

Сейсморазведочные работы МОГТ 3D с использованием бескабельной сейсморегистрирующей системы GSR

■ Гафаров Р.М., Муртаев И.С., Лицкий В.П., Хакимов Р.Т.,
ОАО «Башнефтегеофизика», г.Уфа

Введение

Данные Американского геологического общества по 25 наиболее крупным нефтегазовым бассейнам говорят о том, что большая часть (70-80%) существующих запасов и потенциальных ресурсов углеводородов расположена на суше. Вместе с тем, проблемы в наземной сейсморазведке разнообразны и, зачастую, труднопреодолимы с использованием существующих технологий выполнения сейсморазведочных работ. Некоторые из этих проблем связаны непосредственно с выявлением целевого объекта: трудные подповерхностные условия, сложные структуры, еле заметные стратиграфические ловушки, трещиноватые коллекторы и необходимость поиска все более глубоко залегающих объектов.

Другие проблемы являются чисто производственными и связаны с ужесточением общих требований к снижению затрат и потерь времени при проведении полевых работ, сокращению рабочих циклов и обеспечению безопасных, здоровых и экологических условий.

Все это требует от геофизиков использования последних достижений в области аппаратуры и методик.

До недавнего времени для решения специфических задач при исследовании строения недр в особо сложных условиях проведения работ использовались лишь кабельные многоканальные телеметрические сейсморегистрирующие системы. Однако в последнее время появился ряд сообщений о выполнении 3D проектов с использованием различных типов бескабельных сейсморегистрирующих систем [1, 2, 3, 4].

Все технологии сейсморазведочных работ, базирующиеся на конкретных технических средствах, имеют как свои преимущества, так и ограничения по возможности использования. Оптимальное оборудование для одних сейсмогеологических условий может оказаться совершенно неприемлемым для других.

Опытные работы, выполненные ОАО «Башнефтегеофизика» в 2011 г. в условиях Западной Сибири (Тюменская область, Герасимовская площадь) с использованием бескабельных систем GSR (компания OYO Geospace, США) и UNITE (компания Sercel, Франция) показали, что обе системы работоспособны и в условиях Западной Сибири вполне применимы [5].

В сезон 2012-2013 гг. ОАО «Башнефтегеофизика» продолжило выполнение сейсморазведочных работ с использованием бескабельной сейсморегистрирующей системы в условиях Западной Сибири, но уже в производственном режиме.

Сейсморазведочные работы МОГТ 3D были проведены на территориях Белоярского и Октябрьского районов ХМАО-ЮГРЫ Тюменской области. Работы были выполнены с использованием бескабельной сейсморегистрирующей системы GSR автономного типа. Насколько нам известно, сейсморазведочные работы МОГТ 3D с использованием бескабельной сейсморегистрирующей системы GSR в производственном режиме были выполнены ОАО «Башнефтегеофизика» впервые в России и представленные ниже результаты этих работ должны представить интерес для специалистов российских геофизических предприятий.

Сейсморазведочные работы МОГТ 3Д на Бобровской площади

Сейсморазведочные работы 3Д на Бобровской площади в сезон 2012-2013 гг. были проведены силами СП 52 Шаимской сейсмической экспедиции ОАО «Башнефтегеофизика» на основании геологического задания, выданного ЗАО «Континентальная геофизическая компания», согласно договора № 42/110-12 от 05.03.2012 г.

Объектом исследования являлось:

- детальное изучение геологического строения Бобровского месторождения по отражающим горизонтам, приуроченным к поверхности доюрского основания, юрским и нижнемеловым отложениям;
- получение 3-хмерных сейсмических материалов и их обработка с целью создания детальных геологических моделей строения залежи УВ в пласте ЮК2-3 и прогнозных карт по перспективным горизонтам ЮК4-11 тюменской свиты, ЮК1, ЮК0 верхней юры, пластов ВК1-3 и АС1-3 меловых отложений;
- учет аномалий ВЧР, связанных с многолетними мерзлыми породами и влияющих на точность построений по отражающим горизонтам.

В административном отношении площадь работ расположена на территории Белоярского района ХМАО-Югры Тюменской обл.

