

Оценка беспроводной телеметрии WANS и кабельных систем ARAM ARIES и Sersel на основе спектрального и микросейсмического анализа

■ Киселев В.М., Малюта С.И., Сибирский Федеральный Университет, Институт нефти и газа, ПАО «ГЕОТЕК Сейсморазведка», г. Москва

Введение

Сейсморазведка занимает ведущее место среди геофизических методов, применяемых при поисках месторождений нефти и газа.

Прогресс в технологии ведет к облегчению проведения работ, получению более высокой производительности при уменьшении затрат без потерь качества полевого материала [Херолд, Демидов, 2007] и [Буряки и др., 2007].

За более чем 20 лет развития спектрального анализа были разработаны различные подходы к регистрации микросейсмических событий [Сердюков и др., 2015] и [Roy White, Ehsan Zabihi Naeini, 2017], методов обработки и методик интерпретации результатов. Бескабельная регистрация сейсмических данных, получающая все большее распространение наряду с традиционными кабельными системами дает возможность проведения полевых сейсморазведочных работ на участках, где использование кабельных систем затруднено по той или иной причине.

С помощью беспроводной телеметрии могут решаться задачи исследования труднодоступных областей (горные районы, залесенные местности участки и т.д.), а так же высоко урбанизированные территории. Размотка кабельных телеметрических систем в таких условиях затруднительна, а зачастую невозможна.

Расширяется круг геолого-геофизических задач, повышается требование к объему и качеству материала. Увеличение количества каналов продиктовано рядом причин: увеличение производи-

тельности работ, применение многокомпонентной регистрации для получения дополнительной информации о геологическом разрезе, мониторинг эксплуатации месторождений. Дальнейшее повышение канальности регистрирующих систем сдерживается трудностями, связанными в том числе с транспортировкой и размоткой кабелей.

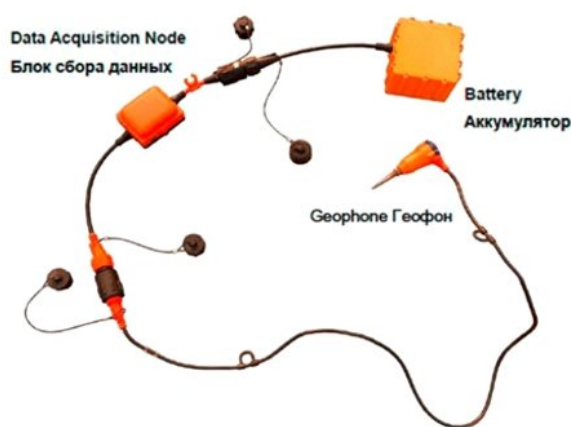
Применение кабельных систем имеет ряд недостатков: их значительный вес, большие трудозатраты, существенные потери времени, связанные с ремонтом и обслуживанием кабельных систем.

Очередным этапом технологической революции в сейсморазведке стала разработка бескабельных регистрирующих систем, открывшей широкие возможности не только для снижения веса наземной электроники и сокращения численности, наземных сеймопартий, но и для принципиального пересмотра традиционных методик полевых работ и критериев оценки качества исходных данных [Абдулвалиев и др., 2020].

Беспроводная система сбора сейсмических данных WANS - представляется китайскими создателями как свежий шаг в развитии беспроводной телеметрии. Главная задача данной работы – показать, что эта модификация беспроводной телеметрии работает на уровне кабельных систем, дает возможность получения материала сопоставимого качества с оборудованием ARAM ARIES и Sersel.

Особенности системы WANS

В системе беспроводного сбора сейсмических данных WANS используются



▲ Рис. 1. Внешний вид бескабельной системы сбора данных WANS.

одинокые сейсмоприемники YF-SOLO-5Hz, кроме того, к данным модулям можно подключить стандартную группу приемников.

Система беспроводного сбора сейсмических данных состоит из блоков с определёнными функциями (Рис.1.). Блоки могут быть использованы в качестве компонента данной системы, а также отдельно в соответствии с потребностями пользователей как самостоятельная система.

