

Современные технологии выполнения сейсморазведочных работ с использованием БТСС семейства «SCOUT»

■ Тарасов Н.В., Гнатюк А.И., АО «СКБ сейсмического приборостроения», г. Саратов

Технология выполнения полевых работ с использованием бескабельных телеметрических сейсморегистрирующих систем (БТСС) имеет свои особенности, связанные не только с отсутствием кабельного канала передачи данных, но и с типом самой БТСС (сетевой, полуавтономный и автономный типы) и только всесторонний учет этих особенностей может обеспечить реализацию всех потенциальных возможностей БТСС того или иного типа.



▲ Рис. 1. БТСС семейства «SCOUT».

На рис.1 представлено семейство БТСС, разработанных АО «СКБ СП» на базе единой платформы сейсморегистрирующих систем «SCOUT». Данные БТСС обеспечивают решение широкого спектра задач, связанных с реализацией полевых технологий выполнения сейсморазведочных работ.

Рассмотрим варианты реализации полевых технологий выполнения сейсморазведочных работ с использованием БТСС «SCOUT» различного класса и назначения.

2D сейсмическая технология

При проведении 2D сейсмических наблюдений БТСС могут использоваться как в качестве самостоятельной сейсмо-

регистрирующей системы при выполнении региональных и маршрутных поисковых сейсморазведочных работ, так и в качестве вспомогательного инструмента, обеспечивающего возможность регистрации данных в эксклюзивных зонах и повышающего качество регистрируемой информации за счет использования дополнительных трасс регистрации. В частности, возможны следующие варианты использования БТСС в качестве вспомогательного инструмента:

1. Оптимизация расположения пунктов приема на профилях, пересекающих особо сложные районы с высокой урбанизацией и сложным рельефом. Например, спрямление профиля;

2. Продление приемной расстановки в зоны, недоступные для транспортных средств. Например, продление расстановки в сложный рельеф;

3. Сгущение пунктов приема в случае необходимости разряжения пунктов возбуждения.

4. Обеспечения непрерывной регистрации данных при преодолении препятствий (реки, железнодорожные пути, автострасы), осложняющих или не допускающих использование кабельных сейсморегистрирующих систем.

Как показывает мировая практика, при проведении 2D сейсморазведочных работ могут быть использованы все типы БТСС – сетевые, полуавтономные и автономные.

В [1] описан опыт применения автономного варианта БТСС «SCOUT» при проведении 2D сейсморазведочных работ в предгорных районах Кабардино-Балкарии. В данном случае БТСС использовалась как вспомогательный инструмент, обеспечивающий продление и стыковку профилей при наличии препятствий и, таким образом, получить непрерывную корреляцию отражающих горизонтов, повысить кратность прослеживания в эксклюзивных зонах и получить дополнительную сейсмическую информацию там, где было невозможно эффективно использовать кабельную систему.

3D сейсмическая технология

До недавнего времени реализация площадных систем наблюдений осуществлялась с использованием лишь кабельных многоканальных и сверхмногоканальных телеметрических сейсморегистрирующих систем. Однако в последнее время все чаще появляются сообщения о выполнении 3D проектов с использованием различных типов бескабельных сейсморегистрирующих систем.

В последние годы при выполнении 3D сейсмических наблюдений все чаще применяют гибридные приемные расстановки, состоящие из кабельных и бескабельных сегментов. Такие сегменты могут соседствовать и чередоваться (в соответствии с типом грунта, наличием препятствий и экологически чувствительных зон и т.п.) или перекрываться (если нужно сократить интервал между ПП для неглубоко залегающих целевых границ или добавить трехкомпонентные датчики для прогнозирования геологического разреза и расчета свойств коллектора).

Такие гибридные приемные расстановки могут быть использованы для решения следующих задач:

1. Локальное увеличение кратности наблюдения на площади, например, около скважины и/или для детального изучения верхней части разреза.

2. Организация одновременной записи однокомпонентных (1С) и многокомпонентных (3С) данных с использованием различного типа датчиков (аналоговых и/или цифровых).

3. Обеспечение сейсмических работ в сложных геоморфологических условиях, например, на заболоченных участках или на больших удалениях.

