

ISSN 2074-8906

ПРИБОРЫ и СИСТЕМЫ РАЗВЕДОЧНОЙ ГЕОФИЗИКИ

ОБЩЕРОССИЙСКИЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЕЖЕКВАРТАЛЬНЫЙ ЖУРНАЛ

ЯНВАРЬ-МАРТ

1/2022

Издаётся с 2002 г.

ТЕМА НОМЕРА:

СЕЙСМОРАЗВЕДКА ВЫСОКОЙ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ



ТАКЖЕ В НОМЕРЕ:

Высокопроизводительные новации от специалистов компании Sercel

Революция В Стоимости Сейсморазведки

СОВЕРШАЕТ ПЕРЕВОРОТ В СТОИМОСТИ ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНЫХ РАБОТ

работы ведутся
вдвое быстрее

на 50% уменьшается
количество рабочих бригад
и техники на проекте

на 50% снижена
операционная
стоимость проекта

IGU-16 / IGU-16HR



IGU-16HR IES



IGU-BD3C-5



IGU-16HR 3C



IAU-19



ВЫСОКОПЛОТНУЮ СЕЙСМОРАЗВЕДКУ ТЕПЕРЬ МОЖНО ДЕЛАТЬ ДЕШЕВО!

«ВКонтакте»



Первый в мире интеллектуальный
сейсмический датчик
Высокоплотная и экономичная
сейсморазведка — теперь это возможно

Email: sales@smartsolo.com.ru
Tel: +7 (969) 061-9960
Website: www.smartsolo.com.ru/www.dtcc.biz

Общие глобальные поставки

400,000+
каналов

ТЕМА НОМЕРА:**Сейсморазведка высокой производительности****СОДЕРЖАНИЕ:****Наши партнеры 4****КОЛОНКА РЕДАКТОРА****Главный редактор журнала Слонов Д.Н. 5****ТЕМА НОМЕРА****Методика xDSS для достижения высочайшей производительности при
вибросейсмических операциях****Николя Тэлье, Жиль Оливрэн, Стефан Лярош, Кристоф Донваль 6****SmartSolo выполняет сложные проекты: надежно, быстро, эффективно****Чай И., Матвеев С.А. 17****ООО «Удмуртнефтегеофизика» - успешное внедрение бескабельной системы RT-2****Иванов В.А., Кузьмичев В.Е. 22****«ЧИСТОЕ ПЯТНО» - как работать супервайзеру в условиях постоянного шума от
автотрассы, чтобы не остановить партию. Кучеров М.С., Гринчук П.И.,****Соломатин В.В., Мальков С.Л. 29****Опыт применения высокопроизводительного способа получения сейсмических
данных в районе действующих рудников ПАО «Норильский Никель»****Турчков А.М., Ошкин А.Н., Детков В.И., Мосягин Е.В., Воронцов В.В. 37****ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ****Сопоставление характеристик сейсмических записей при различных типах****группирования сейсмоприемников. Зарипов С.М., Шангареев С.М., Засыпкин А.В.,
Трофимов А.В., Череповский А.В., Кыштым Д.С., Ковальский Д.Г., Афанасьева С.А.,
Кривошеков А.Л., Бирюкова С.В. 46****Выбор кодовой функции при инженерных изысканиях с использованием****кодоимпульсного накопления колебаний. Кострыгин Ю.П., Хасан Р.Е. 52****ТНГ-Групп. Современное вертикальное сейсмическое профилирование, решаемые
задачи и востребованность****Вильданов Р.В. 58****ГЕОФИЗИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ****Российская разработка сейсморегистрирующей телеметрической системы нового
поколения****Гнатюк А.И., Тарасов Н.В. 63**

NEUROtec – революционные новации технологии Vibroseis

Крисс Д. 70

ЛЮДИ, ДАТЫ, СОБЫТИЯ

Об открытии центра «Наука о Земле» в Санкт-Петербургском горном университете

..... 75

НАШИ ПАРТНЕРЫ



Приборы и системы разведочной геофизики.

Общероссийский научно-технический ежеквартальный журнал. Издаётся с 2002 г.

Главный редактор:
Слонов Д.Н.

Редакционная коллегия:

к.т.н. Абдулвалиев М.Т.
к.т.н. Белоусов А.В.
к.г.-м.н. Волкова Е.Н.
д.т.н. Гогоненков Г.Н.
к.т.н. Горбачев С.В.
Гурьев С.В.
к.т.н. Детков В.А.
д.т.н. Жуков А.П.
Запорожец Б.В.
к.г.-м.н. Золотая Л.А.
д.т.н. Кострыгин Ю.П.
д.г.-м.н. Михеев С.И.
к.т.н. Тарасов Н.В.
к.т.н. Циммерман В.В.
к.т.н. Череповский А.В.
д.т.н. Шехтман Г.А.
д.т.н. Шнейерсон М.А.

Руководитель проекта
Матвеева И.Э.

Корректор:
Матвеева И.Э.

Учредитель:
СРО МОО ЕАГО

Издатель:
ООО «ПСРГео»



Адрес издательства:
г. Саратов. Ул.Осипова, 1
Телефон +7-987-822-68-37

Обложка и оформление:
Мокроусов Д.В.

Вёрстка:
Мокроусов Д.В.

Тираж отпечатан в
типографии ООО
«Формат»
Тел. +7 (8452) 39-33-77
Тираж: 300 экз.

Подписано в печать:
18.03.2021

Дата выпуска:
31.03.2022

Ответственность за подбор и
изложение фактов в статьях
несут авторы. Редакция
может публиковать статьи, не
разделяя точки зрения авторов.
Контакты с авторами статей
ведутся через редакцию.

Издание зарегистрировано
в Министерстве РФ по
делам печати, телерадио-
вещания и средств мас-
совых коммуникаций за
номером ПИ № 77-7906
от 27.04.2001 г.
ISSN: 2074-8906
Web-сайт: psrgeo.ru

Уважаемые коллеги!

Представляем вашему вниманию первый номер журнала «Приборы и Системы разведочной геофизики» за 2022 год. Тема номера – «Производительность в сейсморазведке».

От производительности зависит успех проекта, производительность – главное слагаемое экономической эффективности. Как работать качественно и быстро, за счет какого оборудования и технологий вести регистрацию максимально быстро и без потерь качества, - обо всем этом мы предлагали писать нашим авторам. И наши авторы развернули тему весьма широко.

Открывает номер статья специалистов компании Sercel с рассказом о новой методике сбора данных сверхвысокой производительности, позволяющей операторам приблизиться к максимальной теоретически возможной производительности вибраторов. Уверен, что такой опыт, окажется весьма полезен всем специалистам-практикам.

Как и информация о тех больших проектах, выполненных бескабельным оборудованием SmartSolo в различных странах, с решением различных геологических задач, о которых рассказывают коллеги из китайской компании.

Все больше и больше проектов выполняется с использованием бескабельного оборудования, и все больше компаний принимает решение развивать это направление в своем арсенале технических средств. Об этом в совместной статье специалистов компаний WirelessSeismic и «Удмуртнефтегеофизика» - «Успешное внедрение бескабельной технологии системы RT-2» - о первом опыте использования оборудования RT-2 на проекте в Республике Калмыкия.

Но не только от оборудования зависит производительная и качественная работа. Интересный подход к оценке качества материала, полученного в условиях постоянной нестационарной шумовой помехи (федеральная автотрасса), представлен в статье «ЧИСТОЕ ПЯТНО» - как работать супервайзеру в условиях постоянного шума от автотрассы, чтобы не остановить партию» - от коллектива авторов ГСК, Диалл Альянс и ТНГ.

Высокопроизводительная технология возбуждения сигнала импульсным источником в движении снова освещается на страницах журнала. Авторы рассказывают о проекте, выполненному по заказу компании «Норильский никель». Статья интересна тем, что расширяет информацию о возможных геологических задачах, которые заказчики решают сейсмическими методами, и еще в данной технологии рассказывается об использовании бескабельного оборудования разработки компании «Геоспейс».

Хочу обратить внимание на статью от компании INOVA «NEUROtec – революционные технологии Vibroseis», где представлен действительно комплексный подход разработчиков геофизического оборудования к технологиям вибросейсморазведки, учитывающий буквально все аспекты работы виброисточников.

Уверен, что без своих читателей не останутся публикации от компаний «Росгеология», ТНГ-Групп, СКБ СП.

Следующий номер редакция журнала планирует посвятить теме «Зеленая сейсморазведка» - о природосберегающих технологиях, реализуемых сегодня все шире, и в мире, и в России.

Будем ждать новых авторов и новые публикации, а пока – интересного вам прочтения.

Главный редактор журнала «Приборы и Системы разведочной геофизики»,



Слонов
Дмитрий
Николевич

Методика xDSS для достижения высочайшей производительности при вибросейсмических операциях

■ Николя Тэлье, Жиль Оливрэн, Стефан Лярош, Кристоф Донваль, Sercel

В статье представлена новая методика сбора данных сверхвысокой производительности, которая позволяет операторам приблизиться к максимальной теоретически возможной производительности вибраторов, устраняя при этом ограничения, присущие наиболее передовым методикам сбора данных, используемым в настоящее время.

Краткий обзор

Повышение продуктивности проектов в сейсморазведке вот уже несколько десятилетий является ключевой задачей заказчиков и исполнителей работ. Она сохраняет свою актуальность, прежде всего в отношении усилий по увеличению плотности трасс конкретного проекта при стоимости, которая соответствовала бы итоговому повышению качества анализа коллектора.

Ближний Восток и Северная Африка традиционно были избраны первыми регионами для разработки и внедрения передовых методов повышения производительности, учитывая наличие крупных залежей углеводородов, расположенных на территориях с открытым рельефом местности и ограниченной антропогенной деятельностью. После успешного внедрения в регионе нескольких высокопроизводительных методов, два из которых - DS4 и Unconstrained Vibrators (далее - Свободные Вибраторы) - получили признание и теперь являются стандартами для большинства проектов. Хотя уровень производительности, обеспечиваемый этими методами, беспрецедентен, они все еще имеют некоторый потенциал для дальнейшего улучшения: производительность DS4 не является предельно достижимой, а агрессивное смешивание (блендинг) данных, связанное с применением метода свободных вибраторов, может повлиять на общее качество изображения.

