

Опытно-методические работы по тестированию бескабельной сейсморегистрирующей системы «SCOUT»

■ Погребский А.В., Стрекалов А.Я., Житкевич Ю.Б., Родин Д.В.,
ООО «Газпромгеологоразведка», г.Тюмень

■ Мехоношин В.П, ООО «Красноярскаспром НГП», г.Красноярск

Опытно-методические работы (ОМР) по тестированию бескабельной сейсморегистрирующей системы «SCOUT» были проведены в соответствии с Государственной программой по замещению импортного оборудования.

Целью проведения опытных работ являлось тестирование в производственном режиме бескабельной сейсморегистрирующей системы «SCOUT» в условиях пересеченной местности Хандинского ЛУ. Работы были проведены по заказу ООО «Газпром геологоразведка» силами с/п № 24 и с/п № 25 ООО «ТНГ-Групп» в период с 06.11.16 по 15.01.17г. Программа выполнения опытных работ включала четыре этапа, которые были проведены на площадях работ с/п № 24 и с/п № 25.

Полученные результаты опытных работ были обработаны на полевом вычислительном комплексе с использованием обрабатывающих систем Echos, Seiswin QC, Пикеза-4 и Mesa Expert по стандартному графу обработки сейсмоданных.

Все работы проводились под контролем руководителя группы супервайзеров от ООО «Красноярскаспром НГП» и представителей ОАО «СКБ сейсмического приборостроения».

1. Общие сведения о районе проведения работ

В административном отношении участок работ расположен на территории Жигаловского и Казачинско-ленского муниципальных районов Иркутской области в 150 км северо-восточнее п. Жигалово.

В геоморфологическом отношении исследуемая площадь расположена на

Лено-Ангарском плато в южной части Среднесибирского плоскогорья.

Район исследований относится к таёжной зоне с резко континентальным климатом. Температура воздуха в период проведения работ колебалась от -25 °С до -35 °С (местами до -45 °С).

2. Аппаратура и оборудование опытных работ

В комплект бескабельной сейсмосистемы «SCOUT» [1] входили:

1. Беспроводные автономные регистраторы с одним каналом регистрации БАР-3.1. (На рисунках 1а, 1б и 1в показаны, соответственно, внешний вид блока БАР-3.1 и варианты его расстановки на профиле с группой геофонов и одиночным геофоном).

2. Блок синхронизации и вспомогательных каналов (БСВК), который был установлен в кабине кабельной сейсмосистемы и подключен к системе синхронизации SGD-S и управляющему компьютеру.

3. Комплект устройств заряда аккумуляторных батарей.

4. Модуль управления сбором данных (МУСД) на базе планшетов марки Panasonic CF-H2 Field и Ruggon PM-311 с точкой доступа WI-FI.

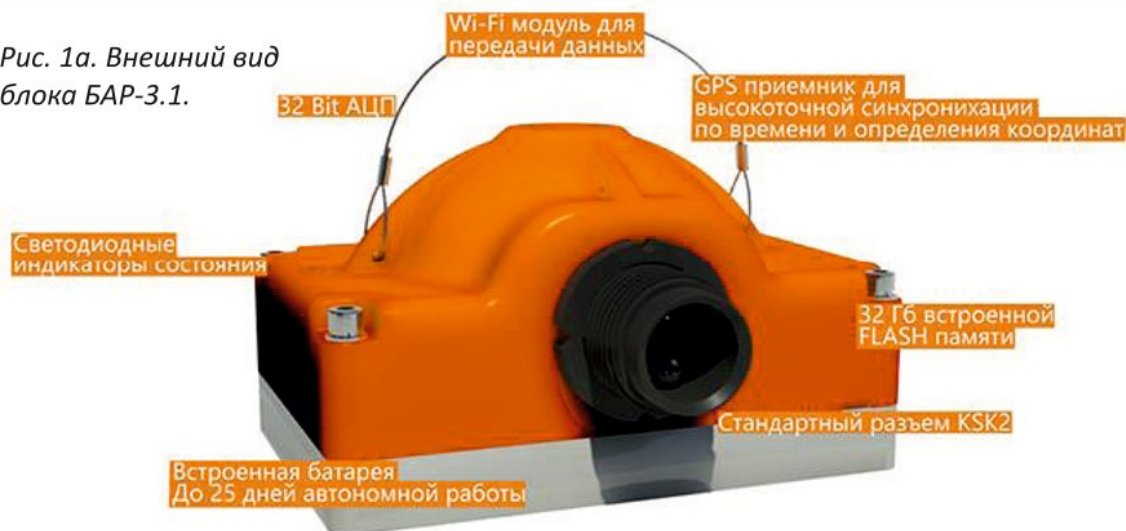
5. Сервер в составе:

- компьютер-сервер с программным обеспечением, имеющий большую дисковую память и высокопроизводительную материнскую плату;

- сетевой коммутатор Ethernet на 24 входа.

