



Оправдан ли переход на бескабельные системы регистрации?

Анатолий Череповский, Дени Мужно, SERCEL

Сегодня на рынке предлагается большое количество бескабельных регистрирующих систем. Часто бескабельные системы описываются как технологический прорыв в области наземной сейсморазведки, поскольку они позволяют избавиться от кабелей и множества разъемов при проведении полевых работ и сэкономить на их ремонте. В данной статье мы попытаемся проанализировать причины бурного роста количества предлагаемых бескабельных систем, сравнить их с предыдущим поколением радиотелеметрических систем и описать их действительные преимущества по сравнению с кабельными системами. Последние также продолжают совершенствоваться, и их возможности и надежность все время повышаются. Кабельные системы по-прежнему доминируют на рынке, и мы полагаем, что они не будут полностью вытеснены. Скорее, бескабельные системы будут комбинироваться с кабельными системами при выполнении съемок в условиях развитой инфраструктуры, сложных поверхностных условиях и экологически чувствительных районах.

Введение

Большинство наземных сейсморегирующих систем, применяемых в настоящее время, состоят из полевых модулей, соединенных между собой кабелями для передачи данных и питания наземной электроники. Поскольку вес кабелей составляет значительную долю веса полевого оборудования, для перемотки и перевозки кабелей требуется большое количество людей и транспортных средств, что осложняет технику безопасности и охрану окружающей среды. Кроме того, ремонт и обслуживание кабелей и разъемов повышают затраты на полевые работы и снижают их производительность. В связи с этим в последние годы многие поставщики геофизического оборудования, включая нашу компанию, рекламируют регистрирующие системы, в которых полевые модули не соединены кабелями. Питание полевых модулей в таких системах осуществляется с помощью аккумуляторов, по одному или больше на пункт приема, а регистрация данных выполняется автономно и непрерывно. Такие регистрирующие системы называют «бескабельными», даже если кабели продолжают использоваться для подключения (групп) сейсмоприемников и (при необходимости) внешнего аккумулятора.

Но несмотря на резкое увеличение количества компаний, производящих и предлагающих бескабельное оборудование, ситуация на рынке меняется медленно. Не более 7% всех каналов, приобретенных сейсмическими подрядчиками за последние два года, являются бескабельными. Сейсмапартии с кабельным оборудованием обеспечивают высокую производительность полевых работ с приемными расстановками, площадь которых достигает 200 кв. км при работах на открытой местности в Северной Африке и на Ближнем Востоке. При некоторых трехкомпонентных съемках с одиночными приемниками и высокой плотностью наблюдений количество активных каналов достигает 90000, и данные передаются в реальном времени с шагом дискретизации 2 мс. При площадной сейсморазведке в гористой местности число активных каналов иногда

превышает 10000. В настоящее время крупнейшие сейсморазведочные компании располагают кабельными системами, способными регистрировать до 200000 каналов с шагом дискретизации 2 мс. И это реально востребованные на рынке конфигурации – например, объявляемые в тендерах на проведение сейсмических работ с одиночными приемниками в Кувейте и других странах Ближнего Востока. Таким образом, кабельные системы продолжают расширяться и еще не достигли предела своих возможностей.

В этом свете, как объяснить вспышку интереса к бескабельным системам со стороны стольких производителей геофизического оборудования и к тестированию этих систем со стороны нефтегазовых компаний? Какие новые технологии позволили разработать такое большое количество бескабельных систем?

К регистрирующим системам без кабелей и без радио

Около 20 лет назад появились сейсморегирующие системы, использующие радиосвязь в диапазоне метровых волн (200-250 МГц), с радиусом действия до нескольких десятков км. Такие системы предназначались для работы в сложных поверхностных условиях (реки, овраги, заповедники) или в условиях развитой инфраструктуры (нефтепромысловые сооружения, трубопроводы, шоссе, промышленная и жилая застройка), где сложно проложить непрерывные приемные линии. Радиомодуль, часто называемый автономной станцией, можно было соединить с несколькими группами сейсмоприемников, для чего требовался значительный объем кабелей, а также с аккумулятором. Для снижения стоимости радиосистем их автономные станции были многоканальными (часто от 4 до 8 каналов).

