

Время сделать следующий шаг в сейсморазведке

- Кузьмичев В., Директор по развитию бизнеса в России и СНГ Wireless Seismic Inc.
г. Москва, ул Суворовская 10А, офис 9, vkuzmichev@wirelesseismic.com, +7 926 2626071

Время сделать следующий шаг в сейсморазведке.

RT System 2

ЕДИНСТВЕННАЯ промышленная система записи сейсмических данных с беспроводной передачей данных в режиме реального времени и возможностью расширения.



RT System 2 обеспечивает гибкость и снижение операционных издержек, присущих беспроводным системам, без потери всех преимуществ традиционной кабельной передачи данных в режиме реального времени. Все сейсмические данные передаются на центральное устройство записи в реальном времени с помощью телеметрической архитектуры, основанной на радиопередаче, которая может быть расширена до более чем 10000 каналов.

wirelessSEISMIC



В предыдущем номере журнала была представлена достаточно подробная информация о бескабельной системе регистрации сейсмоданных в режиме реального времени RTS2 компании WirelessSeismic Inc. На примерах использования системы для мониторинга гидроразрыва пластов были продемонстрированы преимущества системы RTS2 в сравнении с системами предыдущих поколений.

В настоящей статье будет рассказано об очень успешном опыте использования системы в сейсморазведочных работах 3Д на территории Российской Федерации. Эти опытные работы были проведены в марте 2014 года по заказу ОАО «Газпром Нефть» во время выполнения рабочего проекта, осуществленного ЗАО Геотек Холдинг в Ямало-Ненецком Автономном округе.

Прежде всего следует отметить, что работы проводились в реальных условиях, без остановки производства, без привлечения каких бы то ни было дополнительных материальных и человеческих ресурсов.

Оборудование Wireless Seismic RTS2 было доставлено на базу партии 13 марта. В этот же день была начата зарядка батарей и уже через два дня рабочие приступили к раскладке оборудования.

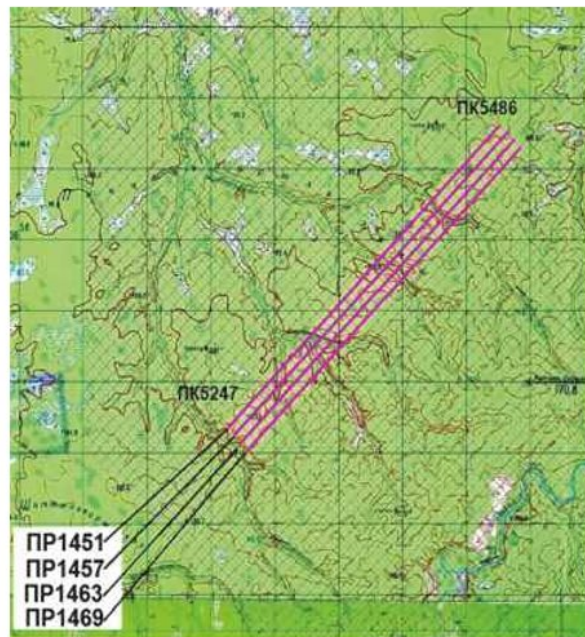
Одно из достоинств беспроводных модулей WRU заключается в том, что для активации WRU на профиле не требуются ни высококвалифицированные кадры, ни какие бы то ни было дополнительные терминалы. Достаточно подключить группу, повернуть модуль на пару секунд разъемом вниз, установить его на землю и модуль после самостоятельного прохождения тестов полностью готов к



▲ Активация блока WRU. Никаких терминалов.

работе. Обучение полевого персонала этой несложной операции занимает несколько минут. При этом оператор на сейсмостанции видит расположение и статус каждого модуля и группы геофонов в реальном времени.