В этой статье мы представляем новую высокопроизводительную методику на слиянии двух вышеупомянутых методов, и устраняем свойственные им ограничения. xDSS позволяет достичь сверхвысокой производительности, обеспечиваемой методом свободных вибраторов, при соблюдении «золотых правил» сбора данных при смешанной (блендинговой) съемке: «рандомизации во времени и пространстве» и «разреженности в области частотно-волновых характеристик». Автоматическое соблюдение этих двух правил позволяет максимально приблизиться к максимально достижимой производительности источника, одновременно предоставляя обработчикам удобный для деблендинга набор данных.

Актуальность новых высокопроизводительных методов становится чрезвычайно важной для перспективных проектов в Российской Федерации, где полевой сезон длится не более 4 месяцев, а заказчиком ставятся задачи существенного уменьшения цикла разработки и запуска в производство новых месторождений. Производительность становится решающим ключевым фактором съемок в таких регионах. В отличие от метода DS4 (который по своей сути требует больших расстояний и открытой местности), начинают появляться примеры применения метода свободных вибраторов в городских условиях и в сельскохозяйственных районах. Представленная ниже методика xDSS существенно ближе

к методу свободных вибраторов; она имеет перспективу успешного внедрения в различных регионах РФ, в том числе и на проектах в поддержку развития действующих месторождений.

Введение

Производительность вибросейсмических операций

Повышение производительности сейсморазведочных работ идет рука об руку с отраслевыми ожиданиями более высокой плотности трасс (большее количество траекторий лучей, проходящих через заданную область недр). Разные авторы называют ее одним из ключевых факторов (вместе с шириной полосы сигнала и распределением по азимуту/удалению) для оценки качества сбора данных и последующей способности адекватно отображать геологическую среду и характеризовать резервуары (Ourabah 2015 и Michou 2017).

Работа с одной группой вибраторов была нормой до появления метода Flip-Flop в 1991 году (когда две или более группы источников работают последовательно). Для того, чтобы сейсмические системы сбора данных вели непрерывную регистрацию (с нулевым временем простоя), был предложен метод "скользящей развертки", или Slip Sweep (Rozemond, 1996). При этой технологии группа вибраторов может начать излучать сигнал еще до момента окончания другими группами вибраторов своих собственных циклов вибрационных воздействий. Производительность Slip Sweep была увеличена благодаря стратегии отстрела по методу V1 (Postel, 2008), при которой большое количество одиночных вибраторов работает с длинными свип сигналами, с агрессивным временем скольжения. В методике HFVS (Krohn 2006) несколько расположенных

рядом групп вибраторов работают синхронно с фазо-кодированными свипами, что делает этот высокопроизводительный метод не самым продуктивным, но ориентированным на сохранение качества данных.

В то время как перечисленные выше методы пользовались разной степенью успеха в годы, последовавшие за их внедрением, две методики съемки, DS4 и свободные вибраторы, завоевывали все большее признание. В настоящее время они являются стандартом для большинства проектов на Ближнем Востоке и в Северной Африке. В Таблице 1 представлены сводные данные по максимальной производительности, достигнутой для наиболее распространенных высокопроизводительных методик.

Метод DS3 (синхронные свипы с разделением по расстоянию) был внедрен в 2010 году (Bouska 2010). При использовании этого метода две или более группы синхронно выдают один и тот же свип, при условии, что они разделены минимально допустимым расстоянием (примерно в два раза больше глубины залегания целевого объекта), чтобы избежать засорения данных в период между возбуждениями. Итак, на площади съемки работают по меньшей мере двумя группами вибраторов, минимальное расстояние между которыми будет соответствовать выбранному критерию. Источники внутри данной группы работают либо в режиме flip-flop, либо в режиме slip sweep с фиксированным временем скольжения (slip time). Метод DS3, описанный Bouska, достаточно быстро превратился в метод DS4. Хотя в литературе нет четкого определения, этот метод обычно расшифровывается как "синхронный слип свип с разделением по расстоянию", и относится к методу DS3, который дополняется некоторыми

функциями. Во-первых, slip sweep здесь разрешен даже при несоблюдении минимального расстояния между группами. Во-вторых, время скольжения становится динамическим, т. е. увеличивается по мере сближения источников. Это привело к определению правил соотношения расстояния /времени (D/T), ключевого элемента съемки по методу DS4. Эти правила устанавливают компромисс между производительностью и засорением данных между записями. Наконец, группы вибраторов больше не предопределены, а назначаются динамически в зависимости от их готовности к работе.

Что касается сейсмических данных, то для регистрирующих систем, способных поддерживать этот метод, создается одна запись для каждой группы вибраторов, с соответствующим местоположением группы и соответствующими активными каналами. Для съемок DS4 требуется стандартная обработка с расширенным шумоподавлением, в частности, для удаления гармонического шума при работе методом slip sweep. Достижимая производительность зависит от множества факторов (рельеф, правило D/T, количество групп вибраторов и т. д.). При стандартном правиле D/T для Ближнего Востока (рис. 1) работа с 24 группами вибраторов позволяет достичь максимальной производительности около 30 000 ПВ в сутки.

Стратегия сбора данных при использовании метода свободных вибраторов отличается от стратегий других методов. Автономные и независимые группы вибраторов свободно работают в пределах зоны съемки, запуская возбуждение сигнала сразу после выхода к запланированному для отстрела пункту возбуждения. Для контроля за работой не требуется централизованного управления, а

свипы, запускаемые вручную водителями вибраторов, устраняют зависимость от радиосвязи, которая в этом случае нужна только для мониторинга пунктов возбуждения. Таким образом, этот подход устраняет время ожидания, связанное с вибраторами; его дополнительное преимущество еще и в том, что добавление или вывод вибратора из операций не влияет на проведение отстрела. Этот метод может быть применен на любой местности, включая сильно пересеченные или сложные районы с ограниченной маневренностью источника или с плохой радиосвязью. Поскольку может быть задействовано любое количество вибраторов, производительность партии пропорциональна количеству работающих групп, в отличие от методов DS3/DS4, которые имеют тенденцию достигать плато из-за требований соблюдения правила D/T, и их зависимости от радиосвязи. Что касается сейсмических данных, исходные данные оказываются сильно засорены шумами соседних записей. Эффективная схема разделения смешанных данных (деблендинг) в качестве начального шага в обработке является обязательной (Рис. 2); однако это уже не является существенной проблемой, поскольку компании-обработчики данных в последние годы значительно улучшили свои алгоритмы, обработав их прежде всего в ходе морских съемок, где смешанный сбор данных является нормой.

Эта передовая методология была впервые представлена компанией BP (Howe 2008) как метод независимых синхронных свилов (Independent Simultaneous Sweeping, или ISS). В дополнение к вышеизложенному, авторы описывают еще две ключевые особенности этого метода. Во-первых, использование свилов разной длины для каж-

дой группы вибраторов. Такое кодирование свипов имеет целью облегчить разделение данных (деблендинг). Во-вторых, разделение зоны съемки на сектора разного размера, в зависимости от их доступности; каждый сектор отстреливается одной группой. Такое разделение на секторы дает возможность избежать отстрела с недостаточным пространственно-временным разделением. Однако обе эти ключевые особенности не применяются на практике в коммерческих съемках. Причина в том, что будучи напрямую связаны с соблюдением «золотых правил» разделения (описанных в следующем разделе) они неизбежно оказывают влияние на общее качество данных; поэтому здесь авторы намеренно решили провести различие между методом ISS, как представлено Хоу, и его практическим применением в полевых условиях, которое именуется здесь как метод свободных вибраторов. Однако стоит отметить, что термин ISS зачастую используется для обозначения обоих методов, не вдаваясь в подобные нюансы.

Несмотря на рекордную производительность, достигнутую при проведении тестов (Pecholcs, 2010) более десяти лет назад, и демонстрацию эффективности

метода в областях с короткими окнами отстрела (Kommedahl 2016), принятие отраслью метода свободных вибраторов продвигалось относительно медленно. И хотя метод DS4 по-прежнему пользуется популярностью на Ближнем Востоке и в Северной Африке, авторы отмечают возобновление интереса к методике свободных вибраторов. Так например, недавно в этом же регионе была достигнута производительность до 45 000 ПВ в день с использованием 35 одиночных вибраторов, и это спустя десять лет после достижения аналогичной производительности при проведении тестов. Также следует отметить, что в отличие от метода DS4, который по своей сути требует больших расстояний и открытой местности, начинают появляться примеры применения метода свободных вибраторов в городских условиях и в сельскохозяйственных районах.

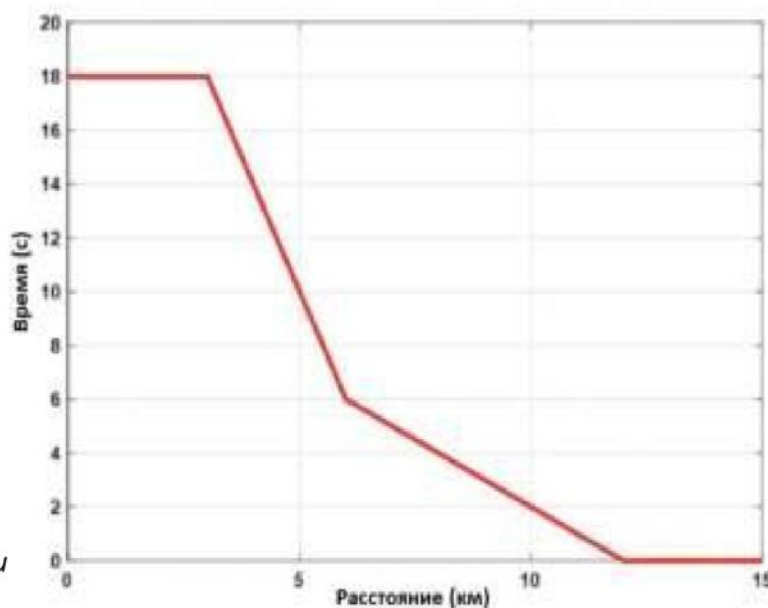
Ограничения существующих высокопроизводительных методов

Реализация методики DS4 требует больших расстановок, чтобы поддерживать минимальные расстояния для синхронных свипов, и за счет этого достичь повышения производительности. Также предпочтителен выбор относи-

