

Истинно бескабельная система.

Демонстрационные испытания геофизического регистрирующего сейсмокомплекса ZLand на нефтяном месторождении в России

Красимир Ников, региональный менеджер по продажам, компания ФэйрфилдНодал, США

Введение

Существует фраза, произнесенная руководителем полетов в центре управления полетов НАСА в Хьюстоне в ходе пилотируемого полета Аполло 13 (Apollo 13) с посадкой на Луне - «ОТКАЗ – ЭТО НЕ ВАРИАНТ» ("FAILURE IS NOT AN OPTION"). Эта знаменитая фраза относится к человеческим желаниям предугадать и устранить все возможные сбои и, таким образом, человек имеет шанс выжить даже в экстремальных условиях космоса. Наша полевая сейсмическая система спроектирована, произведена и оттестирована таким образом, что может работать без сбоев в экстремальных условиях морского дна от 3000 метров глубины до высоких гор, в широком температурном диапазоне - от низких до высоких температур. После сотни тысяч установок наших модулей при выполнении сейсмических наблюдений, мы достигли почти 100% надежность в получении сейсмических данных.

ZLand, Z700 и Z300 являются продукцией высочайшего качества, что гарантирует высокий уровень надежности работы каждого модуля в поле. Уникальную, абсолютно бескабельную сейсмическую систему наши инженеры разрабатывали более 7 лет. Чтобы получить наилучший результат, были выполнены десятки тысяч испытаний. Качество системы во многом зависит также и от изготовителя. Компания FairfieldNodal изготавливает все свои модули и системы только на собственном производстве в Хьюстоне, Техас, США. Мы контролируем полный цикл производства - от сборки компонентов до получения окончательной продукции. Каждый шаг производства включает серию тестов и только те компоненты, которые успешно прошли испытания, перемещаются на следующий этап производства. Именно это и обеспечивает почти 100% надежность наших модулей! Наши модули – это продукт высочайшего качества. Мы уверены, что такой уровень качества невозможно обеспечить вне нашего производства и именно поэтому наша продукция выходит под маркой Made in Houston. Наша продукция достигла феноменальной надежности и успешно использовалась на глубинах до 3000 метров в водах Мексиканского залива (Z300), на коралловых рифах Красного моря (Z700). Наша сухопутная система называется ZLand и она уже использовалась в различных природных условиях не только в США (на Аляске, в Калифорнии, Огайо, Магненс Бэй, Канзас, Мидланд), но и в Польше, Румынии, Колумбии, Перу и Уганде. В Мексике на полях сахарного тростника ZLand случалось работать во время подготовки поля к уборке урожая, когда для уничтожения лишних листьев урожай тростника поджигают и языки пламени взмывают высоко в небо. Но даже в огне ZLand не прекращал регистрацию данных. Нашим клиентам нет нужды отслеживать модули в реальном времени в поле, так как они уверены, что все модули регистрируют сейсмические данные, сохраняют их и в любое время данные могут быть загружены для последующей обработки.

В 2011 году система ZLand отработала в России и снова 100% надежность и высокое качество зарегистрированных сейсмоданных. Вот такую высококачественную продукцию мы поставляем Заказчикам и для нашей компании «ОТКАЗ – ЭТО НЕ ВАРИАНТ».

Совместными скоординированными усилиями компаний Интегра, ТНК-ВР, IGSS, Севморгео и ФэйрфилдНодал зимой 2011 года в России были организованы и успешно проведены демонстрационные испытания действительно бескабельного сейсмокомплекса ZLand. ZLand сделал свои первые шаги на сибирской земле и данная статья написана с целью представить точную и подробную информацию о демонстрационных испытаниях сейсмокомплекса ZLand.