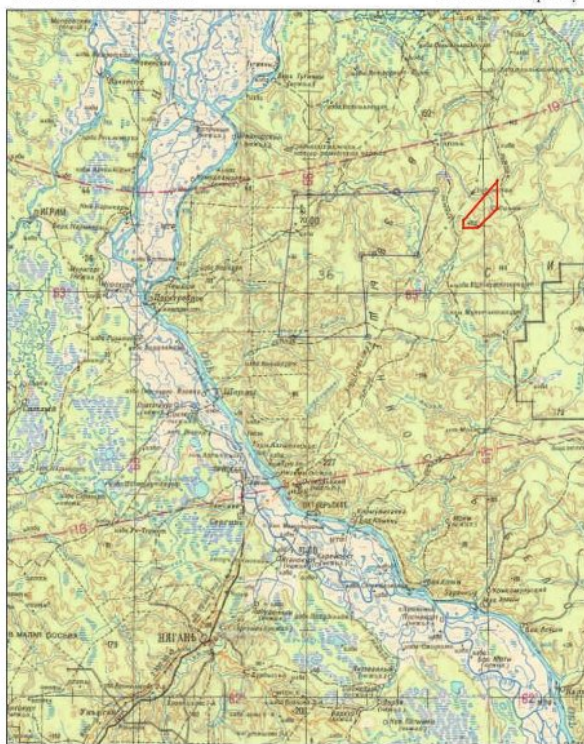
Обзорная карта работ представлена на рис.1

С целью определения глубин погружения и веса заряда на низких пойменных заболоченных участках и высоких участках и буграх, оптимальных для генерирования энергетически выраженных средне- и высокочастотных колебаний, в период 20-21.01.2013 были проведены опытно-методические работы.

Работы проводились на 2-х точках

РФ Тюменская обл. ХМАО

ОАО БНГФ к проекту



▲ Рис. 1. Обзорная карта района работ.

пр142/пк245(alt140), пр142/пк240(alt123) при рабочей расстановке - 1 линия, 144 каналов. Группирование сейсмоприемников - 12 сейсмоприемников типа GS20-DX в точке, Регистрация упругих колебаний проводилась телеметрической сейсмостанцией SN 428XL.

Параметры регистрации:

- шаг квантования - 2 мс;
- длительность записи - 5с;
- ФВЧ - выключен;
- антиалясинг-фильтр - минимально-фазовый 0,8N;
- РФ - выключен;

В качестве источников возбуждения упругих колебаний использовался взрыв одинарного, двойного и тройного заряда ЗС-40ТГ50 с электродетонатором ЭДС-1.

Объем работ составил 38 ф.н. МОГТ. По результатам работ были выбраны следующие параметры возбуждения сейсмических колебаний:

- на низких пойменных заболоченных участках глубина погружения заряда 3 метра (ниже подошвы торфяного слоя)

для групп из 3 скважин с весом заряда в каждой скважине 640гр и общей базой 20 метров;

- на высоких участках и буграх глубина погружения заряда 21 метр с весом заряда 960гр.

Сейсморазведочные работы

Детальный этап сейсморазведочных работ проводился методом ОГТ 3D с 13.02.2013 г. по 23.02.2013 г.

Сейсморазведочные работы проводились с использованием бескабельной сейсморегистрирующей системы GSR, производства компании «OYO Geospace» (США).

Параметры регистрации:

- длина записи – 5 с;
- дискретность – 2 мс;
- ФНЧ – 0,8 Nyquist мин.-фазовый;
- ФВЧ – открытый канал;
- режекторные фильтры – выключены;
- усиление предусилителей - 0 Дб;
- база группирования – 50 м;
- число активных каналов – 1568;
- тип геофонов – GS-One

Отличительными особенностями системы GSR являются:

- Автономный режим регистрации сейсмоданных;
- 24-битовый регистратор цифровых данных;
- Встроенный GPS-приемник и синхронизируемые/калибруемые часы;
- Встроенный генератор тест-сигнала для проверки геофонов;
- Хранение данных во флэш-памяти;
- Возможность вести непрерывную запись в течение длительного времени, до 30 суток;
- Идеально подходит для проектов, связанных с непрерывной записью сейсмических данных в районах, удаленных от населенных пунктов;
- Возможность наращивания системы до более 10 000 каналов.