4. Выполнение сейсмического активного мониторинга месторождений, обеспечение организации непрерывной записи микросейсмического процесса (пассивный сейсмический мониторинг).

В случае применения такой смешанной конфигурации, важно предусмотреть совместимость всех сегментов приемной расстановки. Важно получить однородную сейсмическую информацию (одни и те же параметры регистрации, одна и та же электроника, те же меры контроля качества) в одном выходном формате.

Такие различные конфигурации приемных расстановок позволяют выполнять высокопроизводительные и высокоплотные 3D работы в более сложных поверхностных условиях и получать более качественные изображения исследуемой геологической среды.

Учитывая, что одной из областей, в которой кабельные сейсморегирующие системы имеют, по крайней мере, в настоящее время, бесспорное преимущество, является контроль в реальном времени уровня шума на профиле, было бы разумно использовать это качество кабельных систем в совместных расстановках с автономными БТСС. Это было бы тем более разумно, если учесть, тот факт, что в настоящее время в сейсморазведке доминируют кабельные сейсморегирующие системы и это оборудование еще долгое время будет в распоряжении геофизиков.

В таких совместных расстановках кабельная система может быть развернута с пониженной плотностью каналов, достаточной для контроля шума в реальном времени. Интервал между кабельными каналами может быть 100 и более метров, а интервал между кабельными линиями – не менее 500 м. Бескабельные каналы можно размещать в линии кабельных каналов, что улучшит качество данных регистрируемых данной линией наблюдения и снизит риски, связанные с возможным повреждением кабеля.

Наиболее часто гибридные расстановки используются в районах с разветвленной инфраструктурой, а также в районах с различными ограничениями, связанными с экологией местности. Хотя препятствия и ограничения оказывают влияние на размещение как пунктов приема, так и пунктов возбуждения, однако пункты приема, в основном, менее чувствительны к подобного рода воздействиям,

поскольку площадь оказываемого ими влияния на окружающую среду мала и их перемещение не составляет особого труда. В соответствии с теорией обратности, пункты возбуждения и пункты приема взаимозаменяемы, чем можно воспользоваться при наличии препятствий и ограничений на исследуемой площади.

Новые бескабельные технологии облегчают возможность уплотнения сети наблюдения в области ограничений на исследуемой площади при существенно меньших финансовых затратах и, как результат, они находят все большее применение при выполнении 3D сейсмических работ.

Технические преимущества приемных устройств бескабельной системы при уплотнении сети наблюдения проистекают из того, что их можно разместить там, где размещение источников невозможно. Уплотнение сети наблюдения в зоне ограничения вызывает меньшие отклонения в распределении трасс в соседних с зоной ограничения областях. Кроме того, в этом случае распределение «удаление/азимут» лучше, чем при уплотнении сети пунктов возбуждения. Если применяется такая смешанная конфигурация (кабельная ТСС + БТСС), то важно получить однородную информацию (одни и те же параметры регистрации, одна и та же электроника и те же меры контроля) в одном выходном формате (например, в формате SEG-D). Такие различные конфигурации приемных расстановок позволяют выполнять высокопроизводительные и высокоплотные 3D наблюдения и получать более качественные изображения исследуемой геологической среды.

В [2] описано выполнение опытно-методических работ по сравнительному тестированию БТСС «SCOUT» и кабель-

ной телеметрической сейсморегирующей системы SN428XL. Работы были проведены в соответствии с Государственной программой по замещению импортного оборудования.

Основными целями выполнения проекта являлись:

- оценка преимуществ и недостатков бескабельной технологии в сравнении с кабельной технологией при выполнении сейсмических наблюдений в таёжной зоне с резко континентальным климатом. Температура воздуха в период проведения работ колебалась от -25°C до -35°C (местами до -45°C);

- оценка трудоёмкости всего процесса использования бескабельной системы, включая вспомогательные операции, начиная с установки блоков на пикеты и кончая съёмом и загрузкой данных в компьютер.

Как и ожидалось, сырые полевые данные бескабельной и кабельной систем практически не отличались. После обработки данных с использованием одного и того же графа обработки были получены абсолютно одинаковые разрезы (рис.2).

Небольшие отличия в шумах в основном связаны с отличиями в установке

датчиков и небольшими вариациями, связанными с выносами.