Цель демонстрационных испытаний ZLand в России

Основной целью демонстрационных испытаний было подтверждение того, что сейсмокомплекс ZLand может эффективно работать в арктических условиях Сибири - при низких температурах, сильных ветрах, в снегу, тундре, лесах, на пересечениях дорог, около трубопроводов, рек и озер, с использованием вибрационных источников. По сути, это было тестирование надежности работы автономных приемных модулей ZLand с калибровкой блока синхронизации по GPS в экстремальных природных условиях.

Другой целью демонстрационных испытаний было сравнение сейсмоданных, зарегистрированных комплексом ZLand (одиночные приемники), с сейсмическими данными кабельного комплекса (группа из 12 геофонов), полученными при параллельной расстановке наземного оборудования комплексов.

И наконец, еще одна задача заключалась в том, чтобы оценить преимущества и недостатки использования действительно бескабельного комплекса ZLand в сравнении с кабельным комплексом в арктических условиях, с точки зрения: надежности; производительности; эксплуатационных затрат; требований по персоналу, транспортировке; геометрии; гибкости в состоянии между приемниками при работах 3Д/2Д; возможностей пересечения рек и озер; обхода препятствий; техники безопасности и охраны окружающей среды.

В демонстрационных работах было задействовано 206 модулей ZLand и другое оборудование комплекса.

Общий вес-брутто оборудования, включая 8 ящиков и упаковку, составил 1.75 тонн.

Сейсмокомплекс ZLand и специалисты ФэйрфилдНодал - Красимир Ников (Региональный менеджер по продажам), Джим Блатман и Энди Плат, оставались в СП-33 с 24 марта по 4 апреля, 2011 г. Все разрешения были оформлены компанией Интегра.

Демонстрационные испытания ZLand были проведены в Сейсмической Партии - 33 (СП-33), являющейся подразделением "Амалгеофизика-Восток" ОАО Интегра-Геофизика".

Район работ:

Месторождение тяжелой нефти в Тазовском районе Ямало-Ненецкого автономного округа России. Оно разрабатывается компанией ТНК-ВР

Температуры в период проведения работ:

Минимальная температура составила -1.2 С - 26.03.2011 и опустилась до -22.5 С - 02.04.2011

Информация о проекте и геометрия расстановки:

Модули ZLand были установлены на профиле 2Д - ПРОФИЛЬ 2817.

СП-33 отработала проект по методике 3Д со



КАЧЕСТВО, КАЧЕСТВО, КАЧЕСТВО
ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ
ТЕХНОЛОГИИ



следующими параметрами расстановки:

- расстояние между приемниками - 25 м;
- расстояние между ПВ - 25 м;
- расстоянием между ЛП - 100 м;
- расстояние между ЛВ - 100 м.

Профиль 2817 расположен в относительно ровной тундре и пересекает крупную дорогу, реку и замерзшее озеро. Кроме того, присутствуют производственные шумы.

Сейсмоисточник: Сейсмовибратор NOMAD 65T. Три вибратора в группе. Всего три группы вибраторов. Два свипа на ПВ со сдвигом фаз на 180 градусов для равномерного уменьшения гармоник.

Расстановка модулей



28 марта 2011 г. пять человек и два вездехода прибыли на опытный профиль 2817. Два человека расставляли и запускали все 206 модулей. Первый модуль был установлен в 10:20 утра. Среднее время запуска каждого модуля составило примерно 15 сек. В начале на запуск одного модуля требовалось больше времени из-за замерзания разъемов. Однако, эта проблема была быстро решена после того, как разъемы были очищены.

Техники вбивали модули в снег как можно сильнее. Последний приемник был установлен в точке 5655 в 14:54. В итоге вся процедура продвижения по профилю на расстояние 5,125 м и установки 206 приемников заняла 4.24 часа.