▼ *Табл. 1. Основные высокопроизводительные методы: максимальные наблюдаемые производственные показатели (округленные). Свипы, используемые для различных методов, имели длину около 12 сек. (за исключением V1). Заметим, что фактически достижимая производительность на самом деле сильно зависит от множества параметров (длины свипа, количества вибраторов, расстояния между пунктами возбуждения, параметров D/T, разрешенного объема часов отстрела в день, и т.д.).*

Метод сбора данных	ВТ в день, для всех групп (Максимум)	Число групп	ВТ в день, на группу (Максимум)
Свободные вибраторы	45 000	35	1 300
DS4 (стандартное правило D/T)	30 000	24	1 250
DS3	15 000	20	750
V1	15 000	20	750
Slip-Sweep	6 000	10	600

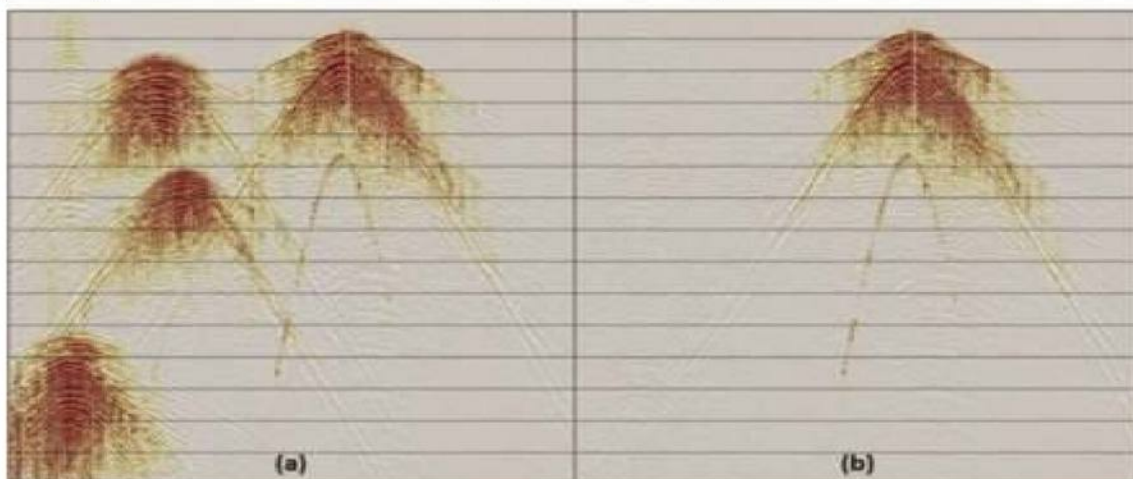
► Рис. 1. Типовое правило расстояния/времени при проведении съемок на Ближнем Востоке: вибраторам установлено ограничение по излучению сигнала ниже красной ломаной линии, т. е. когда они работают слишком близко друг к другу в пространственно-временной области. В этом примере параметр времени скольжения (Slip Time), заданный как 18 сек., должен соблюдаться при расстоянии между источниками менее 3 км, при этом время скольжения постепенно уменьшается до тех пор, пока не будет достигнуто расстояние между источниками, равное 12 км, за пределами которого разрешена одновременная (синхронная) работа вибраторов.



тельно «удобной» местности для проведения съемки (т. е. местность с небольшим числом препятствий или обходов для вибраторов), чтобы облегчить передвижение источников и достичь максимальной производительности, достижимой при этом методе. Буска даёт четкое руководство по выбору минимального расстояния для работы синхронными свипами (Bouska 2010), но, несмотря на усилия по сокращению этого минимального расстояния на ранней стадии применения этого метода, в отрасли склон-

ны придерживаться осторожного подхода, и предпочтение отдается оптимизации баланса между производительностью и качеством. Таким образом, с точки зрения производительности, DS4 имеет ограничение, связанное с заданным правилом расстояния/времени, за исключением случаев, когда количество развернутых групп уменьшено применительно к выбранному правилу. Второе ограничение производительности связано с централизованным характером сбора данных методом DS4 и его зависи-

▼ Рис. 2. Пример смешанного отстрела: а) До разделения записей (деблендинга), б) после разделения записей. По материалам Guillouet, 2016.



мостью от радиосвязи, когда команды на возбуждение посылаются на вибраторы по радио. Задержка радиосвязи при этом может составлять до двух секунд на свип, а централизация сбора данных к тому же еще и предотвращает отстрел любого ПВ за пределами выбранного правила расстояния/времени.

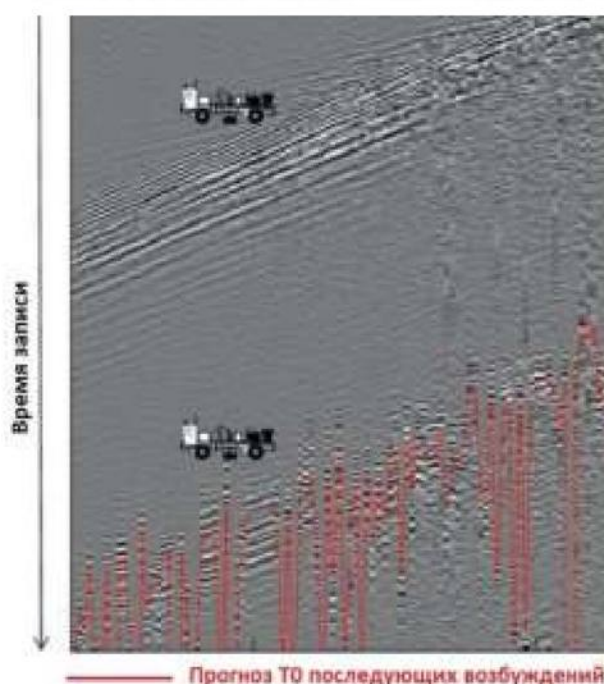
Сбор данных по методу свободных вибраторов предполагает последующее разделение записей (деблендинг). Действительно, чтобы восстановить сейсмические данные из смешанной записи (блендинга) и избежать появления в записях нежелательных шумов смещения, на этапе сбора данных необходимо соблюдать два «золотых правила»:

- «Золотое правило» деблендинга №1: Рандомизация во времени и пространстве (т. е. отсутствие генерации искусственных когерентных событий) (Рис. 3).

- «Золотое правило деблендинга №2: Разреженность в области частотно-волновых характеристик (т. е. фокусирование сигнала в FK-области, для исключения помех, имеющих эквивалентные уровни энергии) (Рис. 4).

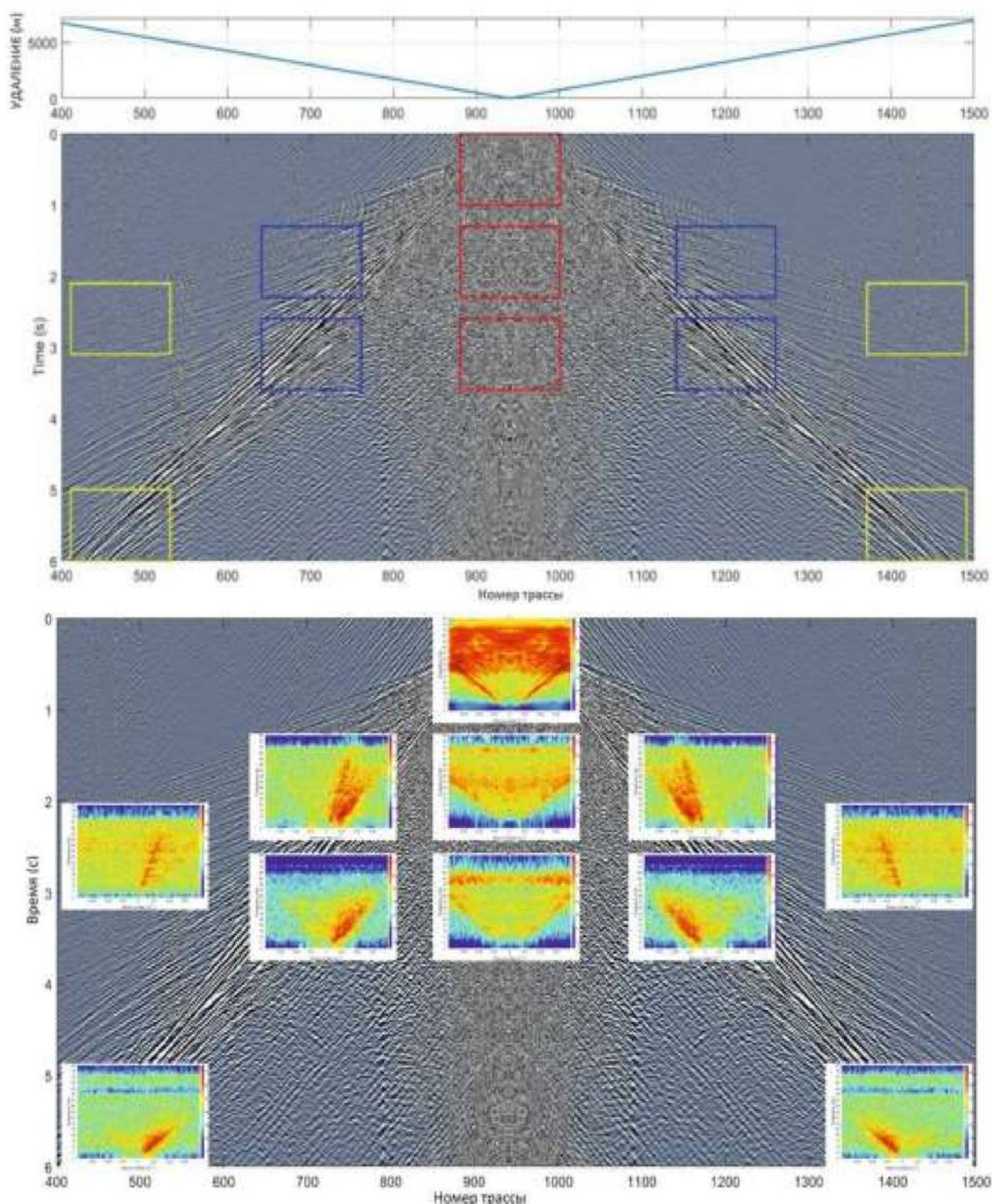
Оба эти «золотые правила» становятся труднее соблюдать при высокоплотных съемках с использованием многочисленных групп вибраторов: при использовании до 50 активных одиночных вибраторов на самых продвинутых съемках вероятность нарушения требований к случайности и разреженности оказывается намного выше.