В комплект системы GSR входили:

1. Полевые блоки GSX (в состав блока входит аналого-цифровой преобразователь GPS-приёмник, энергонезависимая память и устройство связи Wi-Fi);
2. Аккумуляторные блоки;
3. Устройства зарядки аккумуляторов;
4. Контроллер сейсмоисточника;
5. Консоль управления – Field Management Console (FMC);
6. Устройство просмотра линии - Line Viewer (Контроль качества);
7. Модуль передачи данных - Data Transfer Module (DTM);
8. Блок управления системой - GeoRes-XTC.

Более подробное описание системы GSR и ее спецификацию можно найти в [6].

Для решения поставленной геологической задачи на Бобровском месторождении применялась методика и технология трехмерной сейсморазведки МОГТ (модификация «3D»).

Площадь сейсмической съемки на Бобровском участке составила 60 кв. км.

На участке была применена площадная система наблюдений типа «Крест». Была подготовлена сеть из 38 профилей возбуждения (ЛПВ) в субширотном направлении, ортогонально к ним была проложена сеть из 18 профилей приема (ЛПП). Общая протяженность ЛПВ составила 154,1 пог. км, ЛПП – 215,1 пог. км, общее количество число физических наблюдений – 3120 при плотности наблюдений 52 ф.н./кв.км. Интервал между ЛПВ - 400 м и ЛПП - 300 м, интервал между ПВ и ПП - 50 м.

Профили приема группировались в сейсмоблоки, по 14 профилей из 112 активных каналов на линию в каждом (1568 активных каналов). При этом следующий соседний блок перекрывался с предыдущим тринадцатью профилями.

ми приема. Каждый блок отрабатывался по центрально-симметричной схеме наблюдений. После отработки 6 пунктов возбуждения на центральном, по отношению к расстановке СП (между 56 и 57 каналами, 7 и 8 активными линиями приема) профиле возбуждения, расстановка геофонов в пределах отрабатываемого сейсмоблока перекоммутировалась на 400 м вперед по профилю приема, после чего отрабатывались аналогичные 6 пунктов возбуждения, размещенные на следующем (соседнем) профиле возбуждения, и т. д., до отработки пунктов на последнем профиле. По аналогичной схеме отрабатывались все другие сейсмоблоки.

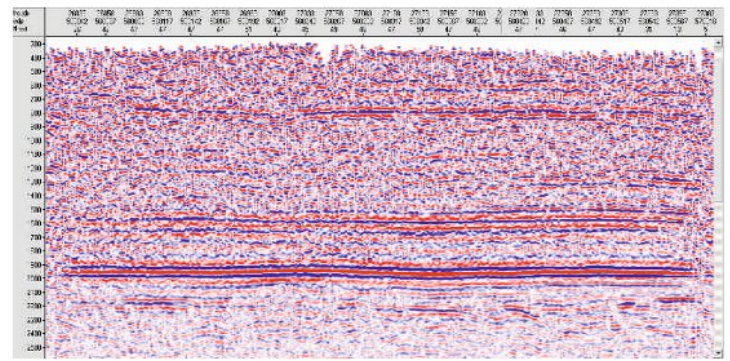
Данная схема отработки площади позволила получить сейсмическую информацию в узлах сети 25×25 м (бин) с максимальным удалением ПП-ПВ 3465 м, минимальным удалением 35 м и с кратностью 49 в полнократной части. Продемонстрирована зона набора кратности (до номинала 49) на краях сейсмической съёмки, которая составляет по оси X=900 м, по оси Y=1200 м.

Система наблюдения была проанализирована по кратности наблюдений на отражающих горизонтах нефтенасыщенных пластов, характерных для Бобровской структуры (центральный купол), расположенной на проектном участке (по данным сейсморазведочных работ и акустического каротажа скв. 4 Бобровская на предыдущем этапе исследований).

Предварительная обработка осуществлялась на полевом ВЦ, оснащённом интерактивной системой обработки сейсмических данных Geovector Plus v.4100 (компании CGG), обладающей широкими функциональными возможностями. Экспресс-анализ полевых материалов и полученные по результа-

там предварительной обработки динамические атрибуты полевых записей, а также первые суммы позволили количественно оценивать качество отработки и принимать решения. Качество полевого материала определялась внутренними требованиями ОАО «Башнефтегеофизика». Оценке подвергались такие параметры как геометрия, соотношение сигнал/шум, доминирующая частота. Общая оценка качества материала составила 0.978.