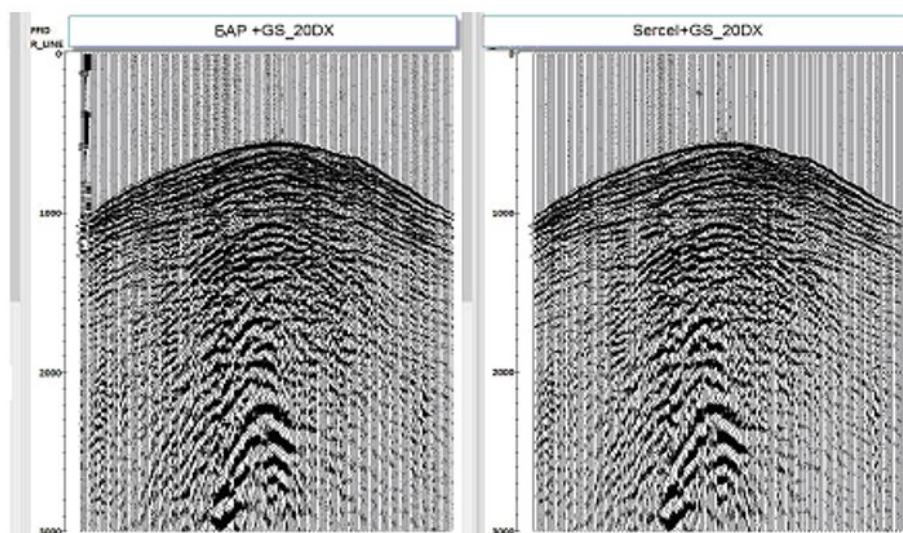
Результаты тестовых испытаний показали высокую надёжность работы бескабельной системы и подтвердили возможность использования гибридных приемных расстановок, состоящих из кабельных и бескабельных сегментов, для оптимизации сейсморазведочных работ для обеспечения их эффективности и качества данных. Как и ожидалось, никаких существенных различий в качестве исходных и обработанных данных, зарегистрированных с использованием столь отличных технологий регистрации, замечено не было. Во многом это связано с обеспечением полной интеграции между регистрирующими системами.

4D сейсмическая технология

В настоящее время наблюдения с использованием 4D сейсмической технологии в основном осуществляются с использованием многоканальных кабельных телеметрических сейсморегирующих систем.

Весьма перспективными для проведения мониторинга месторождений углеводородов являются БТСС, обеспечивающие возможность создания любого вида апертур на площади действующих

▼ Рис. 2. Фрагменты сейсмограмм, полученных различными сейсмостанциями.



месторождений. При этом при изучении направления гидроразрыва пласта использование БТСС предпочтительно в варианте передачи регистрируемой информации в центральный регистрирующий комплекс в реальном времени, что обеспечивают БТСС сетевого типа. В частности, в [3, 4] сообщается об использовании для этих целей БТСС “UNITE” и БТСС “RT System 2”, соответственно, компаниями “PanAmerican Geophysical и MicroSeismic (обе США), специализирующимися на выполнении данного вида геофизических работ. Вместе с тем, российская компания ЗАО «Градиент» (г.Казань) широко и успешно использует для мониторинга месторождений углеводородов автономный вариант БТСС “SCOUT”.

Многоволновая сейсморазведка

Для регистрации полного волнового поля и получения изображений среды на Р и S волнах требуются сверхмногоканальные сейсморегирующие системы, обеспечивающие выполнение полевых работ с высокой плотностью пунктов приема и очень большой канальностью.

С учетом регистрации 3-х компонент, необходимая канальность системы может быть более 10000. Важным моментом является также то, что при многоволновых исследованиях длина записи должна быть намного больше обычной, что связано с низкими скоростями поперечных волн.

Учитывая вышеизложенное, БТСС являются весьма перспективными для выполнения работ МВС.

Вместе с тем, следует отметить, что БТСС, как и кабельные системы имеют ряд существенных недостатков, что свидетельствует о том, что данные системы еще далеки от того, чтобы считаться «идеальным» инструментом для сбора

сейсмоданных, что, соответственно, ограничивает их потенциальные возможности по полному вытеснению кабельных систем, которые также продолжают совершенствоваться, и их возможности и надёжность всё время повышаются.