При выполнении пилотного проекта сейсмическая расстановка с модулями системы RTS2 включала 4 профиля по 240 активных каналов на каждом профиле. Всего было разложено, соответственно, 960 каналов и все они были постоянно активными. На трех профилях, просеках шириной 4 метра, оборудование RTS2 раскладывалось параллельно с используемым в производственном цикле наземным оборудованием системы Sercel 408. Для проверки работоспособности оборудования RTS2 в условиях леса, еще один профиль, так называемая визирка шириной 1 метр, был специально проложен на участке с практически



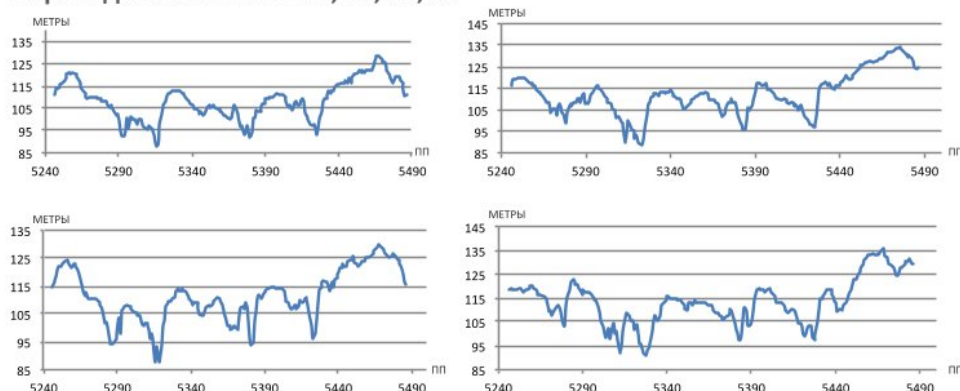
▲ Рис. 1. Район проведения работ

полным отсутствием рубки леса. Все параметры обеих систем были полностью идентичны, включая одинаковые группы геофонов и расстояние между пунктами приема, равное 50 метрам.

На рисунках 1 и 2 показан район проведения работ, где использовалось беспроводное оборудование, и, соответственно, графическое представление всех альтитуд профилей.

Расстояние между сейсмостанциями было примерно 10-11 км. Система Sercel 408 выступала в роли ведущей станции, а RTS2 в роли ведомой. На сейсмостанции RTS2 были дополнительно установлены радиостанции для голосовой связи, а также радиостанция для работы с систе-

Перепады высот на ПР 51, 57, 63, 69



◀ Рис. 2. Графическое представление альтитуд профилей

мой синхронизации взрывных источников возбуждения SGD, версии 7.5. Такая же система синхронизации использовалась в сейсмостанции Sercel 408.

Синхронизация RTS2 с системой SGD не вызвала никаких проблем. RTS2 полностью поддерживает отечественную систему синхронизации SGD этой и более высоких версий.

Сама расстановка оборудования на профилях также не вызвала никаких трудностей, даже несмотря на то, что до этого рабочие с данным оборудованием не работали, а специалисты Wireless Seismic на расстановке оборудования в поле их не сопровождали.

Немного забегаая вперед, необходимо отметить, что настройка профилей осуществлялась только на начальном этапе и в общей сложности заняла по каждому профилю менее часа, а на последней расстановке и того меньше.

Настройка была закончена быстро, а касалась она только 2-х моментов - это замена группы или ее правка и выявление и активация нескольких неактивированных модулей на первом и втором профилях. Последнее было связано с тем, что не все рабочие, вовлеченные в процесс расстановки оборудования, прошли краткое обучение перед началом работ.

Следует отметить, что в последующем дополнительные выезды техников-наладчиков ни на один из 4-х профилей не понадобились. При этом продолжительность работ с использованием оборудования RTS2 составила 14 суток.

Таким образом, состояние оборудования в поле на протяжении 14 суток характеризуется следующей статистикой (рисунок 3).

Время, затраченное после первичной наладки на настройку линий, включая замену батарей, беспроводных модулей,

• Период работ	- 15 дней
• Количество отработанных ПВ	- около 4200 фн
• Общее количество часов простоев	- 0 часов
• Количество замененных батарей	- 0

▲ Рис. 3. Краткая статистика проекта

равно нулю. Выезды техников не потребовались на протяжении всего времени выполнения проекта. Исключение составили замены батарей на межлинейных модулях.

Выполнение опытных работ с системой RTS2, в рамках рассматриваемого пилотного проекта, включало:

- непосредственно регистрацию сейсмоданных, преимущественно в ночное время;
- выполнение различных экспериментов, которые осуществлялись в дневное время.

Регистрация.

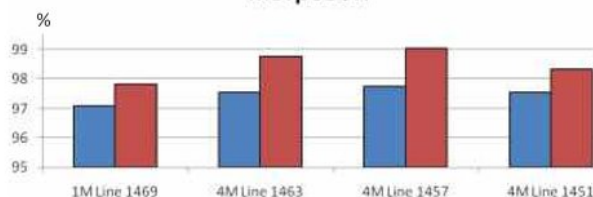
Регистрация производилась преимущественно в ночное время. Станция RTS2 работала в режиме ведомой и команды на отстрел подавались с ведущей станции.