Основные технические особенности системы:

1. Система имеет небольшой вес, обладает мобильностью, высокой надёжностью, может быть использована в сложных полевых условиях.

2. Система имеет небольшую конструкцию. Загрузка данных, зарядка аккумуляторов выполняются непосредственно в полевых условиях

3. В блоках сбора данных применяются модульная конструкция и программируемый микропроцессор для логического контроля, что позволяет быстро и легко адаптировать систему к потребностям пользователя и условиям применения.

4. Система беспроводного сбора сейсмических данных WANS является комплексной интегрированной систе-

мой, в которую входят подсистема управления данными.

5. Разработчики системы WANS предусмотрели возможность ее работы, как с геофонами, так и с гидрофонами.

Программа и методика работ

В марте 2017 г. ООО «ТСГК» СП№1 на участке работ (ХМАО) были проведены опытно методические работы. В феврале 2018г. силами «ГЕОТЕК-ВГК» СП№10 в Восточной Сибири проводились повторные опытно методические работы. Все опытные работы проводились различной сейсморегистрирующей аппаратурой по схеме наблюдений МОГТ-2D (центральная система). Шаг дискретизации – 1мс. Длительность записи 5 сек.

Работы выполнялись с параллельной регистрацией сигналов кабельной системой и оборудованием WANS.

В таблице 1 представлена методика работ в 2017 и 2018 годах.

В таблице 2 дано сравнение технических характеристик использованных сейсмоприемников

Профиль №1: Оборудование ARAM-ARIES расставлено по обычной схеме, группирование сейсмоприемников 12шт. на базе 25м, ПП через 50 м. Беспроводное оборудование расставлено параллельно оборудованию ARAM-ARIES с использованием тех же групп сейсмоприемников через тройник переходник. Таким образом, на ПП№1 одни и те же группы сейсмоприемников использовались одновременно системой ARAM-ARIES и системой WANS.

На профиле №3 работы проводились дважды в 2017 и 2018 годах.

Работы 2017 года: Оборудование ARAM-ARIES расставлено по обычной схеме, группирование сейсмоприемников 12шт. на базе 25м, ПП через 50 м. Беспроводное оборудование WANS

▼ Табл. 1. Методика проведения опытных работ.

Параметры методики полевых наблюдений	Величина параметров Опытные работы 2017г	Величина параметров Опытные работы 2018-2019гг
Метод	МОГТ-2D	МОГТ-2D
Тип сейсмостанции	ARAM-ARIES/	Sersel428xl
Количество каналов (общее / активное)	120/120	160/160
Система наблюдения	центральная	центральная
Шаг дискретизации, мс.	2	1
Шаг ПП по линии приёма, м	50	50
Максимальное удаление ПВ-ПП, м	2975	7950
Тип сейсмоприемников	GS-20DX	GS-20DX 6S1P
Количество с/приемников на канал	12	6
Способ группирование с/приемников	Линейное параллельно-последовательное	Точечное
- Количество и тип источников возбуждения - Количество накоплений	Взрывной 0,5кг -	Ударный модуль Енисей СЭМ 10, 4 шт. 4-16
Длина записи, с	5	5
Формат записи	SEG-Y, SEG-D	SEG-Y, SEG-D

▼ Табл. 2. Сравнение технических характеристик сейсмоприемников.

Характеристики	GS-20DX	YF-SOLO-5Hz
Собственная частота	10 $\pm$ 5%	5 $\pm$ 10%
Верхний предел частоты пропускания, Гц	250	$\geq$ 240
Гармонические искажения	< 0.2%	< 0.2%
Выходное сопротивление в открытой сети, Ом	395 $\pm$ 5%	1850 $\pm$ 5%
Коэффициент преобразования (чувствительность в открытой цепи), В/м/с	27.6 $\pm$ 5%	80 $\pm$ 5%
Степень затухания в открытой цепи, %	30 $\pm$ 5%	60 $\pm$ 10%
Масса подвижной части, гр	11	22.7
Рабочее положение от горизонтали, град	90	90
Допускаемый угол наклона от рабочего положения, град., не более	20	10
Габаритные размеры, мм	25.4 x 33	27.0 x 43.5
Масса, гр	86	135



▲ Рис. 2. Профиль №3. Схема расположения сейсμοприемников: 1-я линия группы GS-20DX, 2-я линия- одиночные YF-SOLO-5Hz.