Тем не менее существуют средства, позволяющие сделать сбор данных по методу свободных вибраторов вполне совместимым с эффективным разделением записей. В основном они сводятся к правильному планированию съемочных операций с целью соблюдения упомяну-



▲ Рис. 3. Иллюстрация «золотого правила» деблендинга №1: (Вверху): Водители, находящиеся в зоне прямой видимости, как правило синхронизируют скорость вибраторов и темп работы. (Внизу): Пример результата в домене Общего Пункта Приема (ОПП), широко используемом в большинстве методов при деблендинге. В этом примере случайность во времени (рандомизация) не соблюдается (два вибратора запускают свипы с одинаковым временем скольжения): перекрестное наложение выглядит как регулярная помеха, что с большой вероятностью будет препятствовать его последующему удалению. (А. Berthaud, из переписки).

Рис. 4. Иллюстрация «золотого правила» деблендинга №2: (Вверху) Эта несмешанная запись (данные сгруппированы по Общему Пункту Возбуждения - ОПВ) уже демонстрирует сильное засорение амплитуд на близких удалениях. (Внизу) Соответствующий анализ FK демонстрирует, что линейные события не могут быть различимы на близких удалениях, в отличие от средних и больших. Эта способность различать линейные события (для дальнейшего деблендинга в домене кривизны) будет еще более скомпрометирована при неконтролируемом смешанном сборе данных (вследствие дополнительного засорения данных близлежащими источниками), что подвергает общий результат деблендинга очевидному риску.



тых «золотых правил». Вместе с тем, по имеющимся сведениям, такое планирование трудоемко и сложно в исполнении; кроме того, оно должно быть динамичным, чтобы справляться с непредвиденными событиями. На практике, как в отношении разбиения на сектора, так и в отношении кодирования свипов, предусмотренных Хау в методе ISS, планирование операций реализуется редко, или же операции быстро отклоняются от плана. Кроме того, качественная генерация вибрационных воздействий, когда источники возобновляют работу после периода ожидания, оказывается весьма сомнительной, когда голосовая радиосвязь является единственным связующим звеном между оператором системы сбора данных и вибраторами.

Преодоление ограничений существующих автономных высокопроизводительных методов

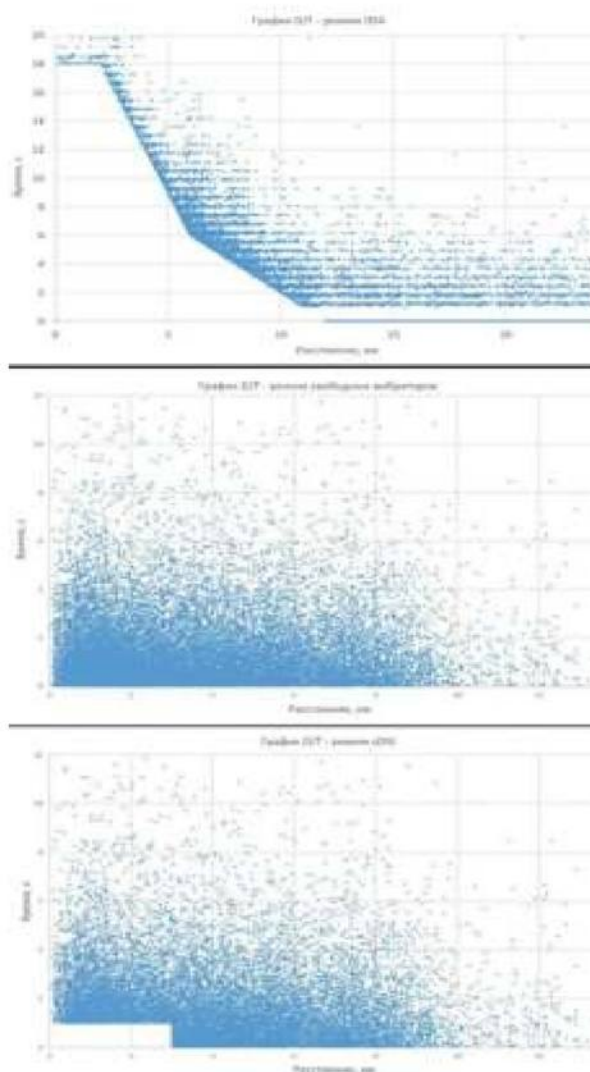
Метод xDSS находится на стыке методик DS4 и свободных вибраторов (Рис. 5). Разработанный специально для сохранения высочайшей производительности, обеспечиваемой методом свободных вибраторов, он позволяет достичь оптимального качества при разделении смешанных данных, без риска возможного несоблюдения строгой случайности (рандомизации) при проведении съемки, или недостаточной разреженности в области частотно-волновых характеристик у источников, работающих в неконтролируемой пространственной и временной зоне. Для этого устанавливается правило расстояния/времени, но, в отличие от метода DS4, управление более не ведется централизованно из кабины регистрации, а передается автономным вибраторам, которые действуют как децентрализованная сеть, принимающая оптимальные решения о съемке в

пределах своей зоны покрытия радиосвязью (5 км - типовое расстояние, за пределами которого ведение съемки возвращается к стандартной методике свободных вибраторов).

Таким образом, децентрализованное управление источниками устраняет задержку радиосвязи (до 2 сек. на свип), связанную с передачей команд запуска в режиме DS4. Параметры расстояния/времени могут быть впоследствии смягчены с тем, чтобы дать возможность проведения отстрела с меньшим допустимым расстоянием между активными ПВ, особенно когда метод применяется в сочетании с эффективным решением для удаления гармоник между записями (Ollivrin 2019), которое способствует успешному разделению данных. Произвольному порядку отстрела при съемке дополнительно способствует отсутствие временных интервалов радиосвязи (как например, на Рис. 6а в случае DS4), а также автоматический дитеринг (случайное смещение) времени отстрела ПВ в случае возобновления работы после перерыва и перезапуска части активных вибраторов.

С точки зрения ведения съемки и в отличие от метода свободных вибраторов, автономные вибраторы могут быть дистанционно и мгновенно активированы или деактивированы из центра управления регистрацией, вместо передачи команд водителям вибраторов посредством радиосообщений. Управление отстрелом происходит автоматически, как только устанавливаются параметры правила расстояния/времени, что позволяет оператору сосредоточиться на выполнении других обязанностей. Внедрение метода xDSS на практике является простым при централизованной установке параметров на центральной электронике системы сбора данных:

- Рис. 5. Сравнение принципов метода xDSS с DS3/DS4 и методом свободных вибраторов (вверху), с преимуществами и недостатками, каждого метода (внизу).



- ◀ Рис. 6. Распределение виброточек на диаграмме расстояния/времени (D/T) для трех высокопроизводительных методов.
- (а) DS4 со стандартным правилом D/T, пример коммерческого проекта. Правило D/T соблюдается, но достижению максимальной производительности препятствует применение радиосвязи для управления источниками.
- (б) свободные вибраторы, пример использования в коммерческом проекте: многочисленные виброточки отстреляны в достаточно компактной пространственно-временной области, хотя некоторая регулярность в отстреле расстановки уже проявляется на малых расстояниях между источниками, что нарушает «золотые правила» деблендинга.
- (с) Ожидаемые результаты xDSS, примерно соответствующие результатам, полученным из варианта (б) с учетом соответствующей зоны исключения по правилу D/T. Эта зона исключения может настраиваться (3 км, 1 сек. в нашем примере).

оно не требует ни дополнительных аппаратных средств, ни дополнительных радиомодулей, ни узкоспециального опыта. Интегрированное решение xDSS поддерживается электроникой вибратора VE464 в комбинации с системой сбора данных 508XT. В качестве альтернативы для съемки с применением беспроводных систем, методика xDSS поддерживается модулем SMA (Source MAnager). Это автономное/портативное устройство, имеющее интерфейс для подключения напрямую к VE464 было разработано сравнительно недавно для обеспечения управления источниками при эксплуатации 508XT. SMA поддерживает все функции обеспечения высокой производительности и качества сигнала VE464; оно призвано облегчить управление источниками, работающими с беспроводными системами сбора данных, в частности, с системой WiNG, с которой имеет высокий уровень интеграции.

Ожидается, что производительность съемок xDSS будет эквивалентна результатам, получаемым с помощью методики свободных вибраторов. Действительно, несмотря на необходимость минимального контроля для того, чтобы предотвратить попадание источников в зону исключения правила D/T, методика xDSS избавляет сейсмопартию от проведения многочисленных повторных съемок, обычно связанных с методикой свободных вибраторов (из-за нарушения «золотых правил» разделения смешанных данных, обнаруженных полевыми геофизиками после завершения суточной смены). На Рис. 6 показаны примеры распределения ПВ по правилу расстояния/времени для трех высокопроизводительных методик.

Заключение

Сейсмическое оборудование стало ключевым фактором внедрения высо-

копроизводительных методик, которые в настоящее время позволяют достичь беспрецедентной производительности и таким образом, поддержать ожидания отрасли в отношении более высокой плотности трасс, при стоимости, адекватной повышению качества анализа коллектора. Ограниченное время зимнего полевого сезона, а также отраслевые тренды снижения времени разработки и запуска месторождений в производство делают эти методы крайне востребованными на проектах в РФ. Новый метод, xDSS, был разработан для устранения ограничений, которые присущи стандартным широко распространенным методикам. Устранение задержки радиосвязи, неизбежной при централизованном управлении по методу DS4 для каждого ПВ, экономит ценные секунды, что открывает путь к применению менее жесткого правила расстояния/времени. Будучи ближе к методу свободных вибраторов, чем к DS4 с точки зрения принципа работы и достижимой производительности, метод xDSS повышает качество пакета регистрируемых данных вследствие соблюдения «золотых правил» разделения смешанных данных: рандомизации во времени и пространстве, разреженности в области частотно-волновых характеристик. Ожидается, что первое применение метода xDSS для коммерческих съемок, полностью автоматизированного и простого в использовании, состоится уже в ближайшем будущем, в том числе и на проектах в городских условиях и на площадях с развитой агропромышленной инфраструктурой. Следующим шагом в улучшении качества съемок, получаемых с применением агрессивных методик смешивания данных, вероятно, будет кодирование источника, что в настоящее время является устойчивым трендом при проведении морских съемок.

