

Опытные работы по испытаниям полевых бескабельных систем GSR (GEOSPACe) и UNITE (Sercel)

Гафаров Р.М., ОАО «Башнефтегеофизика», г. Уфа

Введение

Опытные работы по испытаниям полевых бескабельных систем регистрации в условиях Западной Сибири проводились в Тюменской области, Уватский район на Герасимовской площади (Заказчик ООО «ТНК-Уват») в период с 10 по 17 марта 2011 г.

Испытаниям подвергались система GSR, производства «OYO Geospace» (США) и система Unite, производства фирмы Sercel (Франция).

Работы проводила сейсморазведочная партия № 54 ОАО «Башнефтегеофизика».

Для проведения испытаний был выбран производственный профиль № 39, охватывающий различные сейсмогеологические и поверхностные условия, на

участке которого (15 км) были размотано оборудование трёх регистрирующих систем: кабельной SN428XL, и бескабельных Unite и GSR. Использовались групповые сейсμοприёмники GS-20DX и одиночные GS-1. Схема расположения оборудования приведена на рисунке 1.

Система GSR

В комплект системы GSR входили:

1. Полевые блоки GSR (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);

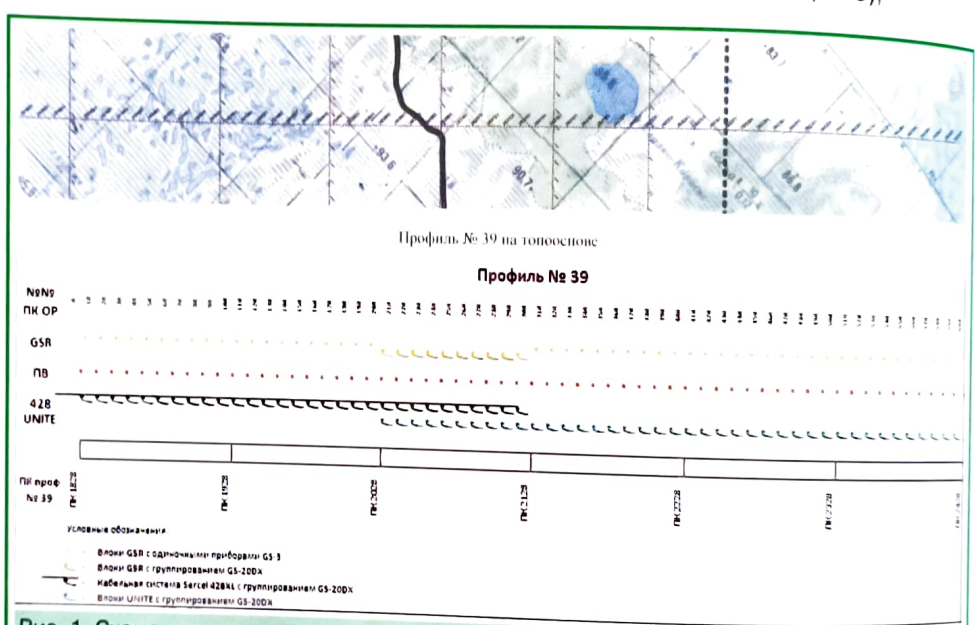


Рис. 1. Схема расстановки различных систем наблюдения на опытном профиле

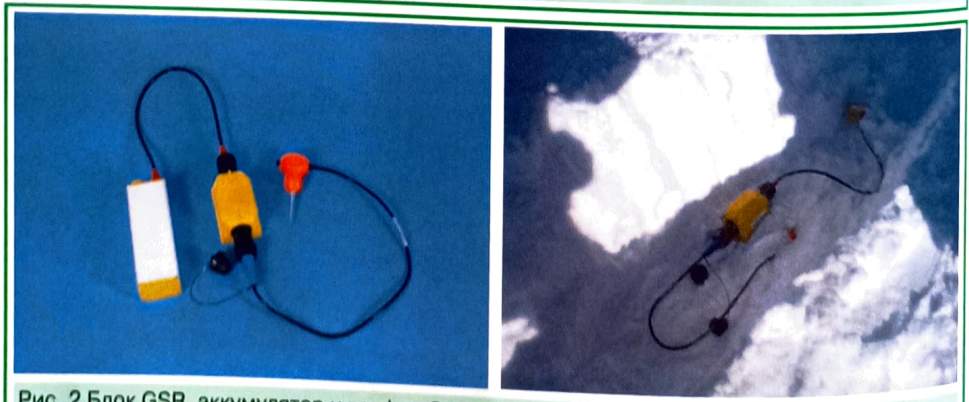


Рис. 2. Блок GSR, аккумулятор и геофон GS-1 на базе и на профиле

Спецификации

• Собственная частота (Fn)	10 Гц $\pm 3,5\%$
• Искажения	$< 0,1\%$
• Максимальный угол наклона для спецификаций по искажениям	10°
• Чувствительность	85,8 В/сек $\pm 3,5\%$
• Затухание	0,70 ТИП с 20 кОм
• Затухание открытой цепи	0,48 – 0,54
• Омическое сопротивление	1 800 Ом $\pm 3,5\%$
• Ложная частота	> 240 Гц
• Движущаяся масса	14 грамм
• Минимальное перемещение катушки межпиковое	2,54 мм
• Диаметр	30,2 мм
• Высота	39,9 мм
• Вес	130 грамм
• Диапазон рабочих температур	$-40^\circ\text{C} \sim +100^\circ\text{C}$

**GS-ONE**

(В натуральную величину)

Таблица 1.