В тот же день в 21:55 мы подключили в лаборатории интерфейс контроллера источника (SAFE) к контроллеру источника Серсель, не прерывая производственный процесс регистрации данных. Расстановка модулей/регистрация данных/сбор модулей ZLand были проведены таким образом, что это не повлияло на текущий производственный процесс и не вызвало никаких задержек. **Все 206 модулей подверглись достаточно жесткому обращению, включая многократное вбивание в грунт ногами и проталкивание через снег и лед при низких температурах. Это делалось с целью демонстрации возможности использования модулей ZLand в арктических условиях и их надежности.**

Непрерывная запись ZLand

С 22:12:29 28 марта до 2:12:58 ночи 2 апреля, 2011 г. модули ZLand вели непрерывную запись данных. За это время ZLand и SN428 XL зарегистрировали 3083 ПВ. 29 марта 2011 г. партия отработала рекордное число 1067 ПВ.

В течение этого времени никто не проверял состояние модулей. Никто не ходил по профилю 2817. ВСЕ ЭТО ВРЕМЯ ВСЕ МОДУЛИ ZLand НЕПРЕРЫВНО ЗАПИСЫВАЛИ СЕЙСМИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ без какой-либо необходимости в поиске и устранении неисправностей.

Сбор модулей

Всю работу по сбору модулей проделали два молодых оператора. Для этого им не понадобилось никакой подготовки. В каждой точке установки они обнаруживали модуль по маркерному шесту. Почти все модули были засыпаны снегом. Их было трудно доставать, потому что они примерзли к снегу и операторам приходилось пинать их изо всех сил. Было видно, что у всех модулей был прекрасный контакт с грунтом, за исключением одного, который был найден на дороге опрокинутым. Только для обнаружения и успешного извлечения одного модуля понадобилось использовать ППТ Тримбл.



Выгрузка информации

2 апреля, 2011 г. вся информация была загружена в сейсмостанцию. Были выполнены корреляция, суммирование и вывод в формате SEGY и копии всех данных (в форматах SEG2 и SEG3) были переданы главному геофизику СП-33 Александру Воловникову.

Обработка данных

У ФэйрфилдНодал не было прав на обработку данных ZLand и SN428. Обработка обеих записей была выполнена двумя независимыми российскими компаниями – СП-33 (Александр Воловников) и IGSS, Москва (Татьяна Гречишников).

Сравнение данных

На сейсмоданных, зарегистрированных комплексом ZLand, присутствовали сильные сейсмические помехи от маркерных шестов. Маркерные шесты вибрировали по-разному в зависимости от их длины и силы ветра. Модули были установлены рядом с маркерными шестами по середине геофонных групп (12 геофонов на базе 25 м). Толщина снега оказалась больше, чем ожидалось, поэтому было решено, что установка модулей рядом с маркерными шестами облегчит их сбор в течение отведенного периода времени. Мы хотели бы отметить, что из всех проведенных опытных испытаний, в данном случае условия оказались самыми сложными и модули были установлены





ближе всего к точечному источнику помех. Маркерные шесты оказались той причиной, по которой в данных ZLand присутствовал повышенный уровень шумов по сравнению с данными, полученными с использованием групп геофонов с базой 25 м. В четырех точках маркерных шестов не было и в них помехи от ветра отсутствуют. Это доказывает, что именно маркерные шесты вызывали помехи. Контакт модулей с грунтом был очень хорошим, поскольку большинство из них были закопаны под снег.

Результаты обработки полученных данных выявили ряд интересных моментов. Исходные данные ZLand выглядят более шумными, по сравнению с исходными данными кабельного комплекса. Это первоначальное впечатление. Возникают вопросы: Можно ли при обработке улучшить соотношение сигнал/помеха? Можно ли использовать такие "шумные" исходные данные? Достаточен ли динамический диапазон модулей для извлечения полезной сейсмической информации?

Ниже показаны только сейсмограммы ОПВ.

Обработка в СП-3

Главный геофизик А. Воловников выполнил обработку обеих записей с использованием одного и того же базового графа. Это была обработка 2Д профиля 2817: первая запись - кабельный комплекс с геофонами JF-20 DX, вторая - одиночные приемники ZLand.