Литература:

1. Bouska, J. [2010]. Distance separated simultaneous sweeping, for fast, clean vibroseis acquisition. *Geophysical Prospecting*, 2010, 58, 123–153. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2478.2009.00843.x>.

2. Guillouet, M., Berthaud, A., Bianchi, T., Pignot, G., Mahrooqi, S., Shorter, J. [2016]. Recovery of Blended Data – A Sparse Coding Approach for Seismic Acquisition. 78th EAGE Conference and Exhibition 2016, расширенная аннотация. DOI: <https://doi.org/10.3997/2214-4609.201600947>.

3. Howe, D., Foster, M., Allen, T., Taylor, B. [2008]. Independent Simultaneous Sweeping – a method to increase the productivity of land seismic crews. 78th SEG Conference and Exhibition, расширенная аннотация. DOI: <https://doi.org/10.1190/1.3063932>.

4. Kommedal, J., Alexander, G., Wyman, L., Wagner, S. [2016]. ISS on Ice – Seismic Acquisition in the Arctic. 86th SEG Conference and Exhibition, расширенная аннотация. DOI: <https://doi.org/10.1190/segam2016-13866643.1>.

5. Krohn, C., Johnson, M. [2006]. HFVSTM: Enhanced data quality through technology integration. *Geophysics*, Vol. 71, No. 2; pp. E13–E23. <https://doi.org/10.1190/1.2187730>.

6. Meunier, J., Bianchi, T. [2002]. Harmonic noise reduction opens the way for array size reduction in vibroseis operations. 72nd SEG Conference and Exhibition, расширенная аннотация. DOI: <https://doi.org/10.1190/1.1817354>.

7. Michou, L., Michel, L., Herrmann, P., Coléou, T., Feugère, P., Formento J. [2017]. Survey Design Comparison Regarding Seismic Reservoir Characterization Objectives – A case study from South Tunisia. 79th EAGE conference and exhibition, расширенная аннотация. DOI: <https://doi.org/10.3997/2214-4609.201701243>.

8. Ollivrin, G., Tellier, N. [2019]. SmartLF for robust and straightforward reduction of low-frequency distortion: SEG 89th Annual Meeting, расширенная аннотация. DOI: <https://doi.org/10.1190/segam2019-3214978.1>.

9. Ourabah, A., Bradley, J., Hance, T., Kowalczyk-Kedzierska, M., Grimshaw, M., Murray, E. [2015]. Impact of Acquisition Geometry on AVO/ AVOA Attributes Quality - A Decimation Study Onshore Jordan. 77th EAGE conference and exhibition, расширенная

аннотация. DOI: <https://doi.org/10.3997/2214-4609.201413301>.

10. Pecholcs, P., Lafon, S., Al-Ghamdi, T., Al-Shammery, H., Kelamis, P. and Huo, S. [2010]. Over 40,000 VPs per day with real-time quality control: Opportunities and Challenges. 80th SEG Conference and Exhibition, расширенная аннотация. DOI: <https://doi.org/10.1190/1.3513041>.

11. Postel, J.J., Meunier, J., Bianchi, T., Taylor, R. [2008]. V1: Implementation and application of single-vibrator acquisition. *The Leading Edge*, Vol 27, Issue 5. DOI: <https://doi.org/10.1190/1.2919577>.

12. Rozemond, H. [1996]. Slip sweep acquisition. 66th SEG Conference and Exhibition, расширенная аннотация. DOI: <https://doi.org/10.1190/1.1826730>.

Подробнее об авторах

Николя Тэлье

Главный геофизик
Sercel



Жиль Оливрэн

Руководитель
Группы развития
проектов
Sercel



Стефан Лярош

Ведущий инженер
Группы исследований
и разработок в области
сбора сейсмоданных
Sercel



Кристоф Донваль

Ведущий инженер
Группы исследований
и разработок в области
сбора сейсмоданных
Sercel

SmartSolo выполняет сложные проекты: надежно, быстро, эффективно

■ Чай И., Матвеев С.А., SmartSolo, Россия

Современная разведочная геофизика переживает технологическую революцию широкого внедрения бескабельного оборудования. Практически все геофизические компании осваивают новые системы, позволяющие работать быстрее и эффективнее. SmartSolo – система, разработанная в Китае и вышедшая на рынок в 2017 году, уверенно занимает лидирующие позиции в мире среди других нодальных систем по числу проданных каналов и количеству выполненных проектов. Российский рынок сейсморазведки, немного отставая по темпам внедрения нодальных систем, тем не менее, также открывается для современных технологий. Опыт успешных проектов, выполненных в сложнейших условиях оборудованием SmartSolo, наверняка будет интересен всем геофизикам, внимательно следящим за развитием современной сейсморазведки.

SmartSolo – надежная нодальная система эпохи технологической революции в сейсморазведке

Нодальная система SmartSolo, разработанная в Китае, вышла на рынок в 2017 году. На сегодняшний день – это одна из наиболее распространенных систем на рынке бескабельного оборудования. В разных компаниях и странах работают уже 370 тыс. каналов SmartSolo. Геофизики высоко оценили эффективность использования этих легких и надежных блоков, позволяющих работать в том числе там, где кабельными системами

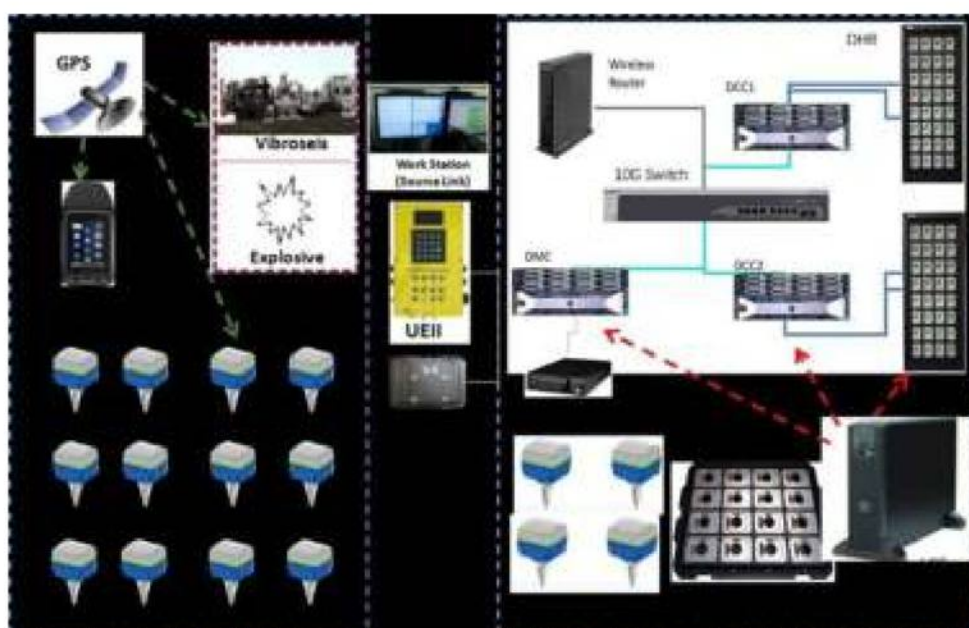
выполнить проект практически невозможно.

Основные характеристики системы SmartSolo

- Нодальная система SmartSolo, была разработана в 2016 году компанией DTCC. Система состоит из узла сбора полевых данных, системы загрузки данных.

Система загрузки полевых данных состоит из сервера, стойки скачивания данных и зарядной стойки. Структура системы показана на рис. 1.

► Рис. 1.
Структурная
схема системы
SmartSolo.



Частотный диапазон выпускаемых сегодня датчиков начинается с 5Гц и 10Гц, рабочий диапазон температур – от -50°C до +50°C, автономная работа в зависимости от температуры эксплуатации – от 30 до 60 суток, вес одного блока - 1,1 кг.

Основные преимущества – надежность и простота в эксплуатации. Число отказов блоков по статистике выполненных проектов менее 0,5%.

Уникальные проекты, выполненные со SmartSolo

Проект BGP на северо-востоке Омана.

На проекте было использовано 25500 каналов, сейсмические исследования проводились на площади 500 кв.км. Особенность проекта в том, что он выполнялся в сильно пересеченной горной местности, с крутыми горами и глубоким каньоном, проходившем через всю площадь. Благодаря мобильности и автономности модулей была подготовлена равномерная система наблюдения, позволившая провести съемку без потерь геологической информации. При этом, максимальная производительность в сутки была свыше 5000 фн.

Проект RUVU в Танзании (Африка).

Использовано 19000 каналов для выполнения микросейсмического мониторинга среды при подготовке строительной площадки для бурения скважин в услови-

▼ Рис. 2. Установка приборов с в каменистый грунт на проекте в Омане.



▲ Рис. 3. Подготовка круговой системы микросейсмического мониторинга строительной площадки.

ях сложного рельефа и развитой инфраструктуры (населенные пункты, реки, заводы, плантации, военные базы и транспортные узлы).

Проект «Sinoprec-Group», Нанкин, Китай. Использовано 24000 каналов, датчики SmartSolo работали параллельно с используемым в партии кабельным оборудованием. Работы выполнены с высоким темпом и максимальной суточной производительностью 7600 фн. Материал, полученный кабельными и бескабельными системами был абсолютно идентичен и не требовал дополнительных камеральных процедур для получения единого бесшовного разреза.

▼ Рис. 4. Бескабельное оборудование перед отправкой на проект в Нанкин.



Кабельные каналы, расположенные в активной расстановке, показывали состояние уровня шумов при работе, а оборудование SmartSolo позволяло быстро готовить приемную расстановку.

Проект PT Elnusa Tbk сейсморазведки 2D на острове Ява, Индонезия, 8000 каналов, 2D в объеме 1000 пог. км.

Остров Ява расположен на границе между Евразийской и Индоокеанской плитами. Сложный рельеф местности, землетрясения, извержения вулканов, ветер и дожди, высокая температура, густонаселенная местность (население острова составляет почти 150 млн). Эти неблагоприятные факторы создали серьезные проблемы для проекта. Оборудование SmartSolo позволило обеспечить прямолинейность профилей и, несмотря на сложные поверхностные условия, реализовать проект с высокой производительностью.