Подготовка оператором оборудования системы RTS2 к регистрации ничем не отличается от стандартной подготовки и включает: выполнение теста расстановки, включающего инструментальные тесты полевого оборудования и групп геофонов, а также контроль с помощью Seismonitора шумов на профиле в режиме реального времени. Результаты тестов представляются в стандартном формате Excel, что позволяет легко отфильтровать желаемые данные.

Одной из задач регистрации, поставленной перед началом работ, являлась проверка функционирования беспроводной телеметрии в условиях леса и пересеченной местности. Для этого один

из 4-х профилей (профиль 69) был специально проложен на участке с практически полным отсутствием рубки леса. На рисунке 2 показаны условия (альтитуды 4-х профилей), при которых оценивалось качество телеметрии. На рисунке 4 представлено сравнение качества телеметрии (прием-передача данных) на профилях шириной 4 метра и визирки (1 метр). Как видно из представленных на Рис.4 результатов, на качество телеметрии условия, в которых были проложены профили, не оказали практически никакого воздействия. Другими словами, если оператор сейсмостанции не знает, где и какие условия регистрации, то, обмениваясь командами и данными с поля, он не увидит никакой разницы.

**Сравнение значений качества телеметрии
1 метровая просека в сравнении с 4х
метровой**



▲ Рис. 4. Сравнение качества телеметрии на профилях 4 м и 1 м

Этот факт имеет очень большое значение, поскольку демонстрирует способность системы RTS2 работать в сложных условиях регистрации и позволяет снижать до минимума подготовку профилей со всеми вытекающими отсюда положительными моментами, касающимися рубки и иных подготовительных работ.

В системе реализован очень удобный для работы Интерфейс, который позволяет выбирать необходимый ПВ как в таблице, так и в графическом режиме, что, несомненно, экономит время, например, при работе в офсетных зонах. Оператор видит не только приемные линии, но и каждую точку ПВ. Для удобства, перед началом регистрации

оператор может экспортировать только необходимые ПВ, с которыми планируется работать в этот день. Осуществляется это посредством графической выборки с помощью мыши. Это позволяет конкретизировать задачи предстоящего рабочего дня.

Необходимо отметить, что в случае работы с источниками, оснащенными системой позиционирования, необходимость в ручном выборе отпадает и по команде готовности от источников, система автоматически переходит на соответствующие ПВ и расстановку.

В процессе работы оператор легко контролирует всю телеметрию поля, состояние как каждого модуля и каждой линии в отдельности, так и всей расстановки в целом.

Оценка качества данных также осуществляется в режиме реального времени.

Сравнение работы кабельной и бескабельной систем в ходе выполнения данного проекта, наглядно продемонстрировало высокую надежность телеметрического канала передачи данных системы RTS2. Как сказано выше, в процессе выполнения работ не было осуществлено ни одного выезда для настройки телеметрии. Связано это с технологией автоматического поиска пути передачи данных. Особенности этой технологии были достаточно подробно рассмотрены в статье, опубликованной в предыдущем номере журнала. В кратком изложении, примененный в системе принцип передачи данных при возникновении проблемы на линии, заключается в следующем.

В кабельной системе в случае обрыва кабеля в любой точке расстановки оператор вынужден остановить регистрацию и выслать бригаду техников для устранения неисправности. В случае сбоя работы нодального модуля оператор не увидит этого сбоя до начала сбора данных.

В регистрирующей системе RTS2 модуль, предшествующий проблемному, в режиме реального времени незамедлительно установит связь с последующим за неисправным и, таким образом, телеметрия восстановится за считанные секунды, данные будут получены в полном объеме, в худшем случае за исключением записи одного канала, где и произошла эта проблема.

Таким образом, полностью исключен простой из-за обрыва линейной телеметрии.

За время выполнения рассматриваемого проекта время простоя составило 0ч0мин

Необходимо отметить, что проект осуществлялся в марте месяце и погода была переменчива - от первых градусов выше нуля в начале проекта до -30 и чуть ниже ближе к концу.

Вполне возможно, что именно с этим были связаны периодические проблемы с контактами в кабельной системе и, как результат, периодическое «падение» телеметрии. Точные статистические данные, к сожалению, не зафиксированы, но можно говорить о простоях перед отстрелом из-за неполадок в телеметрии кабельной системы, включая наладку от 3 часов и намного более.