На рис.2 представлен фрагмент временного разреза по inline.



▲ Рис. 2. Фрагмент временного разреза по inline

В целом, по участку проведенных исследований получен первичный сейсмический материал, позволяющий провести обработку и структурные построения согласно геологическому заданию.

Сейсморазведочные работы МОГТ 3D на Остапенковском месторождении

Сейсморазведочные работы МОГТ 3D на Остапенковском месторождении, расположенном в Белоярском и Октябрьском районах ХМАО-Югры Тюменской области, проводились на основании Договора № 43/110-12 от 05.03.12 г. между ООО «БЕЛГЕО» и ОАО «Башнефтегеофизика».

Целевое назначение работ:

- детальное изучение геологического строения Остапенковского месторожде-

ния по отражающим горизонтам, приуроченным к поверхности доюрского основания, юрским и нижнемеловым отложениям;

- получение 3-хмерных сейсмических материалов и их обработка с целью создания детальных геологических моделей строения залежи УВ в пласте ЮК2-3 и прогнозных карт по перспективным горизонтам ЮК4-11 тюменской свиты, ЮК1, ЮК0 верхней юры, пластов ВК1-3 и АС1-3 меловых отложений;

- учет аномалий ВЧР, связанных с многолетними мерзлыми породами и влияющих на точность построений по отражающим горизонтам.

Сейсморегистрирующая система (GSR), параметры регистрации, методики и технология трехмерной сейсморазведки МОГТ-3D, примененные для решения поставленной геологической задачи на Остепенковском месторождении, были аналогичны тем, которые были применены ранее при проведении сейсморазведочных работ на Бобровской площади.

Обзорная карта работ представлена на рис.3.

РФ Тюменская обл. ХМАО

ОАО БНГФ в. проекту



▲ Рис. 3. Обзорная карта района работ.

На участке применялась площадная система наблюдений типа «Крест».

Площадь сейсмической съемки на Остепенковском участке составила 75 кв. км. Была подготовлена сеть из 38 профилей возбуждения (ЛПВ) в субширотном направлении, ортогонально к ним проложена сеть из 31 профиля приема (ЛПП). Общая протяженность ЛПВ составляет 197,6 пог. км, ЛПП – 267,25 пог. км, общее расчетное число физических наблюдений – 3990 при плотности наблюдений 53,2 ф.н./кв.км. Интервал между ЛПВ - 400 м и ЛПП - 300 м, интервал между ПВ и ПП - 50 м.

Профили приема группировались в сейсмоблоки, по 14 профилей из 112 активных каналов на линию в каждом (1568 активных каналов). При этом следующий соседний блок перекрывался с предыдущим тринадцатью профилями приема. Отработка сейсмоблоков осуществлялась по схеме, аналогичной схеме отработки сейсмоблоков при проведении работ на Бобровской площади.

Ряд ПВ был перенесён со своих плановых позиций на ближайшие разрешённые пикеты (с предварительного согласия представителя Заказчика), что в свою очередь в некоторой степени изменило характеристику отдельных бинов. Смещения проводились до 350 м вправо-влево перпендикулярно к линии возбуждения с шагом 50 м при сохранении центрально-симметричной расстановки относительно смещаемого ПВ. Если перпендикулярное перемещение было невозможно, то перемещение пункта возбуждения проводилось перпендикулярно линии приема, а затем перпендикулярно линии возбуждения. Нумерация пикетов быть изменена на величину, соответствующую интервалу смещения. Все смещения ПВ были перенесены в соответствии с требованиями на прове-

дение работ МОГТ-3D. Расчет смещений выполнялся непосредственно при производстве сейсморазведочных работ с использованием специализированного программного обеспечения "ПИКЕЗА-3".