6. Устройство просмотра линии - Line Viewer (Контроль качества);
7. Модуль передачи данных - Data Transfer Module (DTM);
8. Блок управления системой - GeoRes-ХТС.

Отличительными особенностями системы являются:

- «GSR» является автономной бескабельной системой сбора и хранения сейсмоданных;
- 24-х разрядная оцифровка сейсмических сигналов;
- Встроенные GPS-приемник и синхронизируемые часы;
- Встроенный генератор тест-сигналов с высоким разрешением;
- Флэш-память;
- Возможность наращивания системы до 50000 и более каналов;
- Непрерывная запись в течение 30 суток и более;
- Совместимость с взрывными, вибрационными и другими импульсными источниками возбуждения сейсмических колебаний;
- Светодиодный индикатор, сообщающий о состоянии прибора и его готовности к работе;
- Радиочастотный идентификатор-транспондер для ускорения обнаружения прибора на местности и на складе;
- Прием сигналов от стандартных аналоговых датчиков.

Более подробное описание системы GSR и ее основные технические характеристики можно найти в [1]. Технические характеристики сейсмоприемника GS-1 представлены в таблице 1.

Описание процесса сбора данных

Ниже описана хронология производ-

ства полевых работ с системой GSR.

I. Подготовка оборудования к работе на базе партии.

1. Производится зарядка аккумуляторов;
2. В блоки GSR заносится информация о параметрах записи (шаг дискретизации, усиление предусилителей, параметры фильтрации, длина записи, фаза OM);
3. В Line Viewer вводятся координаты ПП в формате SEG-P1.

II. Установка оборудования на профиле

Установка на профиле заключается в подключении сейсмоприемника (или группы приборов) и аккумулятора к блоку GSR. После подключения аккумулятора, блок автоматически начинает поиск спутников и определение своих координат по GPS. Бригада размотки при этом двигается дальше. Установка 200 каналов бригадой из 3-х человек заняла 2,5 часа (или 45 сек на канал при шаге ПП 25м). Для сравнения – размотка кабельной системы составляет 200 каналов за 4 часа. Т.е. скорость размотки в 1,5 раза выше.

Спустя 10-15 мин после начала размотки, когда встроенная система синхронизации и определения координат находит необходимое количество спутников, техник-оператор начинает проверку блоков при помощи Line Viewer, посредством связи Wi-Fi. Цель проверки:

1. Сравнение координат, определенных с использованием системы GPS блока GSR, с базой данных Line Viewer. Если есть совпадение, блоку GSR присваивается номер профиля и пикета;
2. Тестирование зарядки аккумулятора;
3. Тестирование параметров геофонов

(уровень шумов, мгновенный динамический диапазон, импеданс, взаимные влияния и т.д.). Всего 9 видов тестов, в зависимости от того, какие из них необходимы по требованиям проекта.

Операция занимает для каждого блока несколько секунд. Оборудование готово к работе.

III. Регистрация сейсмоданных

С этого момента блок непрерывно записывает информацию, поступающую с сейсмоприёмника, синхронизируя время по спутнику. Параллельно, на сеймостанции, в контроллере сейсмоисточника также установлены часы с синхронизацией по спутнику. Там же формируется и регистрируется в контроллере сейсмоисточника привязанная ко времени отметка момента возбуждения от каждого ПВ.

IV. Съём зарегистрированных сейсмоданных и формирование сейсмограмм

После отстрела производится сбор и доставка оборудования на базу. Информация из блоков, посредством модуля передачи данных, записывается в блок управления системой, где, используя отметки моментов из контроллера сейсмоисточника, блок управления системой формирует окончательную сейсмограмму в формате SEG-D, используя SPS-файлы.

Хронометраж считывания информации показал:

1. Чистое время скачивания информации с 48-ми блоков составило 2 мин 40 сек. Необходимо учесть, что время скачивания напрямую зависит от объёма информации, т.е. от времени работы блока на профиле (в нашем случае запись велась на протяжении 3 суток и составила около 400 Мб на каждый блок);
2. Общий цикл передачи информации 48-ми блоков (подключение, скачивание и отключение) составляет 9 мин;

3. Сортировка информации и создание SPS-файлов занимает порядка 60 мин.

Таким образом, можно рассчитать, сколько времени составит задержка с момента приезда на базу до передачи зарегистрированной информации в группу обработки.