Проект 3D в провинции Ляо Нин, Китай, Площадь 376 кв. км.

Проект расположен в провинции Ляо Нин, на северо-востоке Китая. Район

Рис. 5. Расположения приемного пикета в городе точно в проектной точке регулярной системы наблюдения.



работ густонаселен, приходилось работать с учетом сложных поверхностных условий (деревни, фермы и овощные теплицы). На проекте использовано 36 000 каналов SmartSolo. Операционное время составило всего 23 рабочих дня. Максимальная производительность 6122 ПВ в сутки.

Проект в провинции Сычуань, 116 кв.км., 3D, использовано 40 560 каналов IGU16, горная часть выше 1000 м.

Залесенность территории составляет более 90%, с очень густой растительнос-

Рис. 6. Установка SmartSolo на проекте Ляо Нин.



тью. На некоторых участках из-за проливных дождей обнажились скалы, что осложнило установку датчиков. Для качественного контакта с грунтом приходилось использовать перфораторы и специальный застывающий гипсовый раствор. Рабочим сейсмоотряда пришлось пройти альпинистскую подготовку.

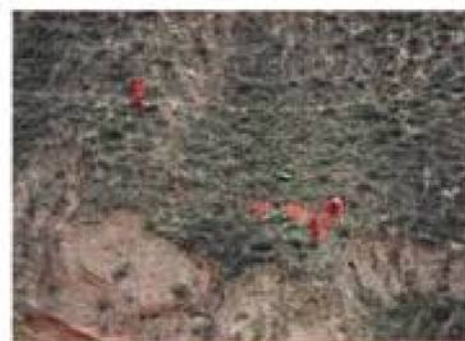
Экономические предпосылки снижения себестоимости проекта при использовании телеметрии SmartSolo

Общие предпосылки увеличения производительности связаны с традиционной оценкой сопоставления ресурсов, необходимых для раскладки кабельных

▼ Рис. 7. Поверхностные условия на проекте Сычуань.



▼ Рис. 8. Установка оборудования с использованием перфоратора.



▲ Рис. 9. Использование альпинистского снаряжения при расстановке SmartSolo.

систем и бескабельных блоков. При использовании SmartSolo происходит ускорение размоточно-смоточных операций, легкое прохождение расстановкой естественных преград (реки, горы, дороги, населенные пункты и др.).

Весьма важным фактором, который необходимо учитывать при выборе нодальных систем, является надежность. Многие заказчики продолжают руково-

IGU блок			Батарея	
	Всего	Процент отказов на 46000 каналов	Всего	Процент отказов на 46000 каналов
Технические причины	187	0.5187%	2	0.005%
Искусственное повреждение	50	0.1387%	178	0.445%

▲ Табл. 1. Статистика отказов по разным причинам каналов IGU-16.

дствоваться Инструкцией по сейсморазведке 1986 года, где написано, что отказ двух каналов подряд является браком. Это очень серьезный риск при использовании так называемых «слепых систем». Однако, набранная статистика выхода из строя оборудования SmartSolo на различных проектах, реализованных по всему свету, говорит о его высочайшей надежности. Отказы на проектах в сотни тысяч каналов составляют десятые и сотые доли процента от всего используемого оборудования. Такой низкий процент отказов оборудования делает практически невозможным выход из строя двух каналов подряд по техническим причинам. Это значит, что нет необходимости в дополнительном каждодневном контроле каждого установленного канала, чтобы убедиться в его рабочем состоянии. Такая надежность позволяет полностью исключить из производственного процесса такой элемент, как наладка профиля.

Возможность формирования сверхплотных систем со сгущением приемных пикетов на отдельных частях площади – актуальный тренд сейсморазведки, и такие проекты легко реализуются расстановкой дополнительных каналов SmartSolo. Информация, которую можно получить за счет формирования сейсмограмм из всех расставленных приборов, в

том числе и за пределами активной расстановки, позволит повысить кратность, даст дополнительную геологическую информацию и станет дополнительным плюсом для заказчика.

SmartSolo позволяет выполнять проекты в любых поверхностных условиях, легко менять конфигурацию полевой системы наблюдения, не требует дополнительного обучения персонала сейсмотряда. Проектов, подтверждающих высокую эффективность сейсморазведочных работ с использованием системы SmartSolo с каждым годом становится все больше и больше по всему миру!

Подробнее об авторах



Чай
Игорь

директор по продажам
в России и СНГ
компании SmartSolo



Матвеев
Сергей Александрович

заместитель директора
по продажам в России
компании SmartSolo

ООО «Удмуртнефтегеофизика» - успешное внедрение бескабельной технологии системы RT-2 (WirelessSeismic)

■ Иванов В. А., ООО «Удмуртнефтегеофизика», г. Ижевск

■ Кузьмичев В. Е., WirelessSeismic, г. Москва

До 2020 года ООО «Удмуртнефтегеофизика», как сервисная компания, развивалась в области сейсморазведочных исследований развитием традиционных кабельных телеметрических систем.

Возрастающие требования по лесному и водному законодательствам, экологии требуют определенных финансовых и экономических затрат, дополнительного привлечения трудовых ресурсов. Всё чаще и чаще в тендерных условиях озвучиваются требования использования технологий «зеленой сейсмики». Учитывая все это, ООО «Удмуртнефтегеофизика» с 2020 года приступило к новому этапу развития сейсморазведочного производства компании.

RT System 2 – возможности и характеристики

Было принято решение об испытании и внедрении беспроводной системы RT System 2 (WirelessSeismic), в полной мере удовлетворяющей требованиям технологии «зелёной сейсмики».

Следует отметить ключевые особенности данной телеметрической системы:

- Отсутствие кабелей
- Все данные передаются в сейсмостанцию в реальном времени
- Нет необходимости в физическом сборе данных
- Все параметры полевого оборудования контролируются и назначаются оператором из сейсмостанции
- Контроль шумов и проведение тестов в реальном времени
- Контроль качества в любое время
- Контроль заряда батарей
- Подключение внешнего геофона или группы.

- Использование на проектах как 2D, так и 3D.

Составные элементы RT System 2:

- дистанционно расположенные модули высокоточной регистрации данных;
- инфраструктура для передачи сейсмических данных с распределенных модулей (посредством беспроводной телеметрии вместо кабелей);
- централизованная компьютерная система обработки данных, осуществляющая функции отображения, хранения и управления данными.

Основным модулем регистрации данных является бескабельный полевой модуль WRU. Это небольшой модуль, содержащий аналого-цифровой преобразователь, схемы цифрового управления и приемопередатчик, работающий в диапазоне 2,4 ГГц. Каждый WRU питается от двух съемных литий-ионных аккумуляторных батарей. Система оцифровывает сигналы, поступающие с внешних аналоговых геофонов. Функция телеметрии реализуется посредством двухэтапной системы связи: вдоль линии между WRU, а затем поперек линий посредством высокоскоростной трансляционной сети. WRU передают сейсмические данные друг через друга по профилю. Каждый WRU получает данные от соседнего WRU, находящегося дальше в нисходящем направлении, а затем отправляет оба набора данных в восходящем направлении к следующему WRU. Такая технология позволяет выбирать практически любую конфигурацию поля. Благодаря тому, что приемопередатчики потребляют



▲ Рис. 1. Реальное время при работе с бескабельной системой – это реальность.

ют минимальную мощность, система может работать долгое время при небольшой емкости батарей.

От блоков WRU все данные собирает межлинейный полевой модуль LIU. Он выполняет функции интерфейса между сетью WRU и трансляционным оборудованием. В LIU имеется несколько Ethernet-портов, к которым можно подключить оптоволоконный кабель или трансляционный радиопередатчик, так называемый радиомост. Далее в нисходящем (с уменьшением нумерации линий) направлении по трансляционной линии расположен еще один LIU со своими двумя линиями WRU, и подобная расстановка продолжается до получения ряда параллельных соединений вдоль линии и трансляционных соединений поперек линий. Трансляционная сеть также выполняет функции системы связи, передавая информацию между

точками трансляции. В любом случае схема размещения напоминает стандартную конфигурацию кабельной сейсморазведочной системы. В определенной точке трансляционной инфраструктуры данные поступают в центральную систему регистрации.

Центральная система смонтирована в стойке с двумя компьютерами, настроенными по типу «клиент-сервер». Обычно система устанавливается в передвижной регистрирующей станции со всем дополнительным оборудованием, необходимым для проведения сейсморазведочных работ: приемопередатчиками, системой управления сейсмоисточником, дисплеями, ИБП, системами хранения данных и т.д. Внутри передвижная центральная система регистрации выглядит и работает почти так же, как передвижная кабельная центральная система регистрации. Так как RT System 2 работает и регистрирует данные в режиме реального времени, оператор может контролировать характеристики расстановки и быстро проверять статус системы. Для выявления шумов расстановки в реальном времени используют монитор, показывающий уровень микросейсм.

Дальность передачи на минимальной мощности между WRU невелика по стандартам радиосвязи. От них требуется передавать данные через одну группу сейсмоприемников, что обычно составляет от 25 до 75 метров. В случае возникновения проблем приемопередатчики могут пропускать один модуль. Автоматический пропуск позволяет оператору отключить точку, где произошел сбой, и восстановить линию, «перепрыгнув» через проблемный узел. Пропущенный модуль может быть снова включен после устранения проблемы. В кабельной системе обрыв приводит к полной потере данных части «оборванной» расстановки, что недопустимо в



▲ Рис. 2. Расположение полевого оборудования и передача данных в центральную систему RT2.

сегодняшних стандартах качества сейсмических работ.

Отдельно стоит отметить функцию Гибридной радиотелеметрии. На сегодняшний день этой функции нет ни в одной системе, которые используются в мировой сейсморазведке. При «обрыве» телеметрии и потере части расстановки в текущем моменте, все без исключения блоки продолжают регистрацию в обычном режиме, с той лишь разницей, что в оффлайновой части расстановки данные не передаются, а пишутся в сам WRU. Как только восстанавливается связь с WRU еще на том же месте или даже уже на другом профиле (!) все непереданные данные собираются в сеймостанции, причем, автоматически. И встают именно в те FFID, где они должны быть. Никаких обработок, и «склеек».