Но все эти радиосистемы не были широко внедрены из-за высокой стоимости, необходимости получения лицензии на радиосвязь в ОВЧ-диапазоне, необходимости установки антенн большой высоты для синхронизации автономных станций, высокого потребления энергии и – все еще – довольно большого количества соединительных кабелей. И только в последние 5 лет новые технологии позволили разработать регистрирующие системы как без кабелей, так и без радиосвязи [3]. Ключевым моментом стало появление дешевых и высокочувствительных GPS-приемников с низким потреблением энергии. Причем GPS-приемники в автономных модулях предназначены, как правило, не для определения координат (поскольку точность, требуемая для сейсморазведочных работ, обеспечивается дифференциальной глобальной спутниковой системой DGPS), а для синхронизации записываемых отсчетов сейсмических трасс. Это ключевой момент, который позволил исключить центральную радиосистему и открыл путь автономным модулям. К другим важнейшим техническим новинкам относятся литиево-ионные (LiO) аккумуляторы небольшого размера, флеш-память (2-16 Гб) и компактная электроника с низким потреблением энергии. Все эти новшества позволили начать производство недорогих одноканальных модулей для автономной регистрации сейсмических данных без радиантенн. В большинстве случаев такие реги-



Рис.1. Программирование автономных модулей бескабельной системы на базе партии с помощью антенны Wi-Fi. Эта передвижная антенна может также использоваться для считывания сейсмических данных и контроля их качества во время полевых работ

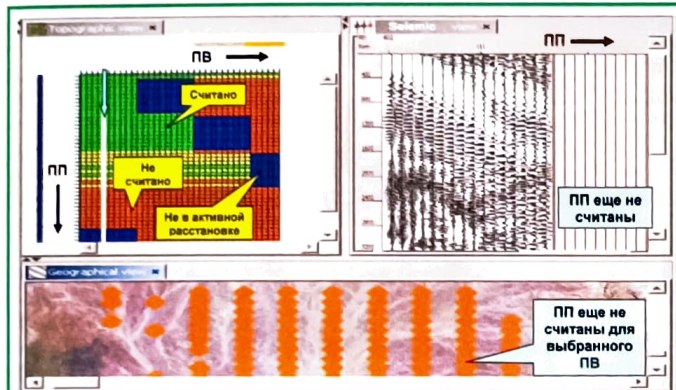


Рис.2. Трехоконный интерфейс системы загрузки и сортировки данных

стрирующие системы не вполне бескабельные: часто необходимо подключать внешний аккумулятор, а также нужны кабели для подключения групп сейсмоприемников. Объем используемых кабелей можно снизить за счет применения одиночных однокомпонентных или трехкомпонентных датчиков, основанных на МЭМС-акселерометрах [4, 5].

Полное исключение антенн означает, что мы должны вести съемку вслепую: во время регистрации данных мы ничего не знаем о состоянии автономных модулей и не получаем сейсмических данных для контроля качества. Это определенный риск, и он неприемлем для многих заказчиков сейсморазведочных работ. Это объясняет, почему в некоторых регистрирующих системах, даже с GPS-приемниками на каждом пункте приема, все же используется сеть антенн. Радиосвязь может осуществляться в обычном метровом диапазоне с большим радиусом действия для сбора результатов контроля качества или выборочных сейсмических данных (первые вступления, отдельные записи). Более инновационный подход — использовать технологию Wi-Fi (Рис.1). В этой технологии используются нелицензируемые частоты микроволнового диапазона (2,4 ГГц; 5,8 ГГц) и обеспечивается высокая скорость передачи данных (до 5 Мб/с). Но недостатком является небольшой радиус действия (от 500 м до 1,5 км в зависимости от рельефа местности, высоты антенн и применяемого протокола). Однако, есть несколько способов преодолеть это ограничение. Один из них — это установка сети антенн небольшой высоты. Каждая антен-

на собирает данные из автономных модулей в радиусе порядка 500 м, используя стандартный протокол (2,4 ГГц). Затем данные могут передаваться с одной антенны на другую и, в конечном счете, на центральный электронику. Хотя при таком подходе обеспечивается телеметрия почти в реальном времени, как в некоторых прежних ОВЧ-радиосистемах, требуется значительное время для установки густой сети антенн и их переноса по площади работ. Одно из решений проблемы оперативного сбора данных — использовать передвижные антенны на вездеходах, движущихся вдоль линий приема. Такой способ дистанционного считывания данных позволяет периодически (ежедневно) доставлять регистрируемые данные в полевой лагерь, не прерывая полевые работы.