При средней производительности партии 300 ПВ в сутки будет освобождаться порядка 300 ПП. Максимальное время работы блоков на профиле, при работах 3D, составит порядка 7 суток. То



Рис. 3 Блок UNITE



Рис. 4 Portable Field Terminal



Рис. 5 Сбор данных Unite при помощи CAN

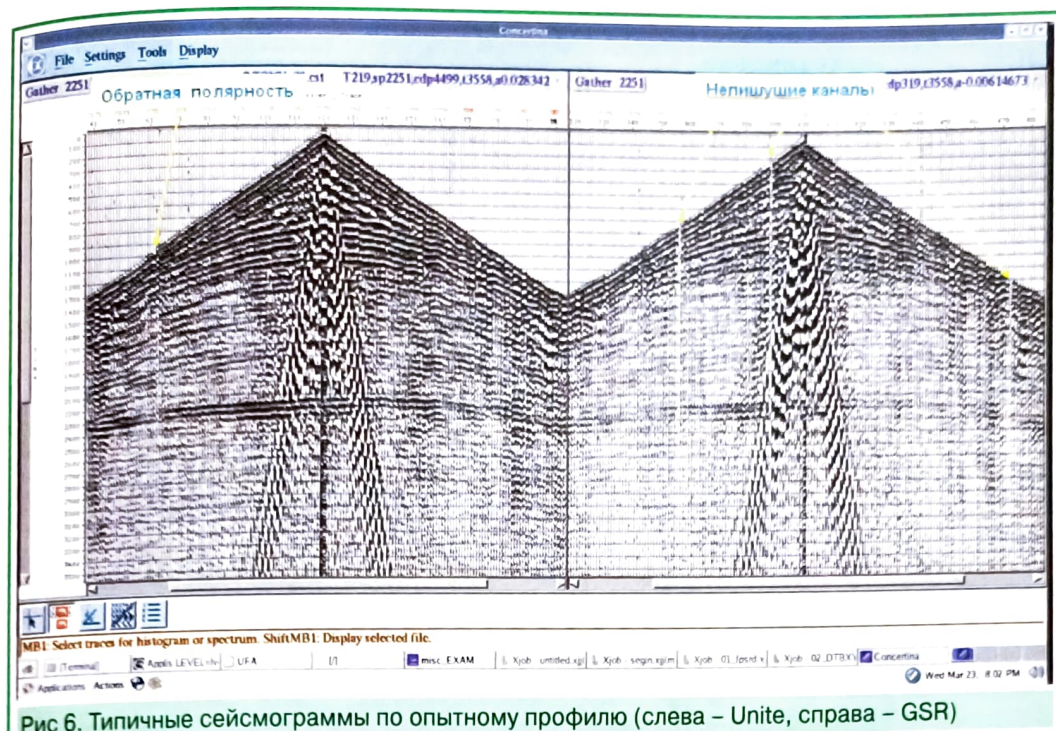


Рис 6. Типичные сейсмограммы по опытному профилю (слева – Unite, справа – GSR)

есть скачивание будет осуществляться 1,5 часа, плюс сортировка. Итого, в среднем, временные затраты на получение стандартных сейсмограмм в формате SEG-D составят 2,5 часа.

Система UNITE

Система Unite на опытных работах была представлена только полевым блоком оцифровки информации и использовалась как составляющая комбинированной системы сбора данных в составе кабельной телеметрии. В качестве приёмника использовалась группа геофонов GS-20DX. Питание производилось от кислотного аккумулятора.

В состав полевого блока системы UNITE входят: встроенный аккумулятор,

стандартный аналого-цифровой преобразователь FDU, GPS-приёмник, энергонезависимая память и устройство связи Wi-Fi.

Более подробное описание системы UNITE и ее основные технические характеристики можно найти в [1].

Описание процесса сбора данных

Процесс производства работ состоял в следующем:

1. Подготовка оборудования к работе на базе партии.

Аналогично системе GSR, перед началом проекта во все блоки записываются параметры записи сеймостанции (шаг дискретизации, усиление предусилителей, параметры фильтрации, длина