Для сравнительной оценки возможностей бескабельной сейсмосистемы «SCOUT»

► Рис. 1а. Внешний вид блока БАР-3.1.



▲ Рис. 1б. Вариант расстановки блока БАР-3.1 на профиле с группой геофонов.



▲ Рис. 1в. Вариант расстановки блока БАР-3.1 на профиле с одиночным геофоном.

при проведении опытных работ в качестве опорной сейсморегирующей системы использовалась кабельная сейсмосистема Sercel 428XL [2].

Для возбуждения упругих колебаний применялся взрыв в одиночных скважи-

нах глубиной 9м. В качестве ВМ применялись сейсмические заряды ЗСТ-70. Общий вес заряда в скважине 3 кг. Способ взрывания электрический.

В таблице 1 приведены параметры регистрации.

▼ Табл. 1.

Сейсмосистема	Телеметрическая сейсмосистема Sercel 428XL	Бескабельная сейсмосистема SCOUT
Линейный модуль сбора	LAUX, LAUL	БАР-3.1
Тип геофонов (СП)	GS-20DX	GS-20DX
Тип соединения СП в группе	последовательное	последовательное
Количество СП в группе	GS-20DX-6	GS-20DX -6
Способ группирования	в «точке»	в «точке»
Характеристики антиалясинг-фильтра	0,8 Nyquist, min	0,8 Nyquist, min
Усиление на предусилителях, Дб	0	0, 12, 24, 36 *
Длина записи, с	5	5
Шаг дискретизации, мс	1	1
Формат записи	SEG D	SEG D

3. Методика проведения опытных работ

В соответствии с согласованной с ООО «Газпром геологоразведка» «Программой опытно-методических работ» работы по тестированию сейсмосистемы «SCOUT» проводились в 4 этапа.

1. Параллельная размотка бескабельного оборудования сейсмосистемы «SCOUT» и кабельного оборудования Sercel 428XL на одном из выбранных профилей с последующей регистрацией сейсмоданных.

2. Расстановка блоков БАР-3.1 на трех профилях в составе кабельного комплекса с расположением профилей через один, а также в составе полнократной активной расстановки с последующей регистрацией сейсмоданных.

3. Регистрация сейсмоданных в площадном режиме в локальной труднодоступной зоне в составе активной расстановки кабельного комплекса.

4. Проверка максимальной работоспособности и автономности бескабельно-

го оборудования в режиме непрерывной регистрации с почасовой фиксацией уровня заряда батарей и значений температуры окружающей среды.

3.1 Первый этап

На данном этапе работ расстановка оборудования проводилась силами 2-х сейсмобириг. В период с 06.12. по 07.12.16 г. была выполнена расстановка бескабельного оборудования параллельно с кабельным оборудованием SN-428XL на линии приема 2600 (всего 320 каналов).

Кроме того, на 4-х ПВ были установлены 16 блоков БАР-3.1 с целью получения информации с различным усилением - 0, 12, 24, 36 dB (Рис. 2)

Расположение блоков БАР-3.1 сейсмосистемы «SCOUT» на профиле 260 показано на рис.3.

Результаты хронометража установки оборудования, а также описание основных операций, выполняемых во время и после регистрации информации, представлены в таблице 2.

Модули БАР

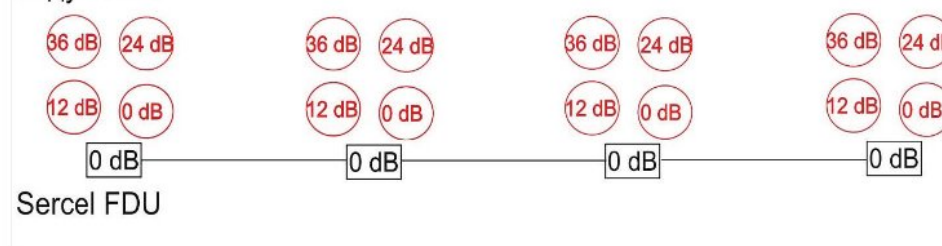
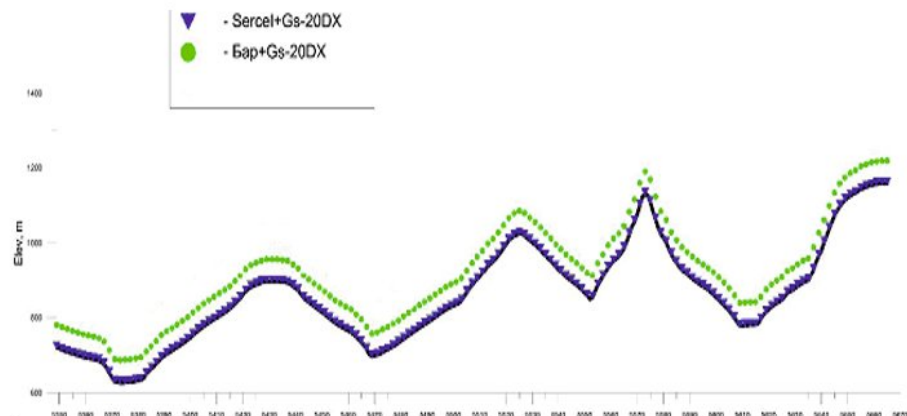