Скрытая часть бескабельных систем

Помимо компактного и легкого полевого оборудования (автономные модули), имеется и другая часть бескабельных регистрирующих систем, о которой обычно говорят гораздо меньше: это энергоемкое и крупногабаритное оборудование в лагере полевой партии, необходимое для перезарядки аккумуляторов, считывания данных из полевых модулей (в некоторых бескабельных системах), контроля качества и сортировки сейсмограмм общей точки приема (ОТП) в сейсмограммы общего пункта возбуждения (ОПВ). Для выполнения этих процедур обычно требуется несколько контейнеров, в которых устанавливают специальные стеллажи с ячейками для размещения автономных модулей. Эти ячейки соединены с мощным сервером, на котором установлено специальное программное обеспечение, и кластером дисков. Процесс считывания и сортировки исходных трасс обычно отражается на дисплее в виде двумерного поля с осями пунктов возбуждения и пунктов приема (Рис.2). Каждый пиксел на этом двумерном поле соответствует одной сейсмической трассе, и цвет пиксела говорит о статусе данной трассы: она может быть уже считана или нет, или не должна быть считана, если не попадает в данную активную расстановку. Если регистрируется 5000 пунктов приема и обрабатывается 500 ПВ в день, то двумерное поле трасс будет содержать 2,5 миллиона пикселов — больше, чем можно вывести на экран высокой четкости. Эти 2,5 миллиона трасс при шаге дискретизации 2 мс и длине записи 5 секунд имеют объем 25 Гб, которые нужно считать, проконтролировать качество и пересортировать в сейсмограммы ОПВ. Кроме того, интерфейс системы загрузки и сортировки сейсмических данных должен иметь окно с визуализацией трасс, выбранных на двумерном поле, и окно с положением автономных модулей на местности и их статусом на текущий момент.

По сравнению с кабельными системами, где готовые сейсмограммы ОПВ передаются, контролируются и записываются на диск или ленту

О ГЛАВНОМ



Время вес бескабельной системы остается

постоянным вне зависимости от интервала между ЦП. Если сравнить две системы с частотой 50 МГц, то общий вес (включая вес кабелей) будет примерно в два раза ниже, чем вес бескабельной системы [1, 2].

Если на монтаж работ встречаются препятствия, то у современных кабельных систем имеются широкие возможности для их преодоления: это, в первую очередь, многоточечная телеметрия (дополнительные волноводы, оптические кабели, радиомост, лазерное зондирование). В случае потери данных при передаче, они могут быть восстановлены электрической буферизацией данных и их последующим бланковым маршрутированием (повторными межжелезными кабелями или благодаря соединению приемных линий землей). Сбор (смотка) полевых образцов кабелиной системы, особенно, в случае (переносимости) или после сноса (густая растительность).

Что касается центральной электроники, то контраст между кабельными и бескабельными системами может быть даже более разительным. В случае относительно небольших кабельных систем — до 2000 каналов с частотой дискретизации 2 Мс; взрывной источник с широким управлением (дистанционно портативного компьютера (ноутбук), GPS-принимка и межжелезные модули питания (с общим весом менее 5 кг) и другой аккумулятор. В то же время такие бескабельные систем, независимые от кабельных, могут использоваться для замены автономных модулей и их подзарядки, передвижной цифровой генератор и мультитрейс для сортировки исходных трасс и компоновки выходных систем.

ОБЗОР.

И, конечно же, самое главное преимущество кабельных систем — полный контроль качества сейсмических данных в реальном времени, что дает возможность оперативно реагировать на изменение в них и вводить изменения в работу или вносить коррективы в количество накопленных при выводе данных и т.д. [3].

Опыт применения бескабельной системы UNITE за рубежом

Бескабельная система UNITE компании Serco обладает важными отличительными особенностями. Во-первых, она полностью интегрирована с кабельной геосистемой системы цифровой обработки данных (скажем, например, SEG-D) в формате данных в формате SEG-D. Во-вторых, регистрация данных качества информации и контроль качества данных осуществляется прямо в процессе полевых работ. В-третьих, использование компактных геосистемных модулей и сканирование данных позволяет выполнять работу с помощью CAN-антенн, установленных на вертолетах и на сейсмостанциях. За последние два года несколько производителей кабельных систем с автономным управлением выполнили как в полном объеме, так и частично.