Среди ключевых ограничений, присущих каждой из вышеназванных типов систем, можно назвать следующие:

Ограничения кабельных систем

- Значительный вес системы;
- Интенсивность ручного труда и перемещений;
- Повышенный риск причинения вреда здоровью, нарушения экологии и требований безопасности;
- Ограниченный доступ в районы со сложным рельефом и развитой промышленной инфраструктурой;
- Потери времени, связанные с ремонтом и обслуживанием кабелей;

Ограничения бескабельных систем

- Отсутствие у полуавтономных и автономных БТСС контроля качества сейсмоданных в реальном времени;
- Отсутствие контроля состояния профиля у бескабельных сейсморегирующих систем автономного типа;
- Низкая скорость доставки зарегистрированных сейсмоданных для последующего их анализа и обработки;
- Проблемы, связанные большим количеством, весом и обслуживанием батарей питания в многоканальных системах.

«Идеальная» сейсморегирующая система должна быть свободна от этих ограничений, с тем, чтобы удовлетворить требования как сервисных геофизических, так и нефтяных компаний.

Одним из путей решения данной проблемы является объединение в сейсморегирующей системе лучших

элементов кабельной и бескабельной технологий сбора сейсмоданных. Результатом должна стать инновационная сейсморегистрирующая система нового поколения с уникальной архитектурой.

Первой попыткой решения данной проблемы является созданная компанией Sercel (Франция) сейсморегистрирующая система 508_{хт}, в которой используются элементы кабельной и бескабельной технологий сбора сейсмоданных [5, 6].

С целью повышения эффективности выполнения сейсморазведочных работ отечественными геофизическими сервисными компаниями, обеспечения конкурентоспособности российских сейсморегистрирующих комплексов на российском и зарубежных рынках геофизического оборудования и снижения зависимости российского топливно-энергетического комплекса от импорта данного вида оборудования, комплектующих и запасных частей, услуг иностранных компаний, АО «СКБ СП» вышло с предложением в Минпромторг РФ о создании инновационной сейсморегистрирующей системы нового поколения «SCOUT-НТ» с уникальной архитектурой, объединяющей лучшие качества кабельной и бескабельной технологий сбора сейсмоданных и предназначенной для поиска нефтяных и газовых месторождений на суше, ледовой поверхности акватории арктических морей, в транзитных и экологически чувствительных зонах.

В настоящее время в АО «СКБ СП» ведутся работы по реализации проекта, основной целью которого является разработка и внедрение в производство телеметрической сейсморегистрирующей системы, обеспечивающей сверхмногоканальные сейсмические исследования со сбором данных как в реальном, так и в нереальном времени, чрезвычайно надежной и удобной в эксплуатации,

отвечающей всем требованиям экологической и технической безопасности. Т.е. предполагается создание сейсморегистрирующей системы, свободной от недостатков сейсморегистрирующих систем, существующих в настоящее время.

Отличительной особенностью архитектуры разрабатываемой системы является использование в ней элементов как кабельной, так и бескабельной технологий регистрации сейсмоданных, что обеспечит возможность регистрации сейсмической информации в непрерывном режиме, без задержек и пауз в работе системы, независимо от состояния кабельной связи наземной расстановки с центральной регистрирующей системой (ЦРС), в любых районах проведения наземных сейсморазведочных работ на суше, ледовой поверхности акватории арктических морей, в транзитных и экологически чувствительных зонах.

Возможность работы системы в таком режиме должна обеспечиваться:

- наличием в составе системы модулей коммутатора линии наблюдения (МКЛ), каждый из которых обеспечивает прием сейсмоданных, поступающих в МКЛ из его линии наблюдения, а также сейсмоданных, поступающих из соседних линий, и передачу поступивших в МКЛ сейсмоданных в ЦРС по оптоволоконному кабельному каналу. В случае невозможности передачи данных по кабельному каналу (обрыв кабеля, сбой в процессе передачи), поступающая в модуль информация запоминается во внутренней памяти и в последующем передается в ЦРС либо по восстановленному кабельному каналу связи, либо с использованием мобильного устройства сбора данных;

- наличием буферной памяти в каждом полевом блоке сбора данных в линии наблюдения, что обеспечивает возможность в случае нарушения передачи данных по кабельному каналу связи линии наблюдения, не прерывая процесс сейсмического наблюдения, накапливать регистрируемую информацию непосредственно в блоке сбора данных и затем передать ее в ближайший МКЛ;

- возможностью использования в сейсмической расстановке автономных бескабельных блоков сбора данных БАР.