Рис. 2. Схема расположения блоков БАР-3.1 с различным усилением.

Рис. 3. Расположение полевых блоков БАР-3.1 сейсмосистемы «SCOUT» на профиле 260.



Основные этапы установки оборудования и считывания информации	Варианты подключения	Длительность
1. Работы до начала регистрации		
Задание для БАР-3.1	кабель (Ethernet)	10 мин 48 блоков
Установка на пикете БАР-3.1 и сейсмогруппы.	-	1 мин
Тестирование и присвоение номера пикета.	Wi-fi	1 мин
2. Работы во время регистрации		
Включение БСВК		10 сек
Запуск рабочей программы на регистрацию		10 сек
3. Работа после регистрации		
Формирование файла ОМ		10 сек
Импорт файла ОМ в планшет.		10 сек
Считывание данных	По Wi-fi на профиле	100 файлов за 20 сек
Считывание данных	По сетевому кабелю через Ethernet	21 мин 48 блоков БАР-3.1 (материал за 9 дней)
4. Формирование SEG-D файла		
Копирование на сервер файлов со вспомогательных каналов БСВК в формате dat	Флэш-накопитель	
Копирование на сервер с управляющего компьютера рабочей конфигурации регистрации		
Подгрузка obs файлов (станции Sercel) с помощью программы "Check_index" для сопоставления номеров записи и геометрии		
Запуск программы "Станция"		8 мин на формирование файла из 5760 каналов

▲ Табл. 2.

3.2. Второй этап

На втором этапе была выполнена расстановка бескабельного оборудования параллельно с кабельным на линии приема 2594 (144 канала). Анализ хронометража установки блоков БАР-3.1 на профиле показал, что среднее время составляло от 2-х до 4-х минут и зависело от пересеченности рельефа местности и подготовки сейсмобиригады.

3.3. Третий этап

Данный этап работ был проведен в период с 22.12.16 по 15.01.17. Для его выполнения была проведена расстановка бескабельного оборудования в сложных орогидрографических условиях.

Установка блоков БАР-3,1 проводилась после инструктажа персонала. Анализ хронометража времени, затраченного на установку, настройку и наладку бескабельного оборудования на данном этапе работ, показал, что использование бескабельного оборудования в сложных орогидрографических условиях значительно облегчает установку полевого оборудования на профиле, так как исключает необходимость доставки в район работ сейсмических кабелей и аккумуляторных батарей, необходимых для кабельной сейсмосистемы.

3.4. Четвертый этап

Для проверки заявленных характерис-

тик в части продолжительности работы в условиях пониженных температур на базе партии было установлено в снег на различной глубине 20 полевых блоков БАР-3.1, работающих в режиме непрерывной регистрации. Для удобства считывания данных по сети Wi-Fi, блоки были разделены на 3 группы (8 шт, 8 шт, 4 шт). С периодичностью два раза в сутки снимались показания уровня заряда батарей и температуры окружающей среды.

4. Обработка и анализ полученных данных

Полученный полевой материал оценивался программными пакетами SeisWin-QC, Echos 2011.3, RadexPro, Пикеза – 4.

Основными критериями при оценке полевого материала, получаемого с бескабельной сейсмосистемы «SCOUT», являлись:

- фазовая и амплитудная идентичность, значения которых сравнивались с аналогичными данными, получаемыми телеметрической сейсмосистемой Sercel 428 XL;
- идентичность АЧХ сейсмоматериалов двух сейсмосистем.