Надо отметить, что оператор, уже имеющий опыт работы с телеметрическими системами, начиная с 4-го дня регистрации, работал практически самостоятельно. Безусловно, на протяжении всего проекта осуществлялась

поддержка инженерами WirelessSeismic.

Немаловажным моментом является автономность работы системы и, соответственно, ее энергопотребление.

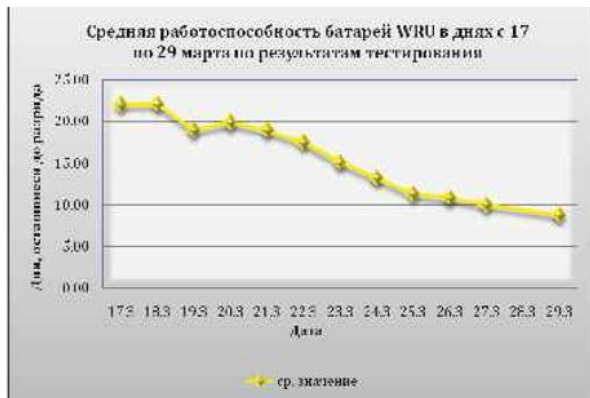
Одним из требований к проводимым работам была оценка этой составляющей. Перед работой было поставлено условие - не менять аккумуляторы на полевых модулях WRU до их полного разряда. Следовать этому условию не потребовалось, так как даже после 14 суток работы и экспериментов все аккумуляторы были далеки от разряда.

Ниже приведена таблица 1, в которой представлены данные о состоянии всего полевого оборудования, включая батареи. Для удобства в системе RTS2 одно из значений, отвечающих за отображение состояния каждой полевой батареи, показывает количество дней, оставшихся до разряда. В данной таблице эти столбцы отмечены цветом. В верхней части таблицы приведены данные от 16 марта, а в нижней – данные для этих же модулей от 27 марта.

В графике ниже на рисунке 5 приведена статистика по всем полевым батареям. Из данных, приведенных на Рис.5, видно, что после 12 дней работы оставшегося заряда аккумуляторов достаточно для работы в течение недели. Стоит обратить внимание, что оборудование эксплуатировалось в достаточно жестком режиме, поскольку оно работало практически круглосуточно. В дневное время осуществлялись эксперименты, а в ночное время – регистрация.

March,16																	
Equip	Formed	Unit State	Test Status	Internal Tests	Line #	Point #	Serial #	Volt A	Volt B	Curr A	Curr B	Cap A	Cap B	Days of Oper	Batt A Status	Batt B Status	Ohms
WRU	Yes	Passed	Passed	Passed	1451	5249	800018931	4,07	4,05	0	0	12100	12194	22,25	In Use	Standby	791
WRU	Yes	Passed	Passed	Passed	1451	5250	800021192	4,08	4,03	0	115	12246	12041	19,72	Standby	In Use	795
WRU	Yes	Passed	Passed	Passed	1451	5251	800021066	4,06	4,05	57	0	12075	12144	22,18	In Use	Standby	789
WRU	Yes	Passed	Passed	Passed	1451	5252	800021022	4,07	4,03	0	59	12163	12041	22,17	Standby	In Use	799
WRU	Yes	Passed	Passed	Passed	1451	5253	800019429	4,04	4,07	57	0	12160	12165	22,28	In Use	Standby	793
March,27																	
WRU	Yes	Passed	Passed	Passed	1451	5249	800018931	3,63	4,04	63	0	1161	11166	9,87	In Use	Standby	788
WRU	Yes	Passed	Passed	Passed	1451	5250	800021192	4,07	3,61	0	64	10811	787	8,05	Standby	In Use	793
WRU	Yes	Passed	Passed	Passed	1451	5251	800021066	3,62	3,99	62	0	958	10191	9,69	In Use	Standby	786
WRU	Yes	Passed	Passed	Passed	1451	5252	800021022	4,06	3,62	0	63	10790	937	9,72	Standby	In Use	796
WRU	Yes	Passed	Passed	Passed	1451	5253	800019429	4,04	3,65	0	59	10900	1440	9,81	Standby	In Use	790

▲ Табл. 1.