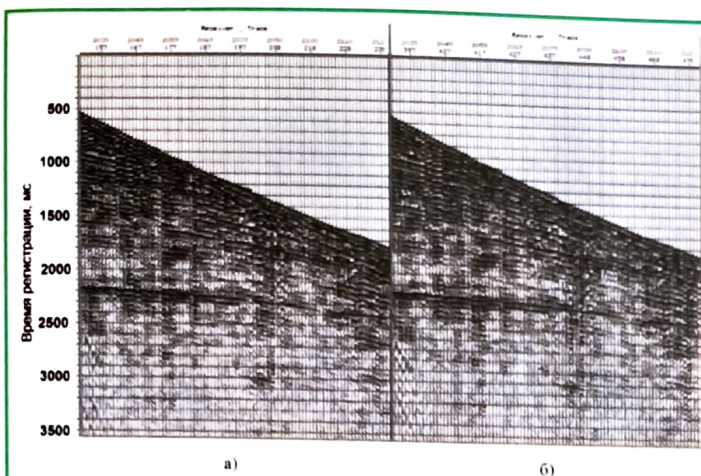


Рис.3. Сравнение сейсмограмм ОПВ в формате SEG-D после считывания информации из автономных модулей RAU и сортировки трасс: а) регистрация кабельными каналами; б) регистрация автономными модулями.

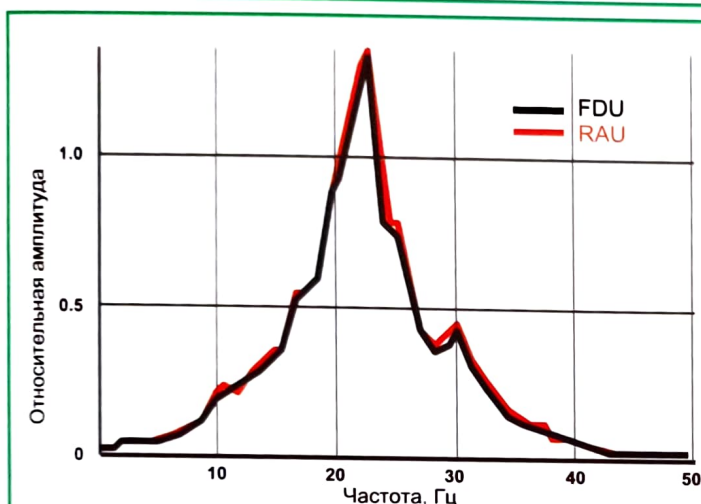


Рис.4. Сравнение амплитудно-частотных спектров в целевом интервале сейсмограмм, полученных с помощью кабельных (FDU) и бескабельных (RAU) каналов. Окно анализа от 2100 до 2700 мс.

ме – например, в Мексике и Португалии, так и в смешанном режиме (как дополнение к кабельной регистрирующей системе) – например, в США, Румынии и Ираке. Наиболее крупная производственная бескабельная съемка 3Д площадью около 900 кв. км была выполнена в штате Табаско, в южной части Мексики, где приемная расстановка включала несколько тысяч автономных модулей на 16 линиях приема. Поверхностные условия были очень сложными: джунгли, холмы, каньоны, населенные пункты, поэтому применялись два типа источников: вибраторы и взрывы. При выполнении прежних съемок 2Д и 3Д в этом регионе наблюдались конфликты с местными фермерами при прокладке линий приема и размотке кабелей. Но теперь, благодаря использованию автономных модулей, потенциальный ущерб сельскохозяйственным угодьям существенно снизился и, соответственно, снизился риск порчи или хищения сейсморазведочного оборудования. По всей площади работ была достигнута высокая плотность ПП благодаря установке автономных модулей там, где сложно размотать кабели – например, в центре населенных пунктов. Заказчик требовал ежедневного контроля качества приемной расстановки, чтобы быть

уверенным, что все данные будут зарегистрированы и считаны, а затем загружены в центральную электронику в течение 48 часов.

Бескабельные системы находят применение и при сейсмическом мониторинге на действующих месторождениях. Возможность произвольного размещения приемных модулей и непрерывной автономной регистрации данных в течение одной-двух недель без перезарядки аккумуляторов особенно важна в условиях ограниченного доступа и большого количества промышленных объектов.