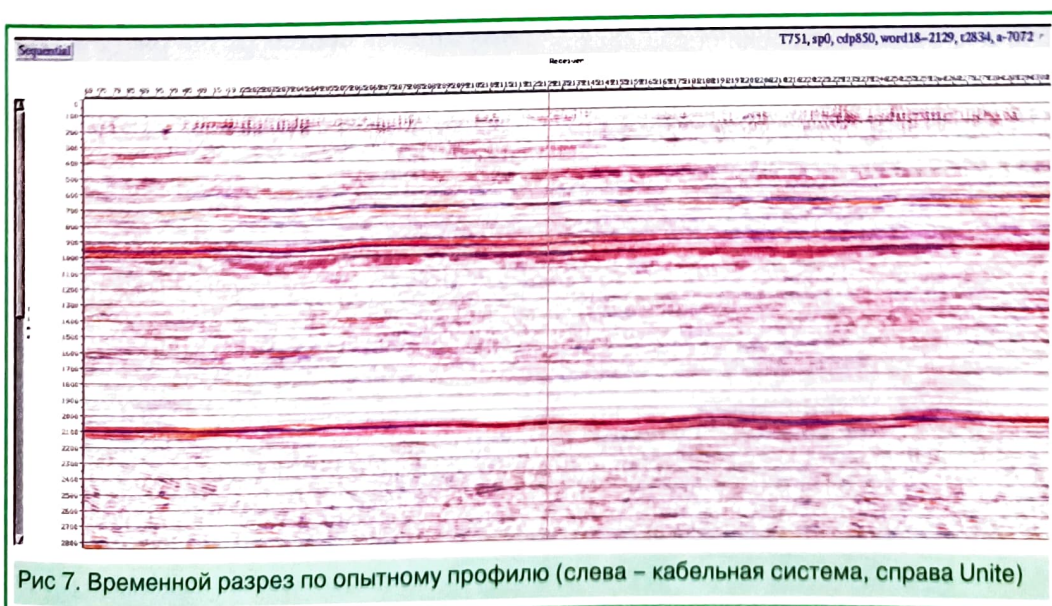


Рис 7. Временной разрез по опытному профилю (слева – кабельная система, справа Unite)

записи и т.д.).

II. Установка оборудования на профиле

Установка на профиле блоков системы UNITE осуществляется аналогично системе GSR. Информация в блок «закачивается» с портативного устройства Portable Field Terminal через Wi-Fi связь. При данных опытных работах, мы не осуществляли мониторинг установки оборудования, так как UNITE были представлены не в оригинальном комплекте, а только блоками (применялись стандартные группы геофонов и кислотные аккумуляторы), т.е. эти системы находились не в равных условиях. Но, в принципе, время установки блоков системы UNITE не должно существенно отличаться от системы GSR.

III. Регистрация и сбор сейсмоданных

Сбор данных может осуществляться двумя способами:

1. При наличии в комплекте устройства CAN (блок оцифровки + антенна) возможен сбор информации в режиме реального времени в радиусе до 1 км от антенны. Недостаток данного способа заключается в том, что блок CAN может подключаться только к LAUX. То есть в 3D-варианте, мы сможем видеть только блоки UNITE, расположенные в радиусе 1 км от центральных модулей LAUX.

2. Все остальные блоки опрашиваются с помощью RAU FIELD TERMINAL, посредством связи Wi-Fi, в пешем порядке или из любого транспортного средства. В нашем случае, опрос одного канала составлял 2 сек. То есть достаточно проехать по профилю на автомобиле

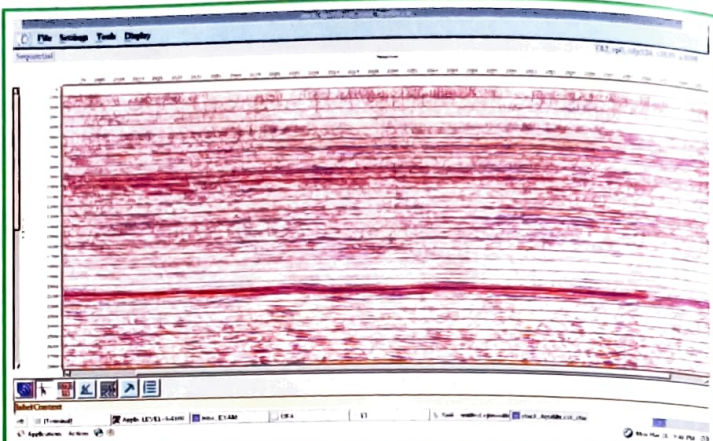


Рис 8. Временной разрез по опытному профилю, отстрелянный системой GSR

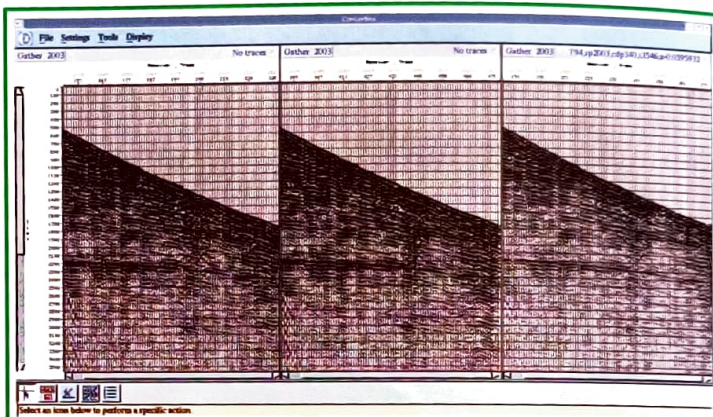


Рис 9. Сопоставление участка профиля (100 каналов, группирование 12 шт. GS-20DX), отстрелянный тремя различными системами (слева – кабельная 428, в центре – UNITE, справа – GSR).

и вся информация будет считана. И, даже, облёт профилей на вертолёте, показанный в рекламном фильме – не фантастика, а реальность.