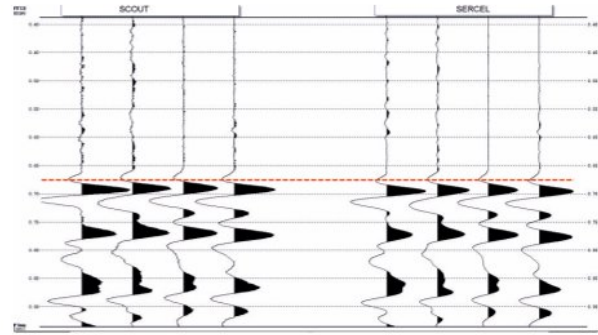
Все полевые сейсмограммы были проанализированы без какой-либо амплитудной и частотной коррекции и на одном усилении. Перед расчетами амплитуд и частот были удалены аномально шумящие каналы.

Материалы, полученные на 3-м этапе, обрабатывались специалистами СП-25.

4.1 Анализ и сопоставление материалов

Поканальное сравнение сейсмотрасс, зарегистрированных сейсмосистемами Sercel 428XL и «SCOUT», показало их абсолютную фазовую идентичность, что показано на рисунке 4.

На рис.5 представлено сравнение атрибутов записей, полученных сейсмосистемой Sercel и записей, полученных сейсмосистемой «SCOUT».



▲ Рис. 4. Фрагмент сравнения сейсмотрасс Sercel и Scout.



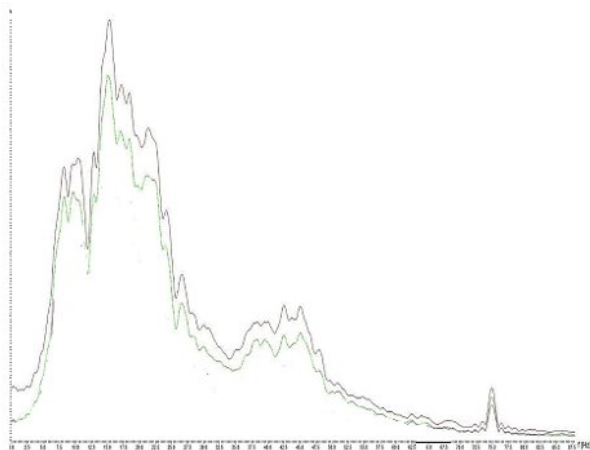
▲ Рис. 5. Сравнение атрибутов записи, полученных по каждому ПП.

Все сейсмограммы получены при одинаковом усилении записи 0 дБ.

На рис. 5 видно, что основные отражения на сейсмограммах идентичны. Разница наблюдается лишь в амплитудах сигнала. Так в случае модулей БАР-3.1 с геофонами GS-20DX наблюдаются более высокие амплитуды, чем при регистрации сейсмосистемой Sercel 428XL с геофонами GS-20 DX. При этом соотношение сигнал/микросейсм в диапазоне каналов, осложненных помехами, идентичное.

Анализ ненормированных амплитудно-частотных спектров сигнала показывает их абсолютную идентичность в области частот. Различия наблюдаются в амплитудной части сигнала. Причем амплитуды сигнала, зарегистрированные системой «SCOUT», незначительно выше, чем Sercel 428XL (Рис. 6).

Для более наглядного сравнения данных произведено совмещение данных в одну сейсмограмму (Рис.8) и выполнен спектральный анализ.

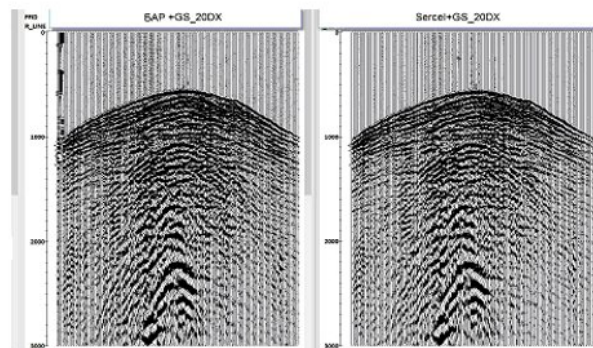


▲ Рис. 6. АЧХ сейсмограмм, полученных различными сейсмостанциями (PV 5437/2637).

Расчет амплитуд сигнала, микросейсм и доминантной частоты производился в фиксированных окнах (Табл. 3).

▼ Табл. 3.