▲ Рис. 5. Статистика по всем полевым батареям

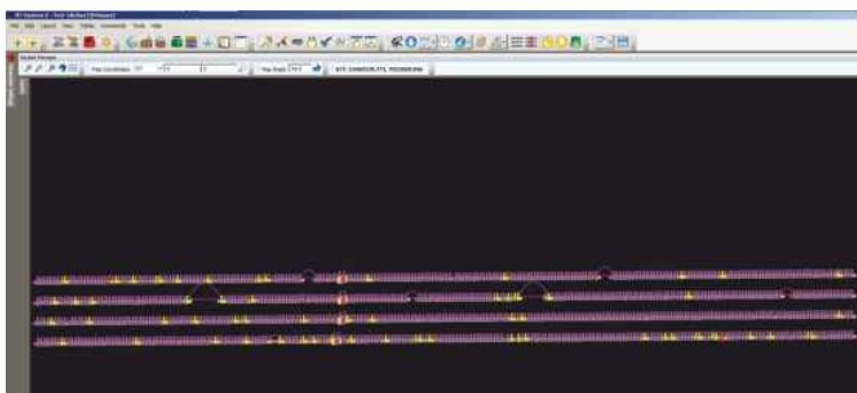
В таблице II приведены параметры регистрации и статистические данные.

Экспериментальные работы

Как уже отмечалось, регистрация производилась в ночное время. В дневное время по запросу Заказчика работ ОАО «ГазпромНефть» и исполнителя работ ЗАО «Геотек Холдинг» проводились различные эксперименты, целью которых было узнать возможности и особенности работы системы в нестандартных ситуациях.

Как уже отмечалось выше, было проведено сравнение качества телеметрии в условиях 4 метровой просеки и визирки шириной 1 метр. Сравнение показало практическое отсутствие влияния этих условий на качество телеметрии.

Основной задачей следующего эксперимента являлась проверка устойчивости работы телеметрии системы в заведомо усложненных условиях.



◀ Рис. 6. Передача данных в линиях наблюдения с рядом выборочно отключенных каналов. Суммарно в линиях отключено 39 каналов.

№№ п/п	Наименование параметра/статистика	Значение
1	Количество линий наблюдения в расстановке	4
2	Количество активных каналов в линии	240
3	Расстояние между ПП	50 м
4	Шаг дискретизации	В основном 2 мс (2 ночи – 1 мс)
5	Количество отработанных ПВ	Более 4200
6	Продолжительность работы	15 дней
7	Количество простоев	0
8	Количество замененных батарей	0

▲ Табл. 2.

Для усложнения передачи данных было отключено 38 каналов на разных линиях.

То есть данные передавались не везде через 50 метров, а в некоторых местах (см. рисунок 6) через 100, 150 и более метров.

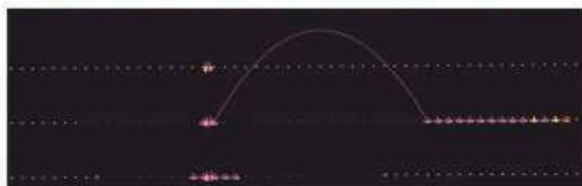
Система успешно справилась с этой задачей и, мало того, что никаких проблем с устойчивостью телеметрии выявлено не было, данные были переданы с задержкой, составившей менее 2,5 сек.

Следующей задачей, поставленной перед специалистами WirelessSeismic, принимавших участие и оказывающих поддержку проводимым работам, было установление дальности передачи информации от одного блока WRU другому.

Увеличение дальности передачи от одного блока WRU к другому осуществлялось путем последовательного отключения соседних блоков (см. рису-

Экстремальные тесты телеметрии

Пропуск 19 каналов. Расстояние между активными WRU 1000 м



Передано 100% данных.

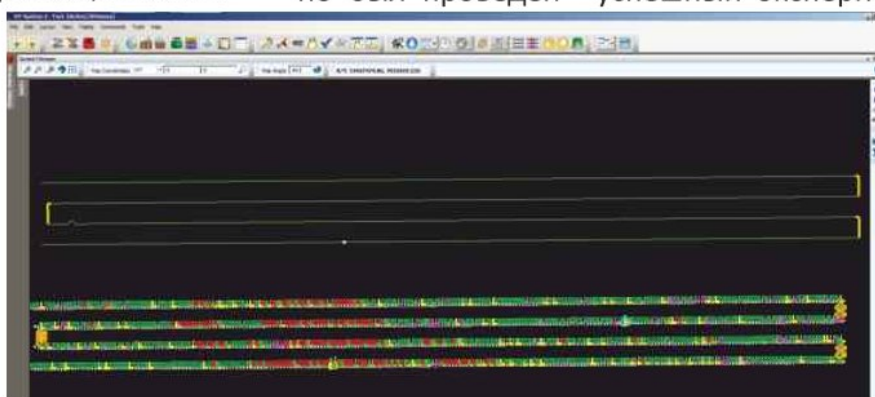
▲ Рис. 7. Результат теста на дальность передачи информации от одного блока WRU другому.