Таким образом, одно из существенных отличий систем GSR и UNITE заключается в организации процесса сбора данных. При этом преимущества французской Unite заключаются в следующем:

1. Вблизи центральных модулей LAUX можно установить антенны CAN и в

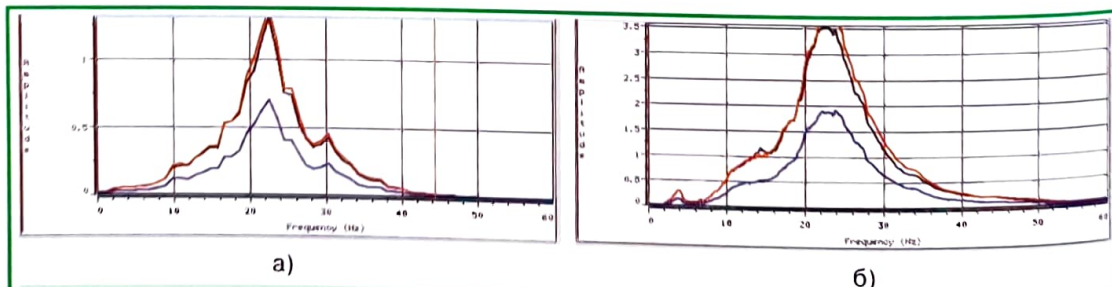
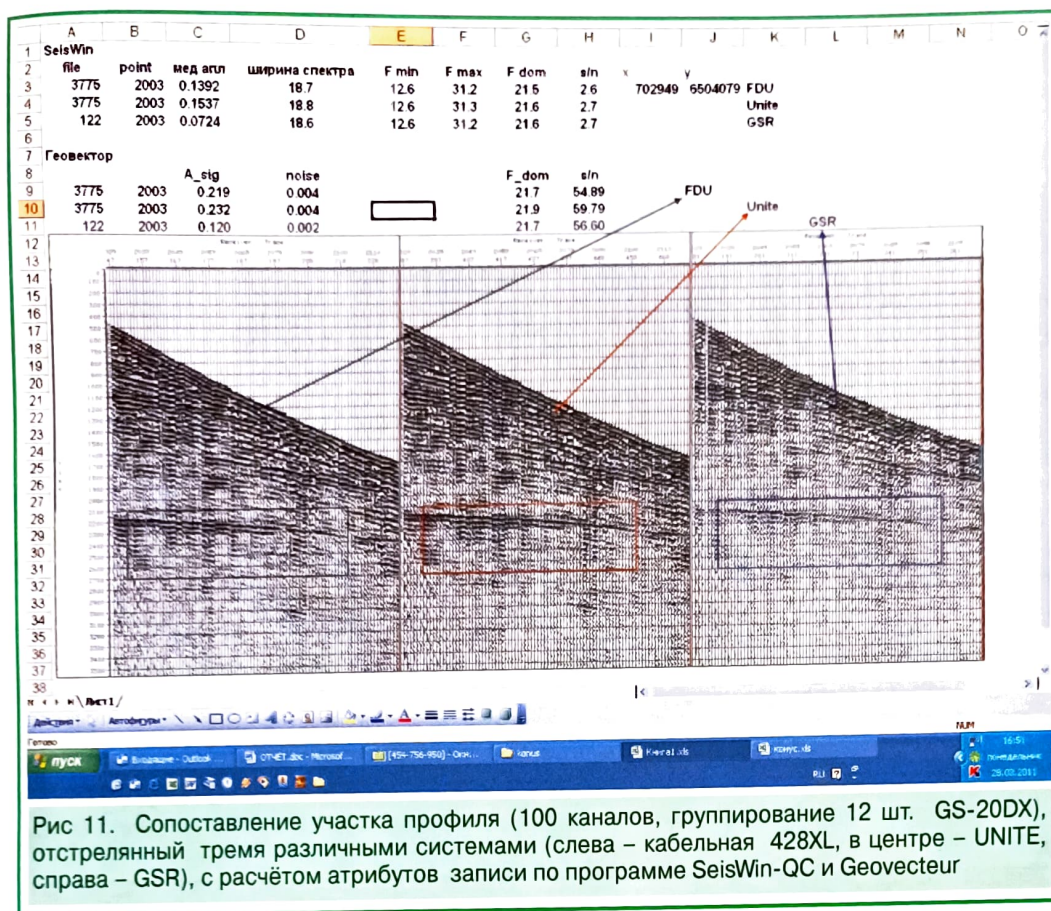


Рис. 10 Графики АЧХ - а) по целевым горизонтам б) по всей сейсмограмме (черный цвет – 428, красный цвет – UNITE, синий цвет – GSR)



режиме реального времени осуществлять тестирование геофонов и контроль полевых данных.

- Сбор информации с удалённых блоков осуществляется без сбора оборудования. Достаточно появиться вблизи них с антенной CAN, установленной на любом транспортном средстве, затем подъехать к сейсмостанции и «скачать» собранную информацию в центральный блок. Если вблизи сейсмостанции располагается антенна CAN, то «скачивать» информацию можно не заходя внутрь станции. Достаточно оказаться в радиусе действия CAN и информация будет считана автоматически. То есть, информация можно отправлять на базу ежедневно.

- Американская GSR с сейсмостанции контроль полевых блоков в режиме реального времени осуществлять не может.