▲ Рис. 3. Профиль №3. Схема расположения сейсμοприемников.

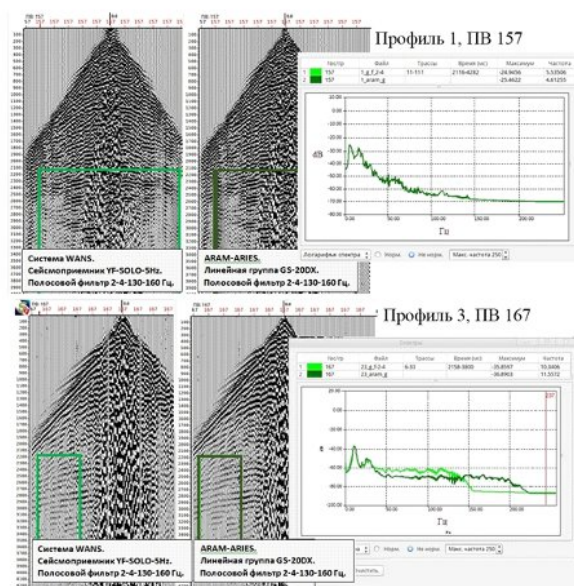
расставлено с одиночными приемниками YF-SOLO-5Hz параллельно с группами ARAM-ARIES, ПП через 50м (рис.2.)

Работы 2018г: Оборудование Sersel расставлено по схеме группирования сейсμοприемников 6 шт. на базе 12,5 м/ на площадке (установка в точку), ПП через 50 м. Беспроводное оборудование WANS расставлено с одиночными приемниками параллельно с группами Sersel, ПП через 50м (рис.3.)

Результаты работ

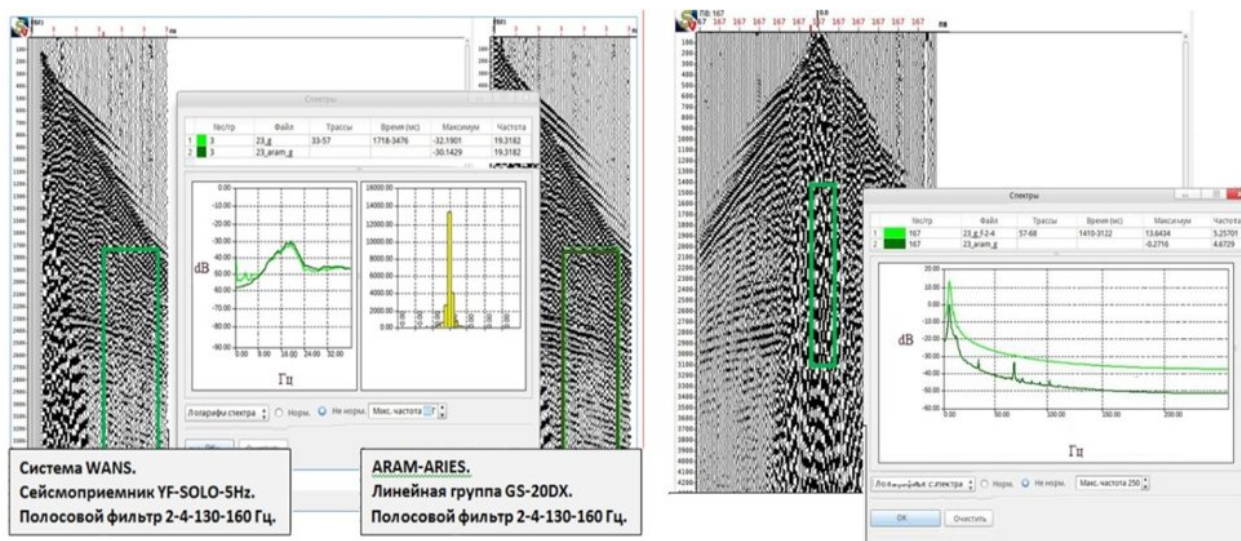
На первый взгляд при сравнении сейсмического материала с применением полосового фильтра 2-4-130-160 Гц по профилю № 1, полученного обеими телеметрическими системами, видно, что сейсмические записи практически идентичны по визуальной оценке.