Тестирование бескабельной системы UNITE в России

За последние три года бескабельная система UNITE была успешно протестирована ведущими сейсмическими подрядчиками в самых разных природных условиях – от Арктики (Канада) до тропических лесов (Бразилия) и болот (Луизиана, США). В России, в связи с растущим интересом нефтегазовых компаний к бескабельным системам нового поколения, в этом году в Западной Сибири было выполнено два теста системы UNITE: для компаний ТНК-Уват и Салым-Петролеум Девелопмент (Shell). Для этих тестов нашей компанией было предоставлено 600 автономных модулей RAU. Работы 2Д были выполнены с целью определения эффективности бескабельной сейсморазведки в труднодоступных районах (реки, меандры, значительные перепады рельефа и т.д.), оценки её производительности, качества регистрируемых данных и готовности подрядчиков к применению этой технологии.

В первом случае (исполнитель – ОАО «Башнефтегеофизика») около 400 автономных модулей RAU были уста-

новлены вдоль 15-км участка профиля с кабельным оборудованием системы 428XL с таким же шагом пунктов приема (50 м). Шаг взрывных скважин также был равен 50 м. Дистанционный сбор данных, зарегистрированных автономными модулями RAU, осуществлялся двумя способами: 1) с ближних модулей – в режиме реального времени, в радиусе до 1 км с помощью CAN-антенны; 2) с удаленных модулей – с помощью полевых терминалов (планшетных компьютеров) в пешем порядке и с вездехода, проезжающего вдоль профиля. Опрос одного канала длился около 2 секунд благодаря выборочному считыванию памяти автономного модуля в соответствии с отметками моментов взрывов, заранее занесенными в полевой терминал. При этом процесс регистрации данных может продолжаться, и снятие автономных модулей с пунктов приема и доставка их на базу не требуется. Потери данных были очень низкими, и было сохранено около 99,6% всей информации.

Подрядчик не встретил никаких проблем при тестировании смешанного режима регистрации данных. Как и ожидалось, отличить

О ГЛАВНОМ ИНСТРУМЕНТАРИЙ ГЕОФИЗИКА- СЕЙСМОРАЗВЕДЧИКА



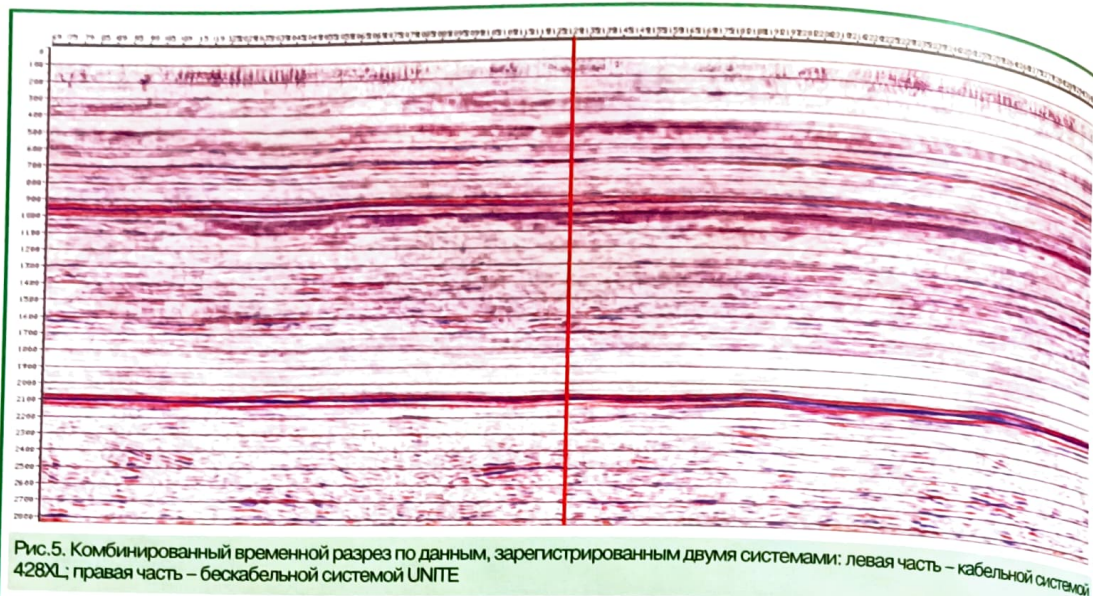


Рис.5. Комбинированный временной разрез по данным, зарегистрированным двумя системами: левая часть – кабельной системой 428XL; правая часть – бескабельной системой UNITE