Проблемы, выявленные при производстве полевых работ Система GSR

- После установки приборов на профиле, при проверке координат через устройство Line Viewer, выяснилось, что координаты точки «улетели» на 100-120км. Причина выяснилась только на базе, когда сравнили координаты

вертолётной площадки, снятые топографами и GPS GSR. Выяснилось, что перед тем как загружать координаты в устройство Line Viewer, вместо пробела перед координатой Y надо было поставить 0. То есть система ввода довольно капризна и требует адаптации.

- После визуализации информации, считанной из блоков на базе, на полученных сейсмограммах просматривались сплошные шумы. Причина заключалась в несоответствии установок времени в блоках GSR и в контроллере сейсмостанции. Разница составляла 5 часов и, как результат, отметки моментов ПВ соответственно сдвинулись и попали в область шумов.
- Программа формирует SEG-D файл на все каналы, которые прошли процедуру считывания информации. Представители ОИО так и не смогли нарезать стандартные сейсмограммы по 240 активных каналов и передали в обработку целиком профиль из 580 ПП. То есть каждая сейсмограмма содержала 580 активных каналов.
- И самый неприятный случай – на полевом вычислительном комплексе не смогли прочесть SEG-D файл, который сформировала система GSR.

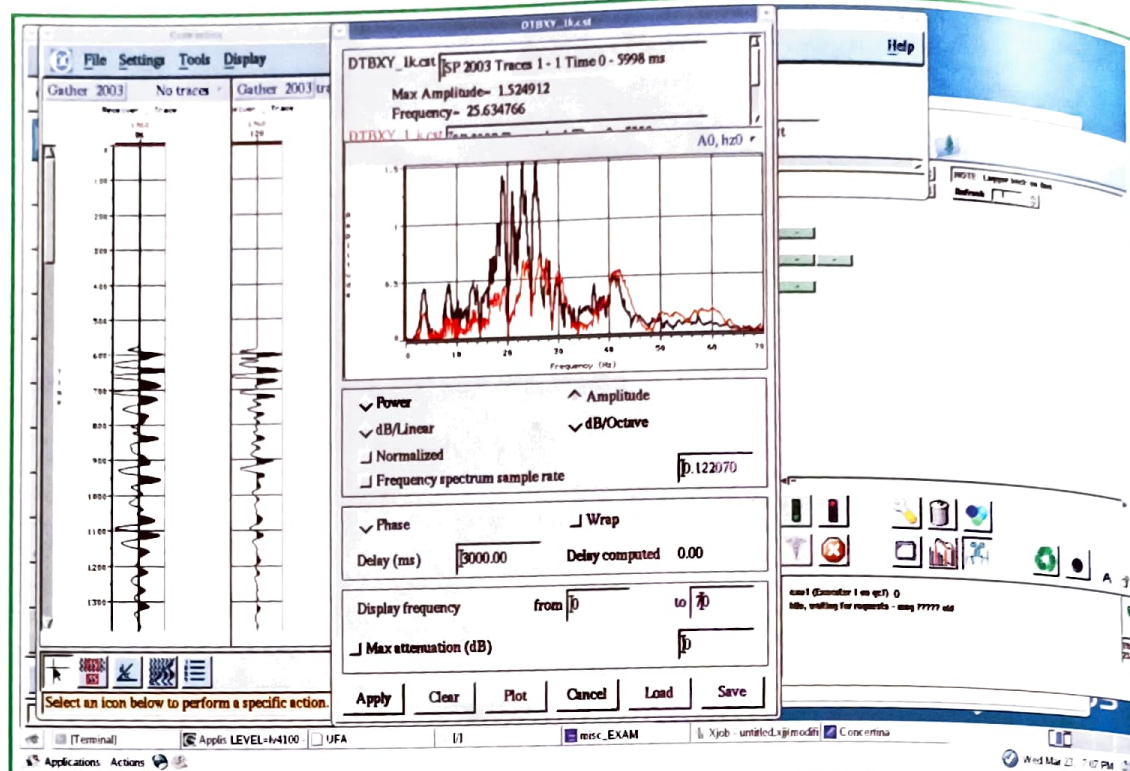


Рис. 12. Сопоставление отдельных трасс, полученных приборами GS-20DX (слева) и GS-1 (справа)