нок 7). Одновременно выполнялось тестирование процесса передачи данных. Как видно из скриншота, приведенного на рисунке 7, даже при пропуске 19 WRU, что эквивалентно расстоянию в 1000 метров(!), система приняла данные в полном объеме, без каких-либо потерь. Естественно, время передачи данных в этой экстремальной ситуации увеличилось. Но задача состояла в том, чтобы определить опытным путем возможную дальность передачи данных между WRU и понять «запас прочности» телеметрии системы RTS2. Полученный результат превзошел все ожидания участников работ.

Ниже приведены результаты еще двух экспериментов, которые также были выполнены по запросу Заказчика.

Так как данные со всех 960 каналов на 4-х линиях при шагах дискретизации 1 и 2 мс поступали в центральную систему регистрации в реальном времени и, как уже было отмечено выше, при производственных работах не было зафиксировано ни одной минуты простоя, то было

► Рис. 8. Схема сейсмической расстановки с 4-мя линиями, соединенными последовательно с помощью репиторов, и одним межлинейным модулем LIU



принято решение о проведении дополнительных экспериментов в особо жестких условиях для передачи данных.

Первый эксперимент заключался в оценке стабильности работы телеметрии при максимальной нагрузке.

Для проведения этого эксперимента из расстановки были «убраны» 3 из 4 межлинейных модуля LIU. Таким образом, 3Д расстановка превратилась в один, но очень длинный 2Д профиль с одним межлинейным модулем LIU для сбора данных. То есть все данные шли через него. Общая длина профиля, таким образом, составила 880 каналов или 44 км и еще 80 каналов с другой стороны (см. рисунок 8).

Линии между собой были соединены посредством репиторов, точно таких же беспроводных модулей WRU, единственное отличие которых заключалось в отключенном модуле регистрации. По аналогии с кабельной расстановкой расстановку можно назвать «змейкой».

Никаких проблем по телеметрии при проведении тестов оборудования такой уникальной по своей протяженности линии не возникло и эксперимент был начат без промедления.

В ходе эксперимента параметры регистрации, за исключением шага дискретизации, оставались без изменения.

При отработке сейсмической расстановки в этой конфигурации данные были получены в полном объеме, Параллельно был проведен успешный экспери-



▲ В сейсмостанции

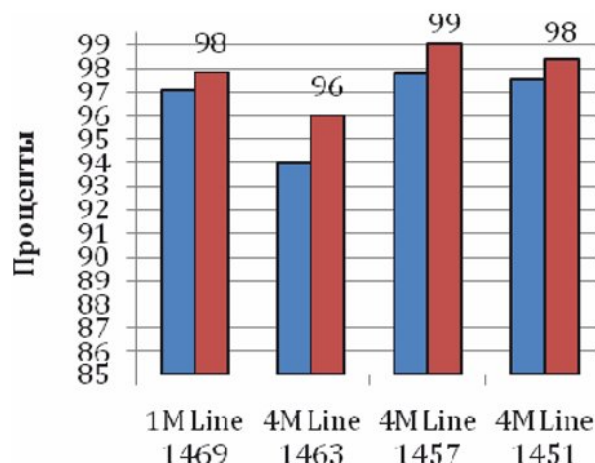
мент с одновременной передачей данных и регистрацией. Время передачи данных со всей расстановки составило при 2мс - 67 секунд, при 1 мс – 135 секунд. Расстановка проработала все время эксперимента без замечаний и никаких проблем не возникло. Данный эксперимент с искусственно созданными «тяжелыми» условиями убедительно продемонстрировал надежность, устойчивость и большой запас «прочности» телеметрии системы RTS2.

Одним из последних был проведен эксперимент, названный – «упавшая антенна». Тест прост по исполнению. На профиле 1463 были опрокинуты 10 антенн (см. рисунок 9)

Приведенные ниже результаты (см.



