзлотой переменной мощности. Одним комплектом буксируемой системы было выполнено более 400 п.км. съемки за 1,5 месяца. Показательным является то, что на ремонт всего оборудования: буксируемой косы, источника колебаний, транспортного средства, - потрачено всего 5 дней. Состав бригады на профиле - 5 человек. Среднее время на выполнение одного физического наблюдения не превышало 1,5 минуты.

В результате работ получен план распре-

деления скорости в слое замещения. Эти данные могут быть использованы для введения статических поправок за влияние ВЧР.

Таким образом, в процессе отработки технологии микроМОВ, прошла успешные испытания буксируемая коса. Полученные результаты дают основание надеяться, что даже самые общие расчеты экономической эффективности убедят геофизиков в перспективности применения предлагаемого изделия, разработанного предприятием "ОИО Гео Импульс Интернэшнл".

Хотелось бы отметить, что область применения буксируемых систем не ограничивается зимними работами и перемещением по снегу. Можно с полным основанием предполагать ее эффективность при буксировании по песку, болоту и "обычным" песчано-глинистым грунтам.

В заключении заметим, что создание новых образцов геофизического оборудования наиболее результативно при тесном взаимодействии промышленного производства и разведочной геофизики. Постановка технических заданий и требований разработчикам геофизического оборудования - необходимое, но не достаточное условие успеха. Совместная работа должна находить свое продолжение в предоставлении возможности проведения совместных испытаний, для отработки конструктивно-эксплуатационных характеристик, опытно-методических и технологических исследований.

Одним из примеров такого взаимодействия двух предприятий может служить сотрудничество между ОАО "Тюменнефтегеофизика" и "ОИО Гео Импульс Интернэшнл" где, начиная от согласованных разработок и до проведения совместных испытаний, была обеспечена возможность получения положительных результатов в сжатые сроки.

Такое взаимопонимание и целеустремленность коллективов разных предприятий заслуживает выражения особой благодарности за предоставление возможности проведения полномасштабных испытаний генеральному директору ОАО "Тюменнефтегеофизика" КУРЬЯНОВУ Ю.А., а так же сотрудникам предприятия за помощь в проведении работ Кузнецову В.И., Чебалдину Н.М., Воронцову И.В., Хохрякову Н.В., и коллективу СП - 19.

Литература

1. Бевзенко Ю.П. А.с. №329490 кл.42, стр.42. Транспорт сейсмических приемников. Открытия, изобретения, промышленные образцы, товарные знаки, №7, 1972. Соавторы: Салтанов А.К., Уколов И.А.
2. Архипов А.А. Приемные системы для морской многоволновой сейсморазведки в России. К вопросу о приоритетах. - Приборы и системы разведочной геофизики, 02/2002, с.16-18.
3. Бевзенко Ю.П. Многоуровневая высокоточная сейсморазведка в районах развития многолетней мерзлоты. Дис. докт. геол.-мин. наук, Тюмень, 2004.
4. Michiel van der Veen and Alan G. Green. Land streamer for shallow seismic data acquisition: Evaluation of gimbal-mounted geophones GEOPHYSICS, VOL. 63, NO. 4 (1998); P. 14081413.
5. Marvin A. Speece and Carlyle R. Miller, Montana Tech, 1998.
6. Krohn, C. E., 1984, Geophone ground coupling: Geophysics, 49, 722731.

ИННОВАЦИИ ПРИБОРЫ И СИСТЕМЫ





Распределенная телеметрическая система регистрации сейсмических данных в реальном времени

Сагайдачная О.М., Сагайдачный А.В., Шмыков А.Н., ФГУП "СНИИГГИМС", г. Новосибирск

ПРИБОРЫ И СИСТЕМЫ

Современные телеметрические сейсморазведочные станции представляют собой совокупность большого числа (до десятка тысяч) сейсмических каналов, распределенных на значительной площади и объединенных системой телеуправления. Система телеуправления обеспечивает контроль состояния удаленных сейсмических каналов, а также сбор и регистрацию сейсмической информации в реальном времени. Требования регистрации сейсмических данных в реальном времени не является самоцелью, а есть необходимое условие обеспечения интерактивности процесса управления сложной системой для повышения эффективности производства полевых работ. Особенно важно контроль системы регистрации организовать в интерактивном режиме при работе с современными невзрывными (вибрационными и импульсными) источниками упругой энергии, технология использования которых предполагает выполнение оперативной обработки с оценкой качества полевого материала.