Если быть точнее (рис.4) видно, что с помощью проведенного анализа спектров, полученные сейсмограммы схожи, так как разница в доминантной частоте составляет 0.823 Гц, а разница в полученной энергии сигнала 0.517 дБ. Можно говорить, что сама система сбора данных, не вносит никаких искажений в передачу данных.



▲ Рис. 4. . Анализ спектров регистрации с применением полосового фильтра.

Различия сейсмических записей на профиле 3 выше, как в доминантной частоте 1.217 Гц, так и в мощности сигнала 1.032 дБ, и в первую очередь обусловлены применением одиночных сейсμοприемников YF-SOLO-5Hz при регистрации системой WANS, в то время как записи ARAM-ARIES получены со стандартными группами сейсμοприемников. При этом следует отметить, что повышение спектральной составляющей в области высоких частот на записях WANS связано как раз с применением одиночного сейсмоприемника.



▲ Рис. 5. Анализ спектров до 40Гц максимальные минимальные удаления.

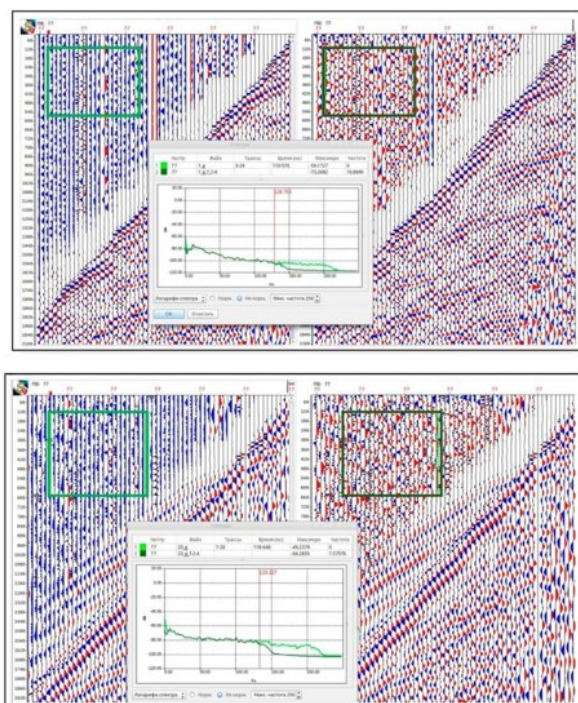
риемника (т.е. отсутствием группирования сейсмоприемников).

Проведенный анализ спектров до 40 Гц на минимальных и максимальных удалениях свидетельствует о значительных отличиях в полученных записях. Различия, прежде всего в низкочастотной части спектра (рис. 5), в которой

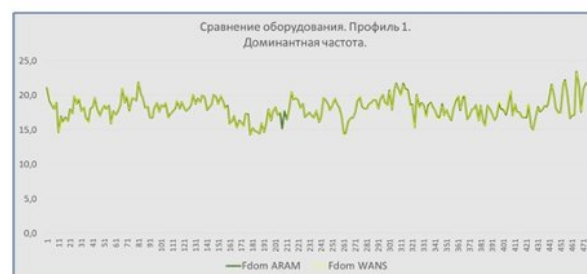
низкочастотные компоненты по амплитуде значительно выше в записи, полученной WANS, чем на ARAM-ARIES. Собственно получили предполагаемые расхождения в характеристиках сейсмических записей, полученных с приемниками с разной собственной частотой.