В случае применения такой смешанной конфигурации, важно предусмотреть совместимость всех сегментов приемной расстановки. Важно получить однородную сейсмическую информацию (одни и те же параметры регистрации, одна и та же электроника, те же меры контроля качества) в одном выходном формате. Имеющийся у АО «СКБ СП» богатый опыт создания как кабельных, так и бескабельных телеметрических сейсморегистрирующих систем, безусловно, позволит успешно решить данную проблему.

Одной из особенностей архитектуры предлагаемой системы является то, что она обеспечивает устранение временных простоев, связанных с необходимостью устранения неисправностей кабельного канала передачи данных в процессе выполнения работ. В случае возникновения неисправности в кабельном канале передачи данных, система либо выберет новый, безопасный маршрут передачи данных на соответствующем участке наземной расстановки, либо просто перейдет на этом участке наземной расстановки в автономный режим регистрации.

Использование в наземной расстановке системы кабельного канала обеспечит также:

- возможность контроля состояния профиля в реальном времени;

- возможность создания сети распределения питания блоков наземной расстановки, примерно так же, как это делается в современных кабельных системах. Это позволит существенно снизить количество батарей, используемых при выполнении полевых работ.

В предлагаемой системе должны быть также обеспечены:

- возможность передачи зарегистрированных в ЦРС сейсмоданных в Систему Контроля Качества (Система QC) полевого материала с использованием кабельного канала либо радиоканала.

- возможность запуска и синхронной работы двух сейсмостанций, удаленных друг от друга на несколько километров и управляемых с пункта возбуждения с помощью системы синхронизации возбуждений ССВ-2, либо ССВ-3.

- возможность реализации современных вибросейсмических технологий возбуждения сигнала на профиле (flip-flop, slip-swim и др.).

Таким образом, реализация данного Проекта обеспечит создание сейсморегистрирующей системы, свободной от ограничений, присущих как кабельным, так и бескабельным системам.

Реализация Проекта должна поднять отечественное геофизическое приборостроение на качественно новый уровень и обеспечить ему конкурентоспособность, столь необходимую для реализации задачи импортозамещения в области геофизического приборостроения и устранения угрозы возникновения полной зависимости предприятий энергетического комплекса России от поставок зарубежными компаниями геофизического оборудования, предназначенного для поиска нефтяных и газовых месторождений.

Литература

1. Емкужев А.С., Слонов Д.Н., Красных В.А., Калинин А.Ю., Опыт работы ОАО «Оренбургская геофизическая экспедиция с системой бескабельного сбора данных SCOUT в предгорных районах Республики Кабардино Балкария, Приборы и системы разведочной геофизики, № 01, 2013, стр.6-10

2. Погрецкий А.В., Стрекалов А.Я., Житкевич Ю.Б., Родин Д.В., Мехоношин В.П., Опытнo-методические работы по тестированию бескабельной сейсморегистрирующей системы “SCOUT”, Приборы и системы разведочной геофизики, №01, 2017, стр.15-24

3. PanAmerican adds microseismic and cable-less to its technology portfolio. www.fb.edge.org/publication/content?id=65595

4. Wireless Seismic Announces the Purchase of RT System 2 by MicroSeismic to Monitor Hydraulic FracturingOperations, Free Online Library [2012], www.thefreelibrary.com

5. 508XT Powered by X-TECHTM, рекламный проспект компании Sercel, 2015

6. Гафаров Р.Н., Ягудин И.Р., Денисенко Н.В., О первых результатах опытной эксплуатации сейсмосистемы 508XT в АО «Башнефтегеофизика», №04, 2016, стр.43-49

Подробнее об авторах



Тарасов
Николай Васильевич

Исполнительный
директор АО «СКБ СП»,
К. Т. Н.



Гнатюк
Александр Иванович

Главный конструктор
АО “СКБ СП”,
автор нескольких
изобретений
и публикаций.