Окна анализа		
	Удаления	Время
Микросейсм	2400 - 3500	0 - 350
Сигнал	2400 - 3500	1200 - 1550



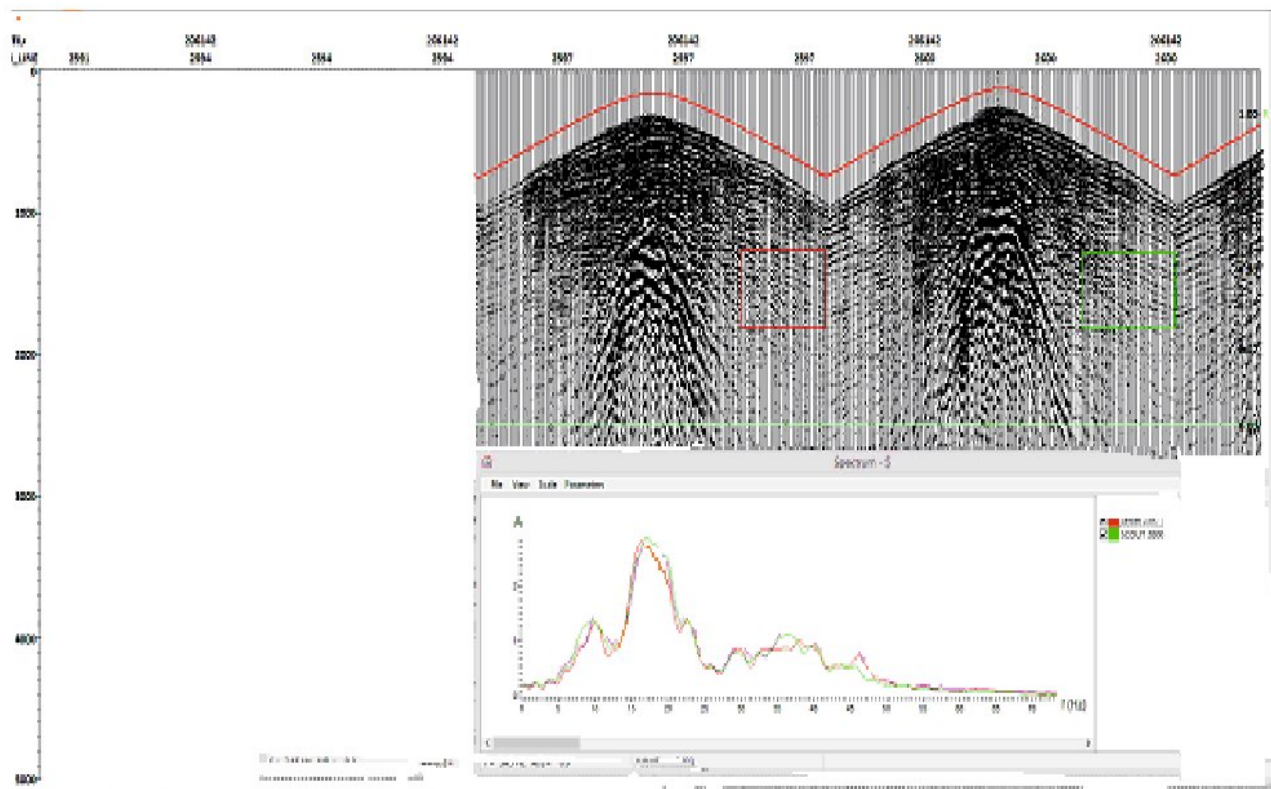
▲ Рис. 7. Фрагменты сейсмограмм, полученных различными сейсмостанциями (PV 5437/2637).

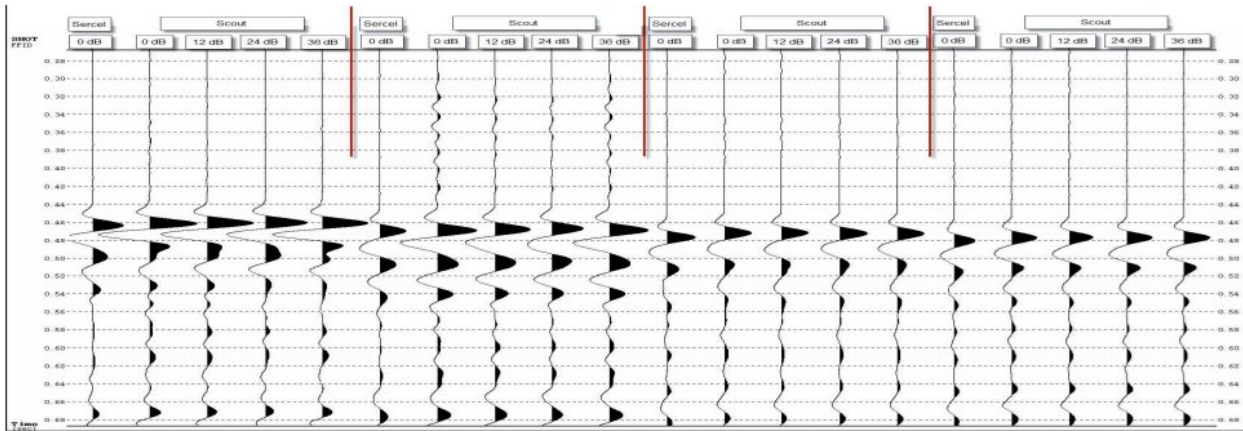
4.2 Перебор усиления сигнала

Анализ данных, полученных сейсмостанцией «SCOUT» на разных усилениях сигнала, показывает, что амплитуды сейсмозаписи, получаемые станциями «SCOUT» и «Sercel 428XL», имеют одинаковый уровень записи при усилении 0 дБ.