результаты кабельной и бескабельной систем было невозможно (Рис.3) благодаря одинаковому группам сейсмодатчиков, идентичности электроники в бескабельных блоках RAU и кабельных блоках FDU и одинаковому формату записи SEG-D. Амплитудно-частотные характеристики практически совпали, а доминирующая частота составила около 22 Гц (Рис.4). Данные были обработаны по одинаковому графу, что позволило получить бесшовный временной разрез по данным двух регистрирующих систем (Рис.5). Заказчик описанных опытных работ сделал вывод, что бескабельная система UNITE работоспособна и вполне применима в условиях Западной Сибири, особенно как дополнение к кабельной системе на участках, где затруднена смотка-размотка линий приема.

Второй тест был выполнен компанией ОАО «Интегра-Геофизика» в условиях густого леса. Было установлено, что густой лес не препятствовал приему сигнала GPS со спутников, что гарантировало синхронизацию времени с сейсмостанцией. Радиус действия передвижной CAN-антенны, установленной на гусеничном вездеходе, достигал 450 м при высоте антенны 2,5-3 м. Вездеход двигался вдоль профиля со скоростью 15-20 км/час. Среднесуточная температура при проведении описываемых опытных работ составляла -5°С. Снежный покров толщиной до 30 см (над модулями RAU) не влиял на уровень сигнала, передаваемого на CAN-антенну. Геофоны, подключенные к автономным модулям RAU, устанавливались как можно ближе (на расстоянии 10-20 см) к рабочим геофонам, используемым при производственных наблюдениях с кабельной регистрирующей системой. При визуальном сравнительном анализе полученных сейсмограмм ОПВ, их амплитуд и спектральных характеристик значительных различий не было выявлено.

Как и при первом тесте был сделан вывод, что бескабельная система сбора геофизических данных UNITE по качеству регистрируемого сигнала идентична регистрирующей системе 428 XL. В то же время бескабельная система легко адаптируется под различные методики наблюдений и облегчает расстановку оборудования в населенных пунктах и на промышленных объектах.

Заключение: будущее кабельных и

бескабельных систем

Кабельные системы с группами обычных геофонов на сегодняшний день занимают более 90% рынка. В обозримом будущем бескабельные системы вряд ли займут доминирующее положение на рынке, поскольку кабельные системы сохраняют определенные преимущества как с точки зрения стоимости, так и с точки зрения технологичности. Бескабельные системы, прежде всего, расширяют линейку имеющихся у сейсмодатчиков инструментов для выполнения работ любой сложности. Мы ожидаем, что комбинация этих систем будет целесообразна в сложных поверхностных условиях и в экологически чувствительных районах. Если две системы используются в режиме ведущий-ведомый для обеспечения синхронизации отметки момента, то предпочтительно использовать один и тот же тип центральной электроники и программного обеспечения для осуществления однотипного контроля качества и получения данных в одном формате. Это упрощает последующее слияние массивов данных, зарегистрированных кабельной и бескабельной системами.

Авторы выражают благодарность ООО «ТНК-Уват» за разрешение использовать результаты тестовых полевых работ в данной статье и компаниям ОАО «Башнефтегеофизика» и ОАО «Интегра-Геофизика» за согласие на проведение опытных работ и их безупречную организацию.

Литература:

1. Lansley, M., Laurin, M. and Ronen, S., 2007. Land 3D: Groups or single sensors? Cables or radio? Geophysical and operational considerations – SEG Expanded abstracts, vol.26.
2. Lansley, M., Laurin, M. and Ronen, S., 2008. Modern land recording systems: How do they weigh up? – The Leading Edge, vol.27, issue 7, p.888-894.
3. Mougnot, D., 2010. Land cableless systems use and misuse. – First Break, vol.28, Feb 2010, p.55-58.
4. Mougnot, D., Cherepovskiy, A., and Junjie L., 2011. MEMS-based accelerometers: expectations and practical achievements. – First Break, vol.29, Feb 2011, p.85-90.
5. Мужно Д., Череповский А.В., 2009. Цифровые акселерометры и их влияние на сейсмодатировку. – «Приборы и системы разведочной геофизики», Саратов, №04 (30), с.18-22.