▲ Рис. 9. Модуль WRU с опрокинутой антенной



▲ Рис. 10. Сравнение качества телеметрии на профилях шириной 4 м и 1 м с опрокинутыми 10 антеннами на профиле 1463

рисунок 10) показали крайне малое влияние подобной расстановки на качество телеметрии.

Подводя итоги впервые проведенных в России работ с сейсморегистрирующей системой RTS2 производства компании WirelessSeismic, можно сделать краткий, но неоспоримый вывод.

Проверенная временем, работавшая в самых различных условиях при выполнении десятков проектов система, в очередной раз доказала свои преимущества, свою уникальность и эффективность и в суровых условиях Ямала.

В настоящее время системы RTS2 работают в самых разных уголках нашей планеты, практически во всех климатических зонах - от севера Аляски до джунглей Южной Америки. Одна из самых больших партий базируется в Курдистане и насчитывает более 13 000 каналов. Заказчиком этого проекта является Компания ОАО «ГазпромНефть», которая уже имеет положительный опыт работы с WirelessSeismic на одном из своих 3Д объектов в Курдистане.

По окончании выполнения пилотного проекта на Ямале в пресс-релизе ОАО «ГазпромНефть» отмечено следующее:

- «ГазпромНефть» первой в российской нефтегазовой отрасли выполнила пилотный проект сейсмических исследо-

ваний с применением инновационной технологии, позволяющей сохранять от вырубки значительные лесные массивы.

Новая «зеленая технология» была протестирована весной 2014 года на Западно-Чатылькинском лицензионном участке (разрабатывается «Газпромнефть-Ноябрьскнефтегазом») в ЯНАО. Результаты опытных работ свидетельствуют, что при использовании инновационного метода значительно сокращается антропогенное воздействие на окружающую среду, в частности, вдвое уменьшается необходимый объем вырубки леса по сравнению с использованием традиционных технологий сейсморазведки.

Итоги пилотного проекта свидетельствуют, что при выполнении работ новым способом на площади в 400 кв. км можно сохранить порядка 200 га леса или около 60 тыс. деревьев.

Основой проекта по проведению «зеленой» сейсмики стало использование беспроводной системы сбора данных RTSystem2. Отказ от применения кабеля позволяет не рубить просеки для его прокладки, как это происходит во время геологоразведки, выполняемой по традиционным технологиям. Бескабельная система существенно оптимизирует производственный цикл, в частности, за счет быстрого размещения датчиков в условиях сложного ландшафта. Другой ее особенностью является возможность наблюдения за получаемым сигналом в режиме реального времени и вести экспресс-обработку результатов в полевых условиях, фиксируя посторонние непредвиденные помехи, ухудшающие качество данных. В то время как большинство из предлагаемых сегодня на рынке бескабельных систем работают в автономном режиме. При котором оператор снимает показатели спустя лишь несколько дней и только тогда оценивает их качество. В результате,

некоторые исследования приходится повторять.

Эффективность работы новой системы компания ОАО «ГазпромНефть» оценила в 2013 году, когда выполняла сейсмические исследования на блоке Shakal в Ираке. Тогда применение беспроводных модулей значительно облегчило проведение сейсмики в характерной для региона гористой местности, позволяя устанавливать оборудование в труднодоступных местах. По итогам проекта было принято решение применить полученный опыт в России, что позволило начать внедрение инновационной «зеленой» технологии. Проведенное в 2014 году на месторождении ОАО «ГазпромНефть» в ЯНАО тестирование оборудования в период низких температур, характерных для региона, показало стабильную работу системы. Сравнение сейсмических данных с результатами, полученными традиционным способом на том же участке, позволяет говорить о хорошем качестве геофизической информации.

Первый заместитель генерального директора ОАО «ГазпромНефть» Вадим Яковлев отметил:

“Использование нового метода одновременно позволяет решить несколько очень важных для нас задач. В первую очередь - многократно повысить уровень промышленной безопасности, поскольку основные риски травматизма во время сейсмических работ связаны именно с рубкой леса. Во-вторых - снизить антропогенное воздействие на природу за счет применения природосберегающих технологий, а также сократить срок выполнения работ. Проведенный эксперимент продемонстрировал хорошие возможности для дальнейшего повышения эффективности сейсмических исследований на наших месторождениях и мы будем применять полученный опыт в других проектах».