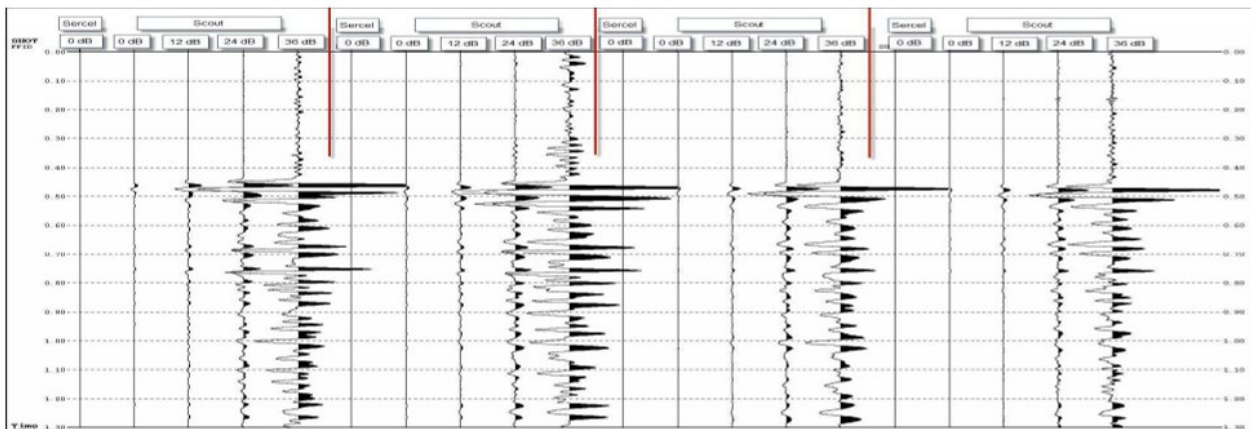
Сейсмотрассы, полученные при различных усилениях, представлены на рис. 9 и 10. При формировании данных на сервере, информация об усилении запи-

▼ Рис. 8. Фрагмент сейсмограммы «Sercel 428XL», совмещенной с сейсмограммой «SCOUT».





▲ Рис. 9. Сравнение материала с различным усилением (SEG-D).



▲ Рис. 10. Сравнение материала с различным усилением (SEG-Y).

сывается в заголовок и если не учитывать МР-фактор при загрузке данных, то разницы по амплитудам не будет (Рис. 9). Поэтому для сравнения были сформированы данные на компьютере-сервере в форматах SEG-D и SEG-Y (Рис.10).

4.3 Обработка данных 3-го этапа ОМР (СП-25)