Полевые наблюдения проводились по центрально-симметричной схеме с использованием бескабельной системы GSR, активная расстановка - 112 каналов на 14 ЛПП, кратность наблюдений - 49. Отработано 75 кв. км (3990 ф.н.). Шаг пунктов наблюдения и возбуждения – 50 м, шаг ЛПП – 300 м, ЛПВ - 400 м. Длина записи 5 с, шаг дискретизации 2 мс. Источник возбуждения – группа из 2 скважин глубиной 3 м.

Контроль качества полевых материалов выполнялся на полевом вычислительном центре с использованием программы GeovectorPlus.

На рис.4 представлен фрагмент временного разреза по inline.

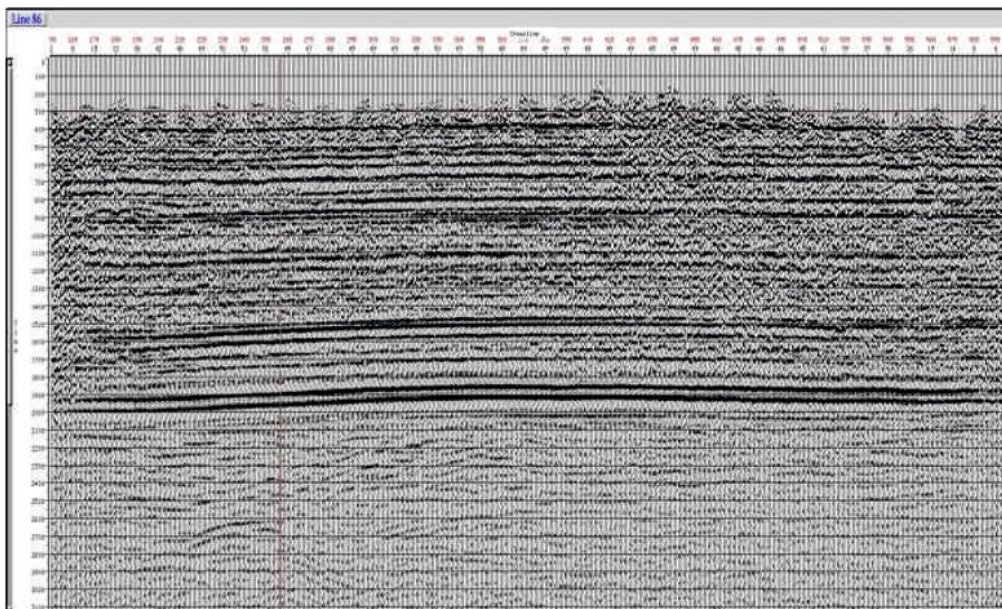
Полученные материалы характеризуются хорошим качеством первичных сейсмических данных, что позволяет рассчитывать на успешное проведение их обработки и интерпретации, а также решение поставленных геологических задач.

Описание процесса производства работ с использованием бескабельной сейсморегирующей системы GSR

Технология выполнения полевых работ с использованием бескабельной сейсморегирующей системы имеет свои особенности, связанные не только с отсутствием кабельного канала передачи данных, но и с типом самой системы (сетевой, полуавтономный и автономный типы) и только всесторонний учет этих особенностей может обеспечить реализацию всех потенциальных возможностей бескабельной системы того или иного типа. Ниже приведено описание процесса производства работ с использованием системы GSR – бескабельной сейсморегирующей системы автономного типа.

Для начала производства, оборудование подготавливается к работе на базе партии:

1. Производится зарядка аккумуляторов;
2. Операторами сейсмостанции с помощью программного обеспечения Geo-Reaper в блоки GSX заносится информация о параметрах записи, (шаг дискретизации, усиление предусилителей,



◀ Рис. 4. Фрагмент временного разреза по inline.

параметры фильтрации, длина записи, фаза ОМ);

3. В устройство просмотра линии Line Viewer вводятся географические координаты ПП в формате SP-1.

После подготовки оборудования к работе производится доставка оборудования на профиль.

Установка на профиле заключается в следующем:

1. К блокам GSX подключаются сейсмоприёмники GS-1 и аккумуляторы. После подключения к блоку аккумулятора, система автоматически начинает поиск спутников и определение своих координат по GPS. Если все верно, блоку GSX присваивается номер профиля и пикета;

2. Производится тестирование уровня заряда аккумулятора;

3. Производится тестирование параметров геофонов (уровень шумов, мгновенный динамический диапазон, импеданс, взаимные влияния и т.д.);

4. Устройство просмотра линии Line Viewer позволяет технику «прозванивать» каждый записывающий блок GSR после установки и проверять состояние самого блока и геофона. Операция занимает несколько секунд.