В общем, обе записи похожи, но если посмотреть на уровень шумов, видно, что на записи одиночного приемника (ZLand) он значительно выше из-за вибрации маркерных шестов по сравнению с более чистыми данными геофонных групп (12 геофонов на базе 25 м).

Обработка IGSS в Москве

Татьяна Гречишникова (IGSS) применила к записи ZLand процедуру подавления шумов. Данные были обработаны в виде 3Д куба с учетом поверхностных условий (RAP - обработка с сохранением относительных амплитуд, SCAC - коррекция амплитуд на неидентичность условий приема и возбуждения и SCDecap - деконволюция с учетом неидентичности условий приема и возбуждения) с миграцией после суммирования. Специальные процедуры для выделения полезных частот после суммирования не применялись.

Полученный результат впечатлил:

Какие прекрасные результаты! Если сравнить исходные данные с результатом обработки, видно значительное улучшение в соотношении сигнала/шумов. Татьяна Гречишникова прекрасно выполнила подавление шумов. Обработанная запись свидетельствует о том, что ZLand очень эффективно работает даже при наличии сильных сейсмических помех.

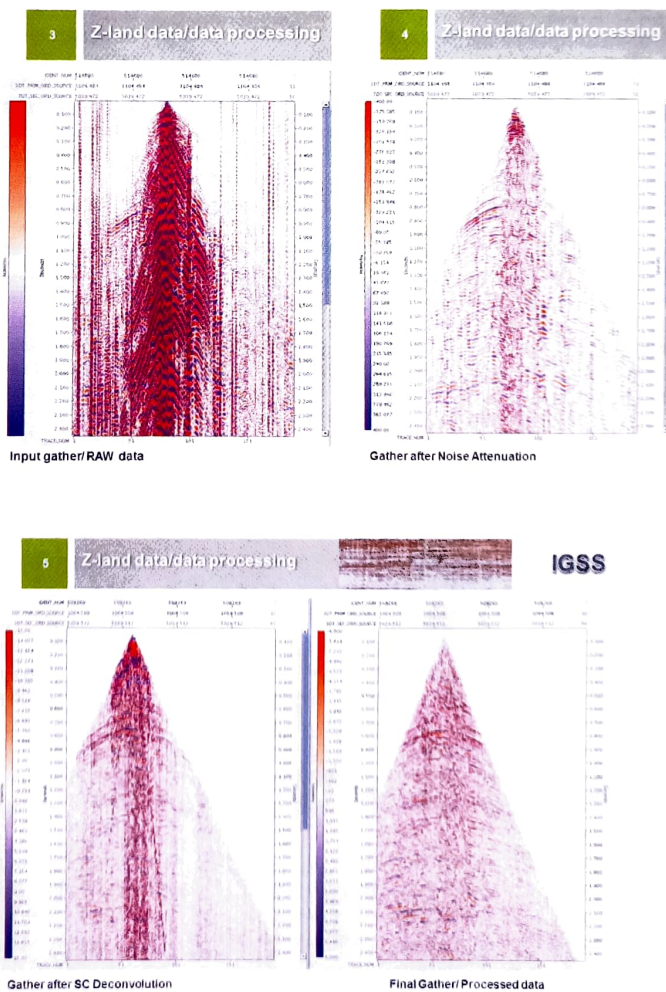
Таким образом, есть несколько решений проблемы случайных шумов. Самые простые из них - (1) полностью убрать маркерные шесты или использовать менее шумные (модули можно обнару-

живать при помощи ППТ ZLand); (2) устанавливать модули подальше от шестов; (3) подавлять шумы при обработке!