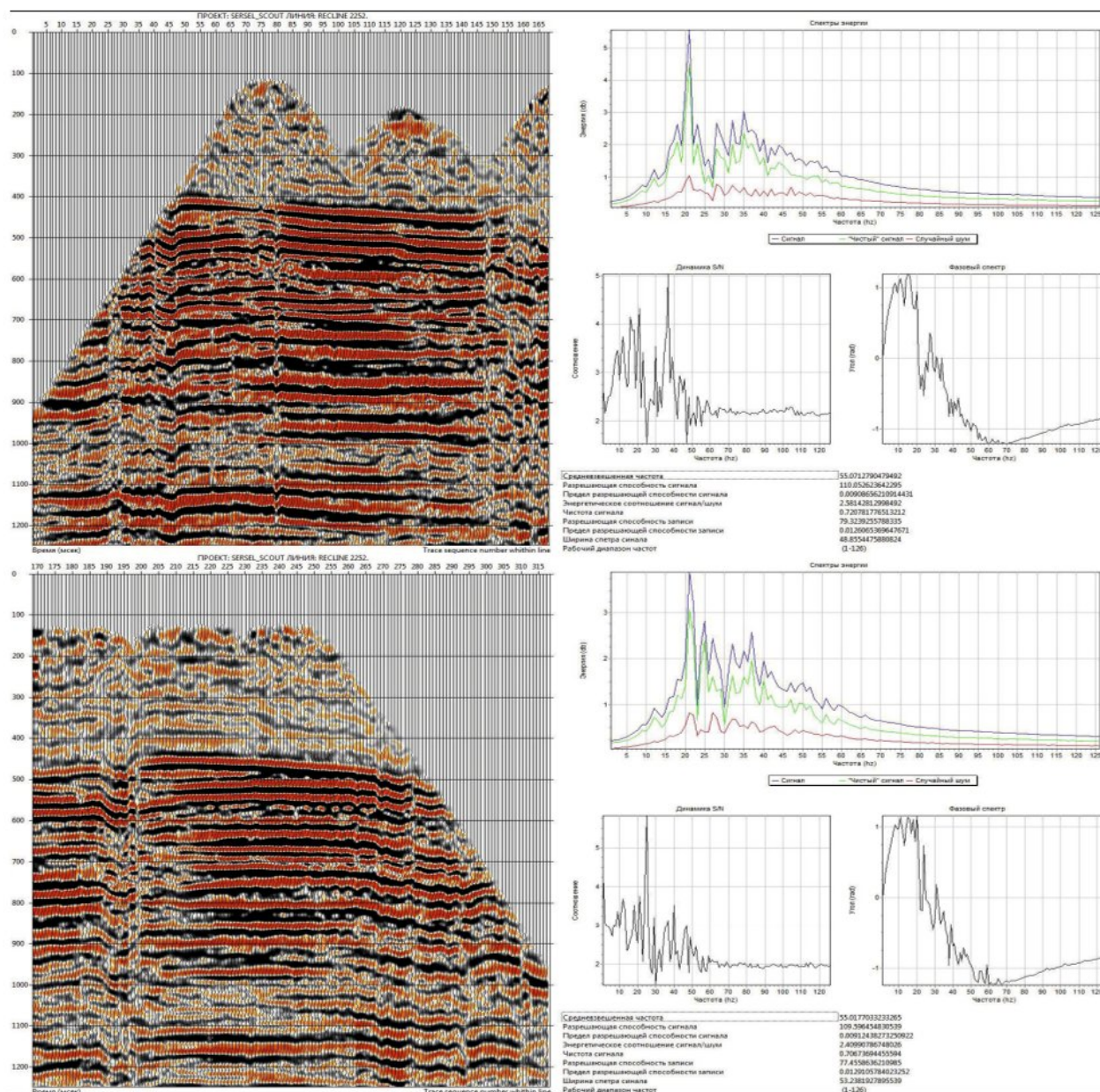
Обработка данных, полученных на 3-м этапе опытно-методических работ, выполнена специалистами контроля качества СП-25. Всего было зарегистрировано 1417ф.н. За время производства работ из строя вышло несколько каналов, а именно: 2 блока - отказ, 4 блока – отработали 18суток и отключились из-за разряда аккумулятора, 5 блоков не найдено в глубоком снегу. Сборка файлов с сейсмодатой «SCOUT» производилась специалистом ОАО «СКБ СП». Время сборки

материала составило: 5760 каналов (100ф.н.) - 1 час, 450 каналов (300ф.н.) - 1 час.

Граф обработки включал стандартные этапы, в том числе суммирование сейсмограмм ОПП и формирование разрезов ОПП, которые представлены на рис. 11.

Заключение

Опытно-методические работы по тестированию в производственном режиме оборудования бескабельной сейсмодатой «SCOUT» в пределах Хандинского участка №1 проведены в соответствии с «Программой проведения опытных работ». В процессе регистрации сейсмической информации в режиме совместной работы кабельной и бескабельной систем регистрации, возникли затруднения в организации взаимодей-



▲ Рис. 11. Сравнение разрезов ОПП «Sercel-SCOUT», линия 2252.

йствия систем в процессе отстрела из-за отсутствия в системе «SCOUT» программы одновременной работы с несколькими взрывными бригадами. Первоначально синхронизация выбора пунктов возбуждения для системы «SCOUT» проводилась на сейсмостанции вручную во время отстрела, поскольку сейсмосистема «Sercel 428XL» не обеспечивает доступ к собственному интерфейсу и не предназначена для работы в «спарке» со станциями стороннего производителя. Предложенная процедура оказалась трудоемкой

из-за длительного определения номеров и координат пунктов возбуждения при работе 2-3-х и более бригад взрывников, что приводило к задержке регистрации. Как временная мера для обеспечения производительности работ был применён алгоритм присвоения геометрии с использованием данных из электронного рапорта оператора сейсмосистемы «Sercel 428XL». Однако, в дальнейшем автоматизировать выбор ПВ возможно с использованием доступного интерфейса, применяемой в конкретном случае

системы синхронизации SGD-S отечественного производства.