Оборудование готово к работе. С этого момента блок непрерывно записывает информацию с сейсмоприёмника, синхронизируя время по спутнику. Параллельно, на сейсмостанции, в контроллере сейсмоисточника также установлены часы, с синхронизацией по спутнику. Там же формируется отметка момента возбуждения от каждого ПВ.

Все вышеперечисленные действия осуществляются без выхода блока из режима записи.

Перед тем как начать отстрел вся информация, снятая Line Viewer с каждой размотанной линии, доставляется и скачивается на станцию, после чего можно визуально наблюдать размотан-

ные на профиле каналы и проверить: состояние самого блока и прибора на профиле; находится ли прибор на нужном пикете, на своей линии; уровень заряда аккумуляторов; состояние связи со спутниками и т.д.. И если по каким-то причинам прибор не обозначен, либо стоит не на своей линии, нет связи GPS со спутниками - на место выезжает техник с Line Viwer для устранения неполадок. После этого процедура проверки повторяется. В режиме реального времени при отстреле и после него невозможно узнать о состоянии прибора со станции. К примеру: если блок GSX был по каким-то причинам сбит, случайно по нему проехали, либо блок завалился на бок. Прибор в таком положении не в состоянии связаться со спутником и после нескольких неудачных попыток производит перезагрузку. В этот момент прибор не будет записывать информацию.

Так как информация записывается не в саму сейсмостанцию, а находится в самом блоке GSX, оборудование может лежать в поле длительное время (до 25 суток при полном разряде батареи) до того момента пока не будет набрано нужное количество каналов для передачи на ВЦ (минимум половина активной расстановки). Таким образом, нет возможности просмотра первых отработанных сейсмограмм сразу же после отстрела.

Можно сразу же после отстрела собрать и доставить на станцию нужное количество блоков GSX для скачивания информации и визуального контроля качества сейсмограмм или параметров регистрации, но при этом потребуются дополнительное время на подмотку, последующую размотку и формирование SEG-D файлов, а так же тестирование прибора после установки на место.

При размотке с ГАЗ 34039 в среднем за 4 часа бригада из 3-х человек устанавливает 230 каналов. 1 человек разматывает, второй устанавливает, третий человек снимает тест с прибора при помощи Line

Viewer и сравнивает координаты блока GSX с базой данных Line Viewer.

Подмотка на ГАЗ 34039 занимает порядка 3 часов.

Время скачивания информации с 192-х блоков (это 2 полностью загруженные блоки DTM) составляет 8-10 мин. время скачивания напрямую зависит от объёма информации, т.е. от времени работы блока на профиле. Общий цикл передачи информации 192-х блоков (подключение, скачивание и отключение) составляет 15 мин;

Сортировка информации и создание SPS-файлов занимает порядка 30 мин.

Чтобы передать на ВЦ половину активной расстановки с 4х линий приема (учитывая набор кратности) потребовалось отработать 502 скважины.

Таким образом, для создания полноценных SEG-D файлов с максимальной проектной расстановкой 1568 каналов нужно отработать 1809 ПВ.

Выводы

Несмотря на сравнительно недавнее появление современных бескабельных сейсморегистрирующих систем, данные сейсморегистрирующие системы уже достаточно активно используются за рубежом в различных климатических зонах с использованием современных сейсмических технологий, в том числе при выполнении сейсморазведочных работ МОГТ 3D.

Результаты, полученные ОАО «Башнефтегеофизика» при выполнении сейсморазведочных работ МОГТ 3D с использованием бескабельной сейсморегистрирующей системы автономного типа GSR, убедительно свидетельствуют о том, что данная систем вполне применима в условиях Западной Сибири.