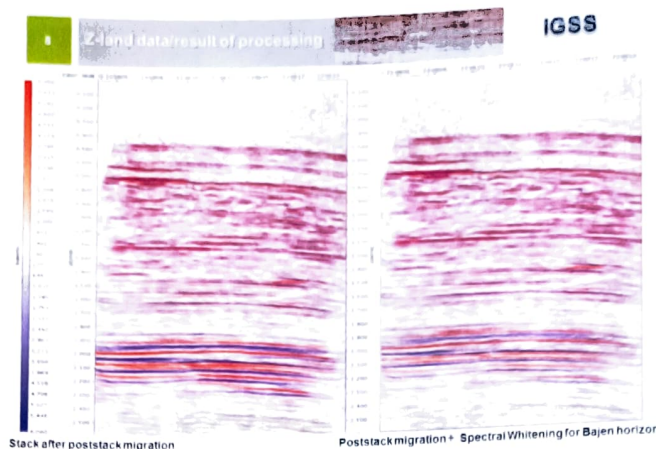
Замечания, касающиеся обработки сейсмических данных, полученных при точечной установке приемника (Point Receiver Data Acquisition)

Уменьшение шумов

Существует множество процедур обработки сейсмических данных, которые очень эффективно и в значительной степени снижают воздействие случайного шума на сейсмические записи



КАЧЕСТВО, КАЧЕСТВО, КАЧЕСТВО
ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ
ТЕХНОЛОГИИ



(шумы от ветра, транспортных средств и т.д.). Вполне надежными методами ослабления уровня шумов являются - алгоритм, основанный на применении статистики, такой как FX(Y) деконволюция, и основанное на статике редактирование шумов. Кроме того, очень эффективным инструментом ослабления шума является сбор данных по ОГТ с последующим суммированием по ОГТ. Последующая процедура миграции сейсмических данных так же является очень эффективной процедурой уменьшения уровня шумов и технологии улучшения сигнала.

Частотные эффекты при применении группы геофонов при сейсмических наблюдениях

Существуют два главных фактора, которые способствуют ослаблению высоких частот при применении группы геофонов в сравнении с точечным приемником:

1. Группа геофонов, будучи пространственной расстановкой, работает как фильтр высоких частот, пропуская низкие частоты и ослабляя высокие;

2. Статика внутри группы, связанная с изменением приповерхностных скоростей внутри группы (inter-array statics) и так же с возможным наклонным расположением группы из-за наклона поверхности.

Оба этих фактора могут ослаблять высокие частоты. Применение более длинных групп увеличивает ослабление высоких частот. Более серьезные изменения скорости вблизи поверхности, перепад высот вызывают более серьезные ослабления высоких частот.

Выводы:

Вывод 1 касается надежности ZLand. Все 206 модулей Zland вели непрерывную регистрацию сейсмической информации в арктических условиях с 28 марта по 2 апреля, 2011 года. Модули Zland стояния (самолетами и грузовиками). В процессе установки модули вбивались в грунт под снег сильными ударами ног. Самая низкая температура в период работ опускалась до -22.5 С. Окончательные результаты показывают, что все 206 модулей оставались в рабочем состоянии. GPS каждого модуля отслеживал до 8 спутников и не возникало никаких проблем с калибровкой внутреннего генератора синхроимпульсов. Механических проблем и сбоев электроники

отмечено не было. Все это подтверждает высокую надежность модулей Zland!

100% НАДЕЖНОСТЬ ZLAND - ВСЕ 206 УСТАНОВЛЕННЫЕ МОДУЛИ РЕГИСТРИРОВАЛИ СЕЙСМИЧЕСКУЮ ИНФОРМАЦИЮ без необходимости какого-либо вмешательства со стороны операторов за все время работ.

ФАКТЫ: ПОДТВЕРЖДЕННАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ZLAND ПРИ РЕГИСТРАЦИИ ДАННЫХ 3D/2D, РАССТОЯНИЕ МЕЖДУ ПРИЕМНИКАМИ 25 М; ОДИН ЧЕЛОВЕК ДЛЯ УСТАНОВКИ/СБОРА МОДУЛЕЙ; ПЕРЕСЕЧЕНИЕ ДОРОГИ И ЗАМЕРЗШЕГО ОЗЕРА; НИКАКИХ ЗАДЕРЖЕК ТЕКУЩИХ РАБОТ; УСТАНОВКА ВРУЧНУЮ.