В стандартном режиме работы RT System 2 осуществляет беспроводную регистрацию сейсмических данных в реальном времени с активизацией функции восстановления линии методом пропуска неисправных модулей WRU. В режиме гибридной телеметрии, в случае частичной потери радиосвязи и невозможности моментального устранения проблемы, оставшиеся без связи модули WRU моментально переключаются в

автономный режим работы, с буферизацией сейсмических данных в локальную флэш-память. Когда радиосвязь восстанавливается, сейсмические данные передаются на центральную систему регистрации по радиоканалу. Система гибридной радиотелеметрии еще более автоматизирует и облегчает эксплуатацию RT System 2, при этом обеспечивается практически полная автономность радиосети и бесперебойная регистрация сейсмических данных становится реальностью. Данные постоянно надежно сохраняются в локальной флэш-памяти до момента успешной передачи на станцию, что обеспечивает гарантированную регистрацию данных. Производительность работы сейсмического отряда не будет зависеть от качества радиосвязи. Сохранение данных реализовано, безусловно, даже в случае с прерванной связью, что позволяет экономить время.

WRU поддерживает суммирование (stacking) внутри себя, метод, который можно применять для повышения скорости сбора данных в линии в режиме реального времени, например, в случае виброисточника (на сеймостанцию отправляется финальный стек, вместо промежуточных накоплений).

RT System 2 может работать с системами синхронизации, как в синхронном, так и в асинхронном режиме, поэтому ее можно использовать с любыми типами источников - взрывами, падающими грузами, импульсными источниками и сейсмическими виброисточниками.

Новое оборудование - новые возможности УНГФ

Первоначальное внедрение системы предполагалось выполнить на относительно простом по исполнению проекте в Республике Калмыкия (РК).

Перед началом работ ключевые профильные специалисты ООО «Удмуртнефтегеофизика» прошли обучение в сервисном центре Wireless Seismic. Запуск системы в поле с практическим обучением в партии выполнял системный инженер Wireless Seismic. Практически сразу партия вышла на первоначальную плановую производительность, которая в дальнейшем с опытом исполнителей значительно возросла. Потери времени, связанные с метеоусловиями, фактически сократились т.к.:

- нет необходимости в физическом сборе данных;
- контроль шумов выполняется в реальном времени;
- при постоянном контроле качества.

В этом заключается отличие от «слепых» бескабельных систем. В RT System 2 все данные передаются на сейсмостан-

цию в реальном времени. Применение радиомостов для передачи данных позволило проводить регистрацию и наладку одновременно на двух профилях, удалённых друг от друга более чем на 5 км.

В ООО «Удмуртнефтегеофизика» представилась возможность сравнения работы одной и той же сейсмической партии в Башкортостане с кабельным и в Республике Калмыкия (РК) с бескабельным оборудованием на проектах 2Д. Партия завершила проект со стандартным кабельным оборудованием и сейсмостанцией с вибрационными источниками (NOMAD-65). С этими же источниками, но с использованием бескабельной радиотелеметрической системы с регистрацией и контролем расстановки в режиме реального времени в РК партия приступила к другому проекту.

В обоих случаях условия выполнения работ были примерно одинаковые и по поверхностным условиям и по сейсмогеологическим – метеоусловия, ветровые и другие помехи. Расстояние между пунктами возбуждения составляло в обоих случаях 50 метров. В Башкортостане расстояние между пунктами приема составляло 25 метров, а в РК – 50 метров.

Далее приведем сравнительные характеристики по двум проектам в табличном виде:

▼ Табл. 1. Сравнительные характеристики по двум проектам.

	Количество дней работы	Выполненный объем в пог.км	Количество физических наблюдений ф.н.	Показатель средней выработки в смену –ф.н.	Количество работников
Башкортостан (кабельное оборудование)	65	595,72	11 808	182	74
РК (бескабельное оборудование)	45	720,7	14 428	321	56



▲ Рис. 3. Работы УНГФ с RT-2 в Калмыкии, 2021 г.

▼ Рис. 4. Новые возможности – новые проекты. УНГФ. Якутия 2022 г.



Проектный объем в РК с системой RT2 720,7 пог.км (14428 физических наблюдений) был завершен на 13 дней раньше намеченного срока. Это опережение позволило по согласованию с заказчиком подключить освободившееся оборудование и аппаратуру к выполнению работ на другом проекте в Республике Саха (Якутия). При вводе в производственный процесс бескабельной системы RT2 здесь так же возросла производительность.

Опыт работы ООО «Удмуртнефтегеофизика» с бескабельным оборудованием RT2 в течение полевого сезона 2021–2022 показал, что применение бескабельной системы дает значительное преимущество по экономическим и производственным параметрам. Работающие на сейсмических профилях тоже отмечают упрощение и облегчение при выполнении работ – полностью исключается процесс смотки-размотки сейсмических кос. Сводятся к минимуму лесорубочные работы на приемных профилях.



Возможности системы достаточны для выполнения любых проектов:

- Более 25 000 каналов;
- Более 30 приёмных линий;
- Возможность работы с любой системой синхронизации;
- Сервер на базе операционной системы Linux;
- До 4 мониторов на стандартном клиенте;
- Возможность подключения нескольких клиентов для повышения производительности на сложных проектах;
- Возможность использования оптоволоконного кабеля или радиомоста для межлинейного соединения и подключения к регистрирующей системе;
- Работа полевого оборудования при температурах до -40°C ;
- Более 20 дней работы от одного комплекта батарей при 12-часовом рабочем цикле.

Оценив опыт работ в этом полевом сезоне, ООО «Удмуртнефтегеофизика» приняло решение нарастить парк бескабельного оборудования с тем, чтобы можно было выполнять проекты не только в модификации 2Д, но и 3Д.

Подробнее об авторах



Иванов
Владимир Александрович

Генеральный директор
ООО «Удмуртнефте-
геофизика», к.т.н.

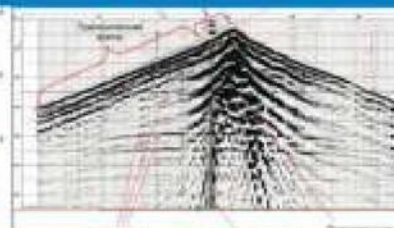
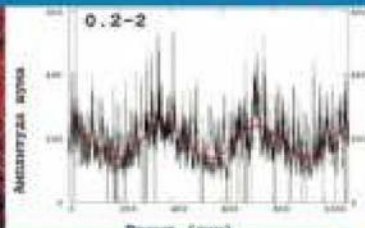


Кузьмичев
Владислав Евгеньевич

Глава
представительства
WirelessSeismic в России

КАБЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ

СЛЕПЫЕ СИСТЕМЫ



ВЫХОД ЕСТЬ! wireless SEISMIC



НАДОЕЛИ КУЧИ
КАБЕЛЕЙ?
СЛОЖНОСТИ РАЗМОТКИ?
ДОЛГАЯ НАПАДКА?

МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНАЯ
БЕСКАБЕЛЬНАЯ
РЕГИСТРИРУЮЩАЯ
СИСТЕМА РЕАЛЬНОГО
ВРЕМЕНИ RT2

ШУМНО ИЛИ НЕТ?
КАК ТАМ С
КАЧЕСТВОМ?
ТЕСТЫ В ДОПУСКЕ?



Беспроводные технологии передачи данных

Любые расстояния между приёмными
пунктами



Мониторинг ГРП

Непрерывная регистрация микросейсма в
реальном времени
Гарантия сохранности данных



Технологии Зелёной Сейсмики

Возможность полностью обойтись без рубки
сейсмических профилей



wireless SEISMIC

www.wirelessseismic.com
Москва, Проспект Мира, 106
Тел. +7 926 262 6071

ВРЕМЯ ИМЕЕТ ЗНАЧЕНИЕ – РЕАЛЬНОЕ ВРЕМЯ

«ЧИСТОЕ ПЯТНО» - как работать супервайзеру в условиях постоянного шума от автотрассы, чтобы не остановить партию

- Кучеров М. С., ПАО «Оренбургнефть»
- Гринчук П. И., ЗАО НПЦ «ГеоСейсКонтроль»
- Соломатин В.В., ООО "Диалл Альянс"
- Мальков С. Л., ООО «ТНГ-Групп»

В ходе выполнения большого проекта 3D в Саратовской области возникла серьезная проблема проведения регистрации в условиях нестационарных техногенных шумов от федеральной трассы Саратов-Самара. Методический прием оценки кондиционности сейсмической информации, названный авторами «Чистое пятно», позволил работать в условиях сильных шумов от проезжающего транспорта и получать материал отличного качества.

Из истории вопроса

При проведении сейсморазведочных исследований в центральном регионе с развитой инфраструктурой, исполнители очень часто встречаются с большим количеством техногенных стационарных и нестационарных помех, исключить влияние которых простым пережиданием не представляется возможным. Сюда можно отнести населенные пункты, линии электропередач, автострады, газопроводы и тому подобное.

Такие зоны с тем или иным допуском признаются эксклюзивными, и трассы, попадающие в них, не включаются в расчет при расчете атрибутов сейсмической записи. Это позволяет продолжать работу. Контуры таких зон, как правило, рассчитываются:

- в населенных пунктах, нефтепромыслах, промышленным объектах и тому подобным по периметру объекта;
- на дорогах на расстояние 200-300 метров в обе стороны дороги.

По стационарным помехам такой подход единственно возможный.

Что же касается движущихся шумов от тяжелого транспорта, то 200-300 метров, чаще всего, совершенно недостаточно, и зона влияния помехи может оказаться гораздо значительнее. Начинается череда обсуждений с Заказчиком, супер-

вайзерской службой и исполнителями работ для увеличения размера эксклюзивной зоны. Но партия все равно не может выполнять работы с необходимой производительностью, да и материал все равно порой остается зашумленным. Признание эксклюзивной зоны в 200-300 метров в обе стороны дороги решает проблему, если присутствует дорога с низкой интенсивностью движения. Но при прохождении тяжелого транспорта, приходится пережидать, пока он не покинет активную расстановку.

Но такой подход оказался абсолютно непригодным при работе в районе железной или автомобильной дороги с интенсивным движением. Специалисты Роснефти совместно с супервайзерами попытались решить такую проблему на одном из проектов, где через площадь исследований проходила железная дорога Уфа-Самара с интенсивным (до 80 поездов в сутки) движением.