Опыт, полученный специалистами ОАО «Башнефтегеофизика» при выполнении сейсморазведочных работ МОГТ 3D в условиях Западной Сибири с исполь-

зованием бескабельной сейсморегистрирующей системы GSR, позволяет сделать следующие выводы:

1. Бескабельная система сбора сейсмических данных автономного типа GSR в сравнении с существующими кабельными телеметрическими сейсморегистрирующими системами имеет следующие преимущества:

- портативность и транспортабельность;
- непрерывная запись информации;
- для размотки и установки приборов на профиле достаточно 2х человек в одной бригаде;
- возможность установки приборов в эксклюзивных зонах, высокая скорость размотки (эффективная конструкция, малый вес);
- исключены повреждения оборудования, обрывы кабеля при подмотке/размотке;
- энергонезависимая память прибора позволяет скачать информацию при повреждении блока (наезд техники, прочие неучтенные ситуации);
- возможность формирования SEG D файлов по новым SPS файлам (в случае ошибок);
- упрощена наладка активной расстановки (1 техник с LineViewer способен оперативно устранить неполадки на линии, протестировать и запустить в работу прибор на месте);
- аккумуляторные батареи нового поколения способны поддерживать круглосуточную бесперебойную запись прибора в течении 25 суток;
- возможность снятия тестов с прибора без выхода прибора из режима записи
- наличие высокоскоростного порта передачи данных;
- сеймостанция не передвигается по площади (при условии радиосигнала достаточно высокого уровня);
- наличие второго независимого блока управления полем FMC, что обеспечива-

ет возможность параллельных (опытных) работ;

- все оборудование поставляется в специально оборудованных контейнерах, что придает мобильность системе и обеспечивает сохранность оборудования.

Вместе с тем, в процессе выполнения работ специалистами сейсмопартий были отмечены следующие недостатки системы:

- основным недостатком системы является отсутствие on-line контроля за расстановкой, снятие тестов по шумам осуществляется выездом техника-геофизика на профиль с устройством просмотра линии lineViewer. Впрочем, данный недостаток присущ всем бескабельным сейсморегистрирующим системам автономного типа;

- отсутствие системы поиска прибора на профиле (при отсутствии пикета, может возникнуть сложность с поиском, требуется Garmin)

- отмечена некорректная совместная работа SGD (Новосибирск) и аппаратного обеспечения GSR-SI (представители Geospace готовы исправить проблему);

- не работает GPS навигация (нет контроля за взрывниками);

- не всегда корректно работает устройство просмотра линии lineViewer при тестировании полевых блоков со снегохода "Буран";

- для работы сейсмостанции и зарядки аккумуляторов требуется напряжение 110 В, 50 Гц;

- в рапортах оператора не фиксируются вертикальные времена T_v (приходится вносить вручную);

- длительный простой аккумуляторов приводит их в негодность;

- при переезде в другую географическую зону возникают проблемы с геодезией.

Рекомендации:

Для более оптимального выполнения работ необходимо:

- использовать группы геофонов 3х2;
- наладить систему GPS навигации для контроля взрывников;
- обеспечить сейсmobригады устройствами Garmin;
- устранить проблему фиксации отметки вертикального времени в рапорте оператора;
- скорректировать работу SGD с GSR-SI;
- желательно работать вдали от населенных пунктов и зон техногенных помех.

В целом же, по результатам выполненных работ можно сделать вывод о том, что бескабельная сейсморегистрирующая система GSR надежна, практична, мобильна и проста в использовании, что обеспечивает возможность выполнения больших объемов работ в короткие сроки.

Литература

1. Mike Yates, Jeff Reck, Marty Smithey, Wine country 3-D: Cable-less seismic acquisition in Mendoza Province, Argentina [2011]
2. Wireless vs. Wireline Land 3D Seismic in North Italy [2013] www.geotecspa.com
3. Wireless land survey in Colorado, Digital Energy Journal, January 06, 2009 www.apachecorp.com
4. Jack Caldwell, Cable-less seismic offers real-world advantages. Hart's E&P [2010] www.epmag.com
5. Гафаров Р.М., Опытные работы по испытаниям полевых бескабельных систем GSR (GEOSPACE) и UNITE (Sercel). Приборы и системы разведочной геофизики, №02(40)/2012
6. Кузнецов И.М., Современные бескабельные телеметрические сейсморегистрирующие системы (обзор). Приборы и системы разведочной геофизики, №02 (36)/2011