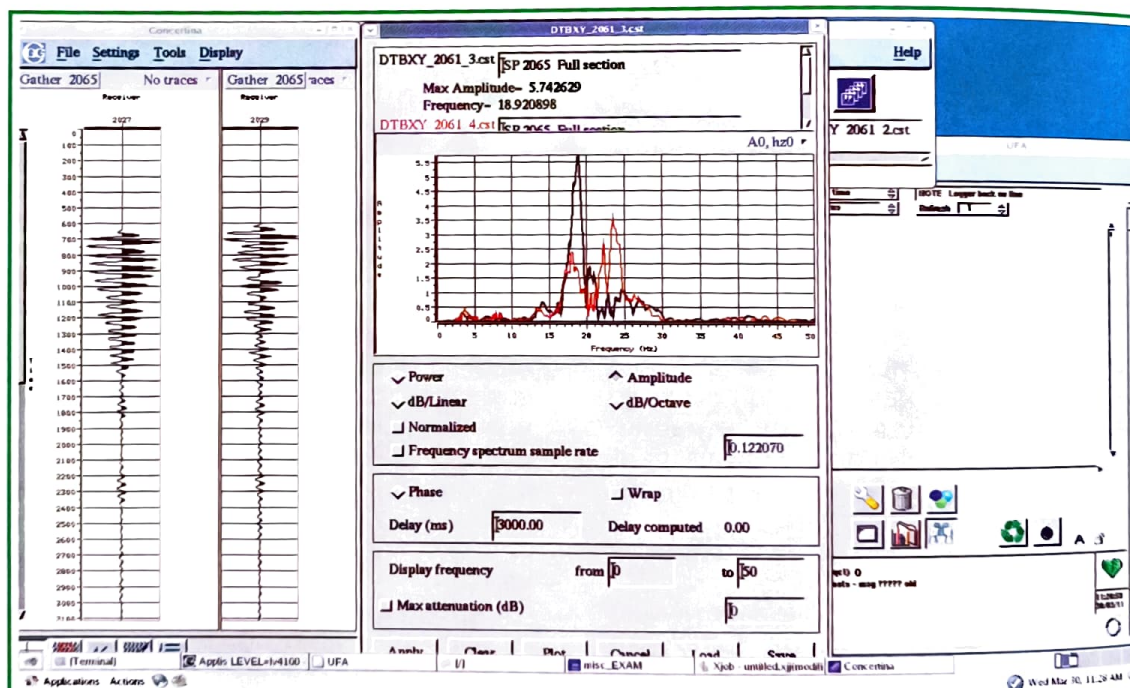


Рис. 13. Одиночные трассы одного пункта возбуждения (слева - GS-20DX, справа - GS-1) и АЧХ (чёрный цвет - GS-20DX, красный - GS-1)

Geovecteur не смог понять формат представленного файла. Согласно представителям ОЙО, причина заключалась в том, что их SEG-D формат формируется в двоичном коде, а станционный состоит из символов. Необходимо отметить, что специали-

сты ОЙО GEOSPACE оперативно связались с CGG, разобрались с форматом и спустя 3 дня после возвращения в Уфу передали нам диск с полевыми материалами по всему профилю в виде стандартных сейсмограмм ОПВ с 240 активными каналами.

Таким образом, все необходимые данные были получены в полном объеме, что позволило приступить к обработке полевых материалов.

Система Unite

С системой Unite никаких проблем не было. Отличить результаты кабельной и бескабельной систем невозможно. Одна из особенностей системы, несколько усложняющей процесс формирования сейсмограммы, заключается в том, что если мы хотим получить запись за смену или за сутки, нам необходимо проехать с полевым терминалом и антенной CAN вдоль профиля после отстрела, скачать информацию и вернуться к сейсмостанции. Тогда сейсмостанция заполнит пустые трассы и сформирует полную сейсмограмму.

Технологические неудобства

В процессе сбора оборудования, из-за автономности бескабельного оборудования, приходилось останавливаться на каждом пикете, чтобы загрузить блоки в тягач. При работе с кабельной телеметрической сейсморегистрирующей системой процесс сбора идёт без остановки транспортного средства. Кабель загружается на ходу, а «паук» подцепляется специальным крючком. При сборе бескабельных полевых блоков водители жаловались, что при постоянных троганиях с места у них «горит» сцепление. Если работы будут проводиться только с бескабельным оборудованием, то могут возникнуть проблемы с ТС.

Обработка материалов

Граф обработки информации заключался в следующем:

1. Ввод геометрии;
2. Визуализация данных, просмотр заголовков трасс;
3. Расчёт атрибутов записи (амплитуда, частота);
4. Получение временных разрезов по профилям GSR и 428+Unite;
5. Сравнение сейсмограмм Sercel428XL, Unite и GSR на участке профиля с группами геофонов GS-20DX;
6. Сравнение сейсмограмм, полученных одиночными сейсмоприёмниками GS-1 и группированием GS-20DX.

Визуальный контроль

По результатам отстрела были получены наборы сейсмограмм ОПВ:

- кабельная система – 300шт;
- система Unite – 400шт;
- система GSR – 580шт.

Пример типичных сейсмограмм приведён на рис. 6. По системе Unite

выявлены каналы с обратной полярностью, по системе GSR, из 580 размотанных выявлено 5 отсутствующих трас. В остальном, визуально, интенсивность записи GSR слабее записей Unite в 2-3 раза, но это связано с тем, что к GSR был подключен одиночный прибор GS-1, а к Unite – группа из 12-ти GS-20DX.

Временной разрез

Приведённый граф обработки выполнен в полном объеме. На рис. 7 и 8 показаны временные разрезы, полученные разными системами регистрации. Волновая картина между кабельной 428 и Unite ничем не отличается, что вполне объясняется идентичностью этих систем. Волновая картина между кабельной 428XL + UNITE и GSR отличается по причине регистрации на различные приборы.

Сравнение сейсмограмм FDU, UNITE и GSR

Для объективного сравнения все три системы были установлены на опытном профиле, 100 каналов (ПКПК 2029-2128), с использованием однотипных приборов (группы GS-20DX).