При построении пространственно распределенной многоканальной кабельной телеметрической системы регистрации в реальном времени основными проблемами являются:

- реализация с высокой пропускной способностью канала связи между сейсмическими каналами одного линейного фрагмента;
- организация с высокой пропускной способностью канала связи между линейными фрагментами системы;
- реализация высокопроизводительного канала связи между центральной станцией и специальным полевым оборудованием.

Трафик потока цифровой информации по кабельному каналу связи на линейном фрагменте, состоящем, например, из 600 24-х разрядных каналов, при интервале дискретизации 2 мс (или частоте квантования 500 Гц) оценочно превышает 7 200 000 бит/с, то есть достигает 8 Мбит в секунду. Надежная передача цифрового потока данных с таким трафиком может быть обеспечена только при использовании высококачественных линий связи, входящих в состав сейсмических кос, применения алгоритмов помехоустойчивого кодирования информации с корректировкой поврежденных данных (например, кодом Рида-Соломона), а также кодирования данных для оптимального использования полосы пропускания линии связи (например, кодом ПДВЗ).

Трафик цифрового потока данных между линейными фрагментами системы, если ограничиться 5000 сейсмических каналов, превышает $500 \cdot 24 \cdot 5000 = 60\,000\,000$ бит/с (60 Мбит/с). Надежная передача потока сейсмической информации в этом случае обеспечивается дополнительно к описанным выше решениям распараллеливание потока по нескольким линиям связи, входящим в состав одной сейсмической косы.

Реализация высокопроизводительного канала связи между всем полевым оборудованием и центральной станцией является наиболее сложной задачей. Если в качестве центральной станции используется РС-совместимый компьютер (в особом промышленном исполнении), то он

дополняется специальным интерфейсным контроллером для сбора потока информации трафиком, превышающим 260 Мбит/с. Отметим, что попытки построения подобных систем с применением известных внешних интерфейсов РС-совместимого компьютера (например, LPT, USB, Fire Ware) и промежуточным буфером памяти, как внутри интерфейсного контроллера, так и внутри блоков полевого оборудования, приводили к полной или частичной потере интерактивного режима работы телеметрической системы и, следовательно, к невозможности ее использования в технологическом процессе с невзрывными источниками возбуждения упругих колебаний. Кроме того, применение промежуточного буфера памяти ограничивает длительность сеанса регистрации сейсмической информации. Возможным, и на данный момент оптимальным решением задачи, является построение интерфейсного контроллера, как платы расширения формата PCI. Технические характеристики и функциональные возможности шины PCI, такие как: 32 битная разрядность, тактовая частота 33 МГц, многозадачность, реализованная на аппаратном уровне, позволяют выполнить пересылки данных от линии связи непосредственно в оперативную память управляющего компьютера. Рациональное использование высокоскоростных ресурсов процессора управляющего компьютера обеспечивает при соответствующей оптимизации вычислительных алгоритмов уровень его производительности, достаточный для выполнения в реальном времени оперативной обработки данных, в том числе фильтрации, накопления и визуализации, одновременно с их регистрацией.

Описанные выше проблемы были успешно решены при разработке отечественной многоканальной телеметрической сейсмостанции СТС-24Р (2001г.), обеспечивающей регистрацию в реальном времени до 1000 каналов без ограничения длительности физического сеанса наблюдения. Решения, апробированные при проектировании сейсмостанции СТС-24Р, получили свое развитие при разработке на новой элементной базе телеметрической системы следующего поколения РОСА, предназначенной для проведения многомерных сейсмических исследований с регистрацией данных нескольких тысяч каналов в реальном времени [1 - 3]. При построении телеметрической системы РОСА были разработаны элементы, которые позволяют выполнять сейсмические исследования размерности 2D, 3D, 4D с возможностью многокомпонентной регистрации упругих волн разных классов и различной поляризации.

Станция РОСА организована, как иерархическая структура, в состав которой входят (рис. 1):

- **центральная станция** для интерактивного телеуправления полевым оборудованием, обеспечивающим сбор, регистрацию, хранение, визуализацию и оперативный анализ сейсмической информации (элемент второго уровня иерархии);

- **линейные системы** наблюдения, объединенные скоростными магистралями;