Вывод 2 касается сравнения данных. То, что модули были установлены в непосредственной близости от «шумных» маркерных шестов, может оказаться весьма важным соображением для проведения работ в будущем. Опытные испытания на месторождении доказывают, что даже при наличии высокого уровня шумов в исходных данных, благодаря применению специальных процедур при обработке, значительно улучшающих соотношение сигнал/шум, окончательный результат оказывается таким, как если бы шумов не было вообще. Татьяна Гречишникова (IGSS) прекрасно выполнила подавление шумов в исходных данных Zland и конечный результат получился очень впечатляющим. Это свидетельствует о том, что сейсморазведка могла бы эффективно работать с модульным комплексом даже в районах с высо-

Вниманию специалистов!

В 2011 г. в ООО «Издательство ГЕРС», Тверь, вышла в свет книга «**Сейсморазведка с вибрационными источниками**», авторы Жуков А.П., Колесов С.В., Шехтман Г.А., Шнеерсон М.Б. Издание объемом 412 с. подготовлено в соответствии с программой научно-исследовательских работ ООО «Геофизические системы данных». В нем изложены распространенные и новые, еще не вполне устоявшиеся подходы к теории и практике наземной и скважинной сейсморазведки, базирующейся на применении вибрационных источников сейсмических колебаний. Излагается физическая сущность наблюдаемых эффектов, а также процедур обработки без привлечения сложного математического аппарата. Рассмотрены технические средства, методика проведения полевых работ и обработки сейсмических записей. Приведены примеры решения методических и геологических задач в районах с различными сейсмогеологическими условиями в нашей стране и за рубежом. Уделено внимание нелинейным вибросейсмическим эффектам, практическое использование которых в настоящее время только начинается.

Книга предназначена для геофизиков-сейсморазведчиков, работающих в направлении развития наземной и скважинной сейсморазведки, и будет также полезна молодым специалистам и студентам вузов геофизических специальностей.

По вопросам приобретения обращаться по адресу: 410019, Саратов, ул. Крайняя, 129, оф. 316. ООО «ИнформГеофизСервис», тел./факс (8452) 64-14-32; e-mail: paturlov@mail.ru.

ким уровнем шумов от ветра, автомобилей, промышленных предприятий, городских зон.

Вывод 3 относится к таким характеристикам, обеспечиваемым ZLand, как: высокая производительность, низкие эксплуатационные затраты, отсутствие высоких требований к квалификации персонала, простота транспортировки, гибкость в расстоянии между приемниками при работах ЗД/ЗД, возможность пересечения рек/озер/препятствий, обеспечен ТБ и охраны окружающей среды.

Следует отметить такие факты:

- каждый модуль должен иметь очень хороший контакт с грунтом. Вот почему мы утамповывали модули в жесткий снег. ZLand единственная система которая разработана так, чтобы ее можно было закапывать и она не боится жесткого обращения во время полевых работ;
- ZLand зарегистрировала 1066 ПВ за 24 часа работ;
- модули ZLand были легко установлены/собраны вручную;
- ZLand зарегистрировал 3083 ПВ и было очевидно, что количество ПВ могло бы быть намного больше, если бы комплекс работал как основная система. Единственное, что ограничивает уровень производительности - это темп работы источника возбуждения;
- эксплуатационные затраты составили: два человека для расстановки/сбора и одно транспортное средство;
- гибкость: Шаг 25 м, но геометрия могла бы быть любой.
- с модулями ZLand не было никаких проблем при пересечении оживленной дороги и наличии глубокого снега с деревьями. ZLand не вызвал никаких задержек в работе СП-33.