Можно отметить ожидаемую высокую

▼ Рис. 6. Сверху сейсмограмма Sersel до и после обработки, снизу запись WANS.



▼ Рис. 7. График изменения доминантной частоты, профиль 1.



▼ Рис. 8. График изменения амплитуды сигнала и микросейсм, профиль 1.



интенсивность поверхностных волн при регистрации сейсмоприемниками YF-SOLO-5Hz. В обоих случаях это связано как раз с применением одиночного сейсмоприемника.

По профилю 3 (опытные работы 2018г), заметны различия не только на необработанной записи, но и после первичной обработки, где, в граф обработки была включена процедура полосовой высокочастотной фильтрации (рис.6).

На (рис. 7,8) представлены графики изменения доминантной частоты сигнала на профиле 1.

Посмотрев графики сейсмических атрибутов, так же можно говорить о сопоставимости материалов (за исключением погрешности в измерениях), полученных обеими системами регистрации с одинаковыми приемниками, что уже было отмечено выше.

▼ Рис. 9. График изменения амплитуды сигнала и микросейсм на профиле 3.



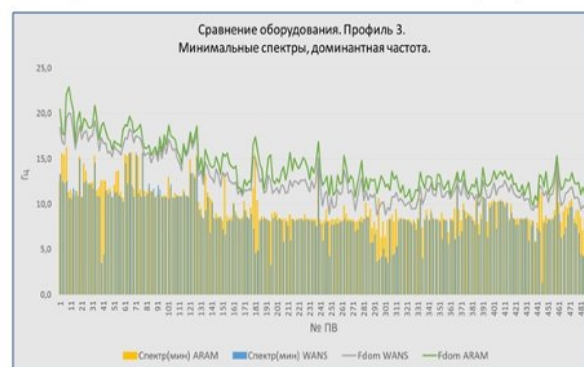
▼ Рис. 10. График изменения ширины спектра на профиле 3.



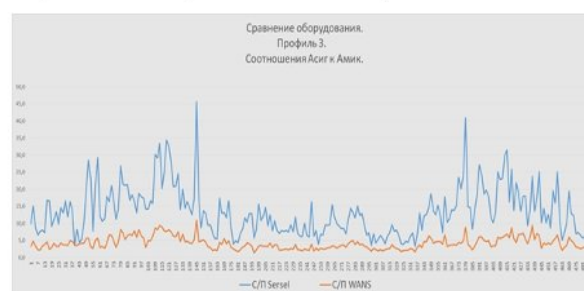
На (рис. 9,10,11) представлены графики изменения амплитуд и микросейсм сигнала по профилю 3, с применением разных (5 и 10 герцовых) сейсмоприемников. На графиках, видны значительные отличия в амплитудах микросейсм, доминантной частоты, соотношениях сигнал/помеха.

Из данных графиков видно, что, несмотря на значительные отличия графики, имеют схожую тенденцию в основной массе. Группирование сейсмоприемников является одним из основных методических приемов сейсмической разведки, позволяющих повышать отношение сигнал/помеха и улучшать, таким образом, качество исходных сейсмических записей. Способ группирования сейсмоприемников, как средство борьбы с поверхностными волнами, был предложен в Советском Союзе В.С. [Воюцкий, 1934].

▼ Рис. 11. Графики изменения спектра сигнала, доминантной частоты на профиле 3.



▼ Рис. 12. График изменения амплитуды сигнала и микросейсм на профиле 3 (опытные работы 2018 г.).



Наконец сравнение характеристик сейсмических записей, полученных с использованием линейных групп из 6 геофонов GS-20DX (Sersel) и бескабельной системы сбора данных WANS с геофонов YF-SOLO-5Hz, а именно сравнение соотношений Асиг к Амик полученного оборудованием Sersel и WANS по профилю 3 (опытные работы 2018г) (рис.12).