На рис. 9 представлен результат сравнения между французскими кабельной 428XL и бескабельной Unite и американской GSR. Сравнение сейсмограмм 428XL и UNITE показывает, что на целевых горизонтах трассы абсолютно идентичны. Анализ графиков АЧХ в окне целевых горизонтов и по всей сейсмограмме, приведенных на рис. 10, показывает, что у этих систем отличие уровней записи составляет 1,9 мкВ при максимальном значении и 0,5 мкВ в среднем.

Учитывая, что сейсмограммы 428XL и UNITE записаны с одного пункта возбуждения и расстояние между группами приборов составляет не более 1 метра, различия связаны только с условиями установки приборов, а именно контакта прибор-снег.

Что касается системы GSR, то в данном случае (рис.9) визуально видно, что общий уровень записи GSR несколько ниже, что подтверждают приведённые графики АЧХ в окне целевых горизонтов и по всей сейсмограмме (рис.10). Численные значения отличий, рассчитанные в двух системах - SeisWin и Geovecteur, приведены на рисунке 11.

Анализ данных показывает, что частотный состав всех систем практически совпадает и колеблется в пределах 21,5-21,9 Гц. Общий уровень амплитуд полезного сигнала и микросейсм у GSR почти в два раза ниже, чем у французских систем. Причиной может быть либо

принцип оцифровки GSR, либо введенный пониженный коэффициент пред- усилителей каналов.

Сравнение группы GS-20DX и одиночный GS-1:

Для сравнения свойств новых датчиков регистрации GS-1 и групп датчиков GS-20DX почти весь опытный профиль (за исключением 100 каналов) был размотан системой GSR с оригинальными цифровыми датчиками GS-1. Если проанализировать отдельные трассы, полученные различными приборами (рис. 12), то и визуально и по АЧХ отмечается более высокочастотная составляющая датчика GS-1.

Меньшая амплитуда вызвана настройками цифрового блока GSR, а не характеристиками прибора. Чтобы исключить влияние настроек оцифровывающего блока, были взяты две соседние трассы с одной сейсмограммы GSR, одна из них с группой приборов GS-20DX, другая – с одиночным GS-1 (рис 13).

Группа GS-20DX даёт большую, в 2 раза, амплитуду сигнала на частоте, около 18 Гц, но одиночный прибор GS-1 имеет более высокочастотную АЧХ по всей трассе.

Заключение

Положительные факторы при использовании системы Unite:

1. Упрощение размотки оборудования на труднодоступных участках;
2. Ускорение размотки-смотки, отсутствие кабеля позволяют сократить численность сейсмоотряда;
3. Сопоставимость регистрируемой информации с кабельной системой Sercel-428;
4. Возможность ежедневного считывания информации для передачи на обработку;
5. Контроль всех параметров регистрации в реальном времени в радиусе 1 км от системы CAN или контроль уровня шумов по соседним FDU-каналам.

Отрицательные факторы при использовании системы Unite:

1. Повышенная стоимость полевого оборудования по сравнению с кабельной;
2. После считывания информации, необходимо вернуться к сеймостанции для заполнения пустых трасс сейсмограмм;
3. При проведении работ по методике 2D, применение Unite не эффективно, так как подключение каналов после эксклюзивной зоны всё равно требу-

ет размотки кабеля.

Положительные факторы при использовании системы GSR:

1. Упрощение размотки оборудования на труднодоступных участках;
2. Ускорение размотки-смотки, отсутствие кабеля позволяют сократить численность сейсмоотряда;
3. Блок GSR в 1,5 раза легче, чем Unite.

Отрицательные факторы при использовании системы GSR:

1. Повышенная стоимость полевого оборудования по сравнению с кабельной;
2. Отсутствие контроля параметров регистрации в процессе возбуждения;
3. Для ввода координат в блоки GSR, необходим топофайл в формате SEG-P1, использующий географические координаты. Программа пересчёта координат «капризна» и требует адаптации к условиям северных широт;
4. Передача информации на обработку только после доставки блока на базу.

Выводы

1. Основной вывод по результатам данных опытных работ – обе системы работоспособны и вполне применимы в условиях Западной Сибири. При этом, как показывают результаты опытных работ:

- Систему Unite оптимально использовать как дополнение к кабельной системе 428XL в эксклюзивных зонах, где затруднена подмотка-размотка оборудования. Так как они идентичны по исполнению, искажения информации не произойдёт, а считывание информации можно ежедневно производить при помощи устройства CAN;
 - Систему GSR лучше использовать автономно по всей площади. Использовать систему GSR как дополнение к кабельной системе 428XL нежелательно, так как настройки параметров записи блоков GSR не совпадают с параметрами записи кабельной системой 428XL, и в этом случае неизбежны искажения при проведении динамического анализа.
2. Систему Unite эффективно использовать только при проведении работ 3D;
 3. Чтобы в полной мере использовать такие преимущества этих систем, как малые размеры и мобильность при установке, в эксклюзивных зонах необходимо применять одиночные сейсмоприёмники.