Вывод 4 касается сравнения непрерывной регистрации (ZLand) и регистрации в реальном времени (SN428). Обеими системами в течение 5 суток было зарегистрировано абсолютно одинаковое количество ПВ - 3087 ПВ. В данном конкретном случае сырые данные ZLand выглядят чуть более зашумленными, чем сырые данные SN428. Но после обработки оба набора данных одинаковы. В течение 5 суток никто не проверял состояние модулей ZLand в поле. Никто не ходил по профилю. Вся наша команда была на «отдыхе» в лагере. Что же касается кабельной системы, то для нее для выявления возможных неисправностей в течение этих 5 суток требовался круглосуточный мониторинг. При работе с истинно бескабельной системой ZLand не возникает необходимость в устранении неисправностей и, как следствие, производительность может быть значительно увеличена. Во время демонстрационных работ для SN428 было зарегистрировано максимальное число ПВ, равное 3087. Но для ZLand это далеко не предел. Во время непрерывной регистрации производительность зависит только от производительности работы источника возбуждения на профиле. Можете ли вы себе представить работу с кабельной системой в течении 5 суток без ее мониторинга? Это может привести к катастрофической ситуации. Но для истинно бескабельной системы возможна регистрация данных в течении более чем 10-ти суток БЕЗ КАКОГО ЛИБО мониторинга. Непрерывная регистрация обеспечивает преимущество большей производительности, поскольку отсутствует необходимость в поиске и устранении неисправностей. Кроме того, она обеспечивает значительное снижение в стоимости съемки, потому что нет необходимости в размотке и смотке длинных и тяжелых кабелей.

Для чего необходим мониторинг в реальном времени? В основном, мониторинг в реальном

времени используется для:

1. Отслеживания состояния регистрирующей системы в поле и своевременного выявления и устранения неисправностей;

2. Отслеживания шума окружающей среды.

Я надеюсь что результаты демонстрационных испытаний ZLand, приведенные в данной статье, наглядно свидетельствуют о преимуществах бескабельных сейсморегилирующих систем. Система ZLand абсолютно надежна и Вам нет необходимости отслеживать ее состояние в поле. Даже в шумной среде существуют процедуры уменьшения шумов без воздействия на качество сейсмических данных. Так почему же не воспользоваться всеми преимуществами непрерывной регистрации, получая при этом в сезон больше данных за меньшую стоимость? **Система ZLand - это система, обеспечивающая непрерывную регистрацию, и успешно прошедшая испытания практически во всех районах мира!**

Мнение специалистов:



Пётр Зеленко - руководитель полевых работ СП-33, обладает многолетним опытом работы с кабельными сейсмокомплексами в различных регионах - от арктической Сибири до юга Узбекистана. Он сам занимался установкой и сбором большинства модулей ZLand на профиле. По окончании сбора модулей Пётр Зеленко сказал: *"Сейсмические кабели - это из прошлого века. Модули ZLand - это 21-ый век."*

Татьяна Гречишникова (IGSS) сказала: *"Удалить случайный шум на сейсмических данных с использованием новых процедур обработки сравнительно легко. Демонстрационные данные ZLand являются примером возможности ослабления шума при обработке. Я заметила, что данные ZLand имеют тенденцию к отсутствию ослабления высоких частот, по сравнению с данными, полученными с использованием групп геонатов, и это очень важно, поскольку нефтяные компании ищут тонкие слои и, конечно, высокая частота сейсмических данных обеспечивает лучшие возможности их обнаружения. Таким образом, для наших Российских нефтяных компаний и геофизических подрядчиков имеется хорошая новость: Сегодня можно регистрировать надежные сейсмические данные даже в ветреные дни, включая шум транспорта, и по окончательным результатам обработки данных, полученных с использованием точечных приемников, будет больше возможностей в определении тонких слоев. Новейшие технологии в регистрации, истинно бескабельная система и ослабление шума при обработке данных сделали эту мечту реальностью"*

Признание

По результатам успешной демонстрации системы ZLand обе компании - как Интегра, так и TNK-BP, приняли ее как истинно бескабельную систему, которая может быть применима на проектах обеих компаний.



КАЧЕСТВО, КАЧЕСТВО, КАЧЕСТВО ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