Разница наглядна, эффект, возникающий вследствие группирования сейсмоприёмников, заключается в следующем: отражённые волны, приходящие из нижнего полупространства, характеризуются фронтами близкими к горизонтальным и поэтому практически одновременно подходят к различным сейсмоприёмникам группы, синфазно суммируясь и увеличивая, таким образом, амплитуду на выходе группы в $\approx N$ раз, где N – число сейсмоприёмников в группе. Вместе с тем поверхностные волны-помехи, распространяющиеся с относительно низкими скоростями вдоль профиля, приходят к соседним приборам группы со значительными фазовыми сдвигами и поэтому, по сравнению с синфазным суммированием, при сложении могут существенно ослабляться. Тем самым при использовании групп сейсмоприёмников можно получить более качественный материал, нежели с одним геофоном.

Выводы

На основании проведенного анализа результатов опытных работ по опробованию бескабельной телеметрической системы сбора WANS в сравнении с оборудованием ARAM-ARIES и Sersel можно сделать следующие выводы:

Эффективность используемых групп

зависит от величины базы и числа элементов группирования, от распределения чувствительности для различных элементов интерференционной системы, а также от параметров волн-помех и целевых отражений.

Сравнение сейсмических данных по профилю 1, свидетельствует о сопоставимости различных систем регистрации.

Повышение спектральных составляющих, как в области низких частот, так и высокочастотной области на записях WANS, связано с применением одиночного сейсмоприёмника YF-SOLO-5Hz. Применение таких геофонов может быть полезно при решении динамических задач.

Небольшие расстояния между каналами позволит осуществлять обработку и интерпретацию записей первых вступлений с построением детальной скоростной модели, необходимой для вычисления статических поправок.

Телеметрическая система WANS сопоставима с кабельными системам которые сейчас приняты на вооружение у многих российских компаниях и у ряда зарубежных для проведения данного вида работ.

Бескабельные системы имеют большое будущее, особенно в плане реализации новых технико-методических приемов сейсморазведки, в частности, при увеличении плотности наблюдений.

Литература

Абдулвалиев М.Т., Тиссен А.П., Череповский А.В., 2020, Контроль качества в современных бескабельных регистрирующих системах: приборы и системы разведочной геофизики, 1. 31-40

Буряк С.В., Певзнер А.И., Понимаскин

А.И., Харитонов А.Е., 2007, Контроль качества и полевая обработка сейсмических данных: приборы и системы разведочной геофизики, 4. 43-45.

Воюцкий В.С., 1934 г., Авторское свидетельство СССР №42640.

Левянт В.Б., Шустер В.Л., Элланский М.М., Нефтегазоносность фундамента (проблемы поиска и разведки месторождений углеводородов), ТУМА ГРУПП, Москва, 2003 г., 176с.

Тищенко И.В., Тищенко А.И., Жуков А.А. 2009, Контроль качества сейсмических данных – проблемы и решения. 77с.

Сердюков С.В., Азаров А.В., Дергач П.А., Дучков А.А. Аппаратные решения микросейсмического мониторинга геодинамических процессов при подземной разработке твердых полезных ископаемых // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. – 2015. – № 3. – С. 192–200.

Херолд Д.Л., Демидов Н.И., 2007, полевая обработка в реальном времени и оперативный атрибутный количественный анализ качества сейсмических данных: Приборы и системы разведочной геофизики, 3.

Roy White, Ehsan Zabihi Naeini, Optimised spectral merge of the background model in seismic inversion Journal of Applied Geophysics, Volume 136, January 2017, Pages 246-261

Smith J.F., Как создавалась новая беспроводная аппаратура для наземной сейсморазведки: First Break; February 2006, Vol 24, No 2.

Подробнее об авторах



Киселев
Валерий Михайлович

Д-р физ.-мат. наук,
профессор, зав. кафедры
Геофизика СФУ, Института
нефти и газа. Область
научных интересов:
Планетарная и прикладная
геофизика.
Солнечно-земная физика



Малюта
Станислав Игоревич

аспирант Сибирского
Федерального Университета
института нефти и газа.
Сотрудник СПб
«ГЕОТЕК-ВГК»
Область научных
интересов:
сейсморазведка