В результате анализа работ в качестве недостатка сейсмосистемы «SCOUT» было отмечено отсутствие информации о состоянии модулей БАР и отсутствие возможности получения сейсмической информации в режиме реального времени для качественной и количественной оценки сейсмического материала. Также было отмечено, что при проведении длительных работ в труднодоступных рельефах местности и работе при низких температурах (ниже $-35-45^{\circ}\text{C}$) блоки БАР-3.1 отработали в непрерывном режиме регистрации 20-22 суток, однако при недостаточной производительности работ сейсмоотряда в сложных условиях этот срок регистрации недостаточен и желательно увеличить его до 30-40 суток путём увеличения ёмкости внутренних аккумуляторов.

Опыт работ в режиме спарки двух сейсмосистем показал, что обязательными условиями успешного применения сейсмосистемы «SCOUT» являются:

- заблаговременное планирование мест установки полевых блоков;
- обучение персонала установке полевых блоков и обработке получаемых данных;
- разработка системы мониторинга технического состояния полевых блоков и уровня заряда батарей;

- обеспечение производительности сейсмоотряда, необходимой для однократной установки блоков на профиле;

- для организации конвейерного способа проведения сейсморазведочных работ по определённой методике требуется двойной запас каналов.

В таблице 4 приведены усредненные прогнозные показатели эффективности применения бескабельной системы регистрации сейсмических сигналов «SCOUT» перед кабельными системами регистрации («SERCEL 428XL» и др.), справедливые для части производственного процесса, включающего только смотку-размотку, настройку полевого оборудования, и исключающие дополнительные процедуры, характерные для выполнения работ с бескабельными системами регистрации (время, затрачиваемое на доставку оборудования до пункта считывания информации и зарядку батарей, связанное с дополнительными погрузо-разгрузочными работами).

Неизбежные временные затраты на считывание информации в сейсмосистеме «SCOUT» (8 мин на формирование SEG-D файла из 5760 каналов) могут быть сокращены применением более мощного сервера с распределенной дисковой системой.

▼ Табл. 4.

Вид работ	Потребность персонала			Потребность транспорт		
	Sercel	Scout	%	Sercel	Scout	%
Полная размотка полевого оборудования; 14000 каналов	140 бр./смен	80 бр./смен	40	10шт	10шт	0
Наладка оборудования 14000 каналов	12 бр./сутки	0 бр./сутки	100	12	0	100
Переброска 1200 каналов за смену	12 бр./сутки	10 бр./сутки	15	12	10	15

Хронометраж времени, затраченного на выполнение этапов опытно-методических работ (табл. 2), а также сравнительный анализ трудозатрат на выполнение работ и логистику (табл. 4), позволяют сделать вывод о том, что совместное применение бескабельной сейсмосистемы «SCOUT» и кабельной телеметрической системой «Sercel 428XL» в районах, осложненных орографическими условиями, а также техногенными факторами (ж. д., автодороги, населенные пункты и т.д.) может обеспечить решение проблем, связанных с проведением сейсморазведочных работ в данных районах, и получение качественных изображений исследуемой геологической среды. Помимо результатов, полученных при обработке сейсмоданных, зарегистрированных сейсмосистемами «Sercel 428XL» и «SCOUT», об этом свидетельствуют приведенные в таблице 4 результирующие сравнительные данные анализа трудозатрат и эффективности систем, полученные в ходе выполнения опытно-методических работ.

Как показывает мировая практика выполнения сейсморазведочных работ, сегодня бескабельные сейсмосистемы являются одной из составляющих экологически «чистых» сейсморазведочных технологий. Об этом убедительно свидетельствуют результаты выполнения сейсморазведочных наблюдений с использованием бескабельных сейсмосистем в различных районах мира, чувствительных к нарушению экологии [3, 4, 5]. Таким образом, применение бескабельной сейсмосистемы «SCOUT» с учетом всех замечаний актуально, особенно при проведении полевых работ в режиме

«зелёной сейсмики», что позволяет рекомендовать её использование, как в режиме дополняющей кабельную сейсмосистему, поскольку проблем совместности и качества полевого материала двух сейсмосистем не отмечено, так и в режиме самостоятельного использования.

Литература

1. Гнатюк А.И., Тарасов Н.В., Цукерман И.Б. Современные технологии регистрации геофизической информации бескабельной телеметрической сейсморегистрирующей системой «SCOUT» // Приборы и системы разведочной геофизики., 02/2014, с.19-22
2. 428 XL seismic acquisition system, рекламный проспект компании Sercel, 2010
3. Wireless vs. Wireline Land 3D Seismic in North Italy [2013] www.geotecspa.com
4. The Benefits of Receiver Infill Stations, A Technical Case Study, September 2012, CSEG Recorder Online, 16.07. 2013
5. Череповский А.В. Перспективы бескабельных сейсморегистрирующих систем в наземной сейсморазведке // Приборы и системы разведочной геофизики, 04/2016, с.19-27