На приведенном ниже Рис. 1 видно, что при движении поезда около трети расстановки не удовлетворяет требованиям по шумам (желтые и красные прямоугольники). А если учитывать, что на рисунке поезд находится на крайних линиях, то при движении поезда в районе центральных линий зашумленной окажется около 70% расстановки.



▲ Рис. 1. Шумовая картина расстановки при движении поезда.

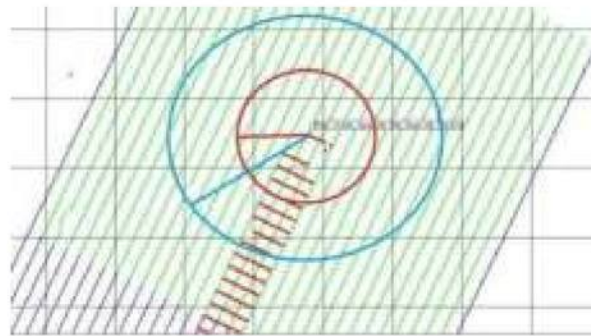
Чтобы решить эту проблему Подрядчик предложил приведенный выше подход с увеличением размера эксклюзивной зоны до двух километров по обе стороны дороги. Заказчик с таким решением не согласился. Так как в результате работ по предложенной Подрядчиком методике с «вырезанием» из анализа полосы в 4 км и сплошной регистрацией материала, полезной информации получали бы недопустимо мало, регистрировали бы практически одни помехи. Других вариантов решения проблемы Подрядчик предложить не смог, поэтому решение проблемы искал Заказчик совместно с супервайзерами.

В 2018 году для решения задачи работы в районе федеральной трассы на проекте в Оренбургской области начальник отдела сейсморазведочных работ ПАО «Оренбургнефть» Кучеров М.С. совместно с супервайзером Гринчуком П.И. разработали методику оценки материала и требования к технологии, которой авторы предложили название - «Чистое пятно».

Методика «Чистое пятно»

Было предложено применению технологии, которая позволяет полностью сохранить информацию на ближних удалениях как наиболее ценной, максимально сохранить информацию на средних удалениях и частично согласиться с возможной потерей информации на дальних удалениях.

Все трассы приёмной расстановки



▲ Рис. 2. Зонирование приемной расстановки.

делятся на три зоны (в некоторых случаях достаточно двух зон) Рис. 2.:

- Зона (красный круг), где шум от транспорта наблюдаться не должен, представляет собой круг диаметром 2 км с центром на отрабатываемом пункте возбуждения.

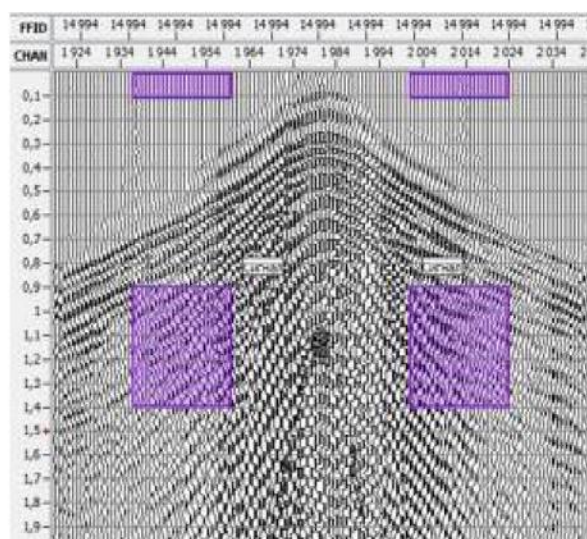
- Зона (синий круг), где может наблюдаться шум на 5-6 каналах на ближайшей к дороге линии от легкого транспорта (мотоциклы, легковые автомобили, гужевого транспорт) представляет собой круг диаметром 4 км с центром на отрабатываемом пункте возбуждения за вычетом зоны, где шум наблюдаться не должен.

- Зона, где шум от транспорта может присутствовать, представляет собой все остальные трассы, которые не попадают в первую и вторую зоны.

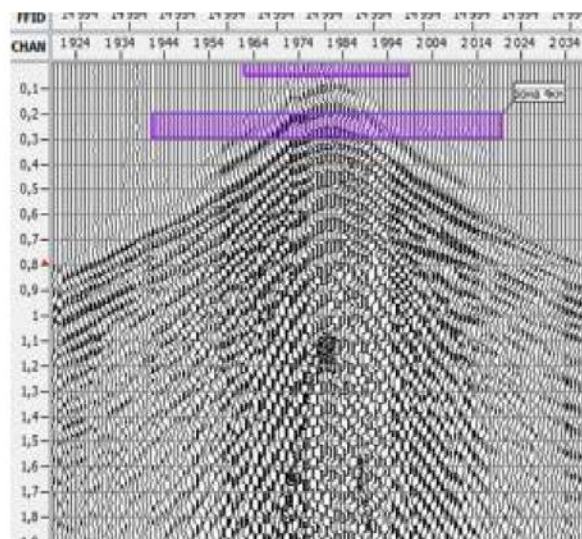
Радиусы зон определяются в зависимости от глубины целевых горизонтов, с тем, чтобы радиус второй зоны превышал глубину целевого интервала, а радиус первой зоны был выше глубины возможных скоростных неоднородностей.

Эта схема является полностью работоспособной и содержит следующие преимущества:

- Четкая и точная локализация зон, вплоть до пикета,
- Возможность объективной формализации требований к контролю качества,
- Незначительное увеличение време-



Стандартные окна расчета атрибутов



Дополнительные окна зонирования

▲ Рис. 3. Расположение окон на сейсмограмме.

ни при контроле качества получаемых данных.

Окна, используемые при анализе материала по методике «чистое пятно», приведены на Рис. 3.

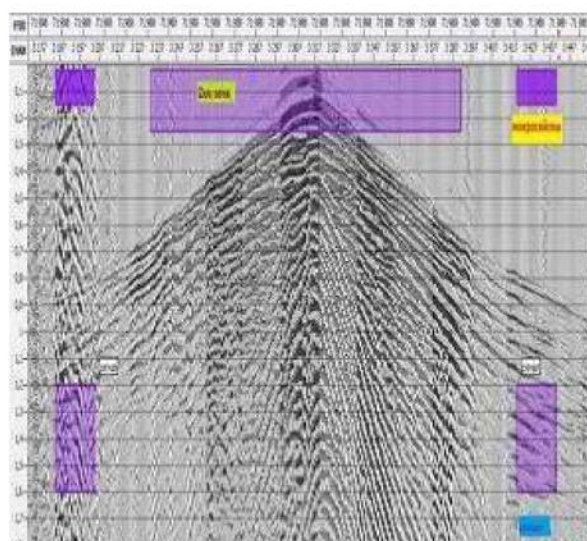
При этом для практической реализации этой схемы не нужны какие-то дополнительные данные, SPS-файлов и полевых записей вполне достаточно. Также не нужно искать какого-то дополнительного инструментария, такие инструменты у всех уже имеются. Для такого контроля вполне достаточно создать два дополнительных окна на удалениях от 0 до 1000

метров и от 0 до 2000 метров, отключив для этих окон функции расчета атрибутов. На приведенных ниже Рис. 4 видно, насколько просто можно определить, в какой зоне находится помеха.

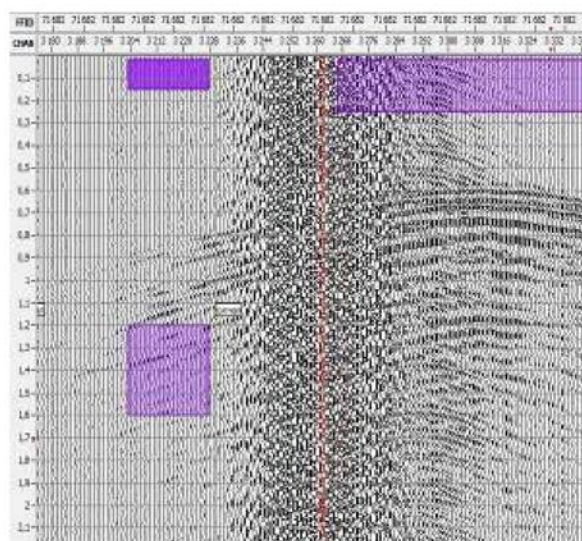
Технология практического применения методики «Чистое пятно» на Таволожской площади (Саратовская область)

На участке работы сейсморазведчики столкнулись с двумя железными дорогами и двумя федеральными трассами, собранными в большой транспортный узел в районе г. Пугачев.

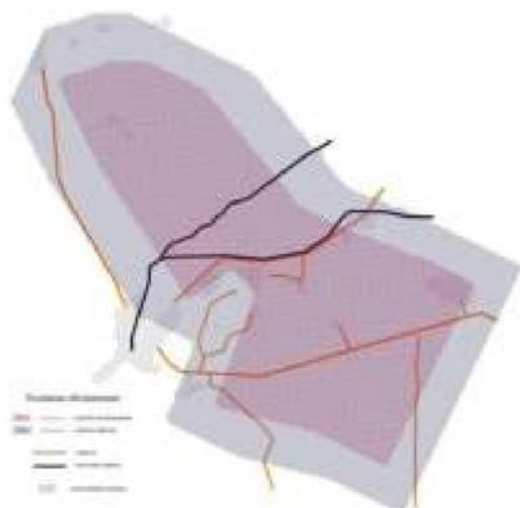
▼ Рис. 4. Расположение источника шума относительно 2км зоны.



Шум вне «чистого пятна»



Шум в пределах «чистого пятна» (брак).



▲ Рис. 5. Схема расположения дорог на площади работ.

Если бы все эти трассы были описаны как «эксклюзивные зоны», то могла получиться уникальная ситуация, что объем исключенных из анализа данных был в несколько раз выше по протяженности чем зоны, в которых требовалось бы вести анализ при контроле качества. Переждать автотранспорт тоже невозможно – несколько суток подсчета проезжающих грузовых машин показали, что из 24 часов суток на трассе в активной расстановке только 30-40 минут нет тяжелых машин.

После набора статистики и череды технических совещаний принимается решение работать по методике «чистое

пятно», что позволило пройти зону влияния федеральной трассы без существенных потерь информативности. При этом суточная производительность держалась на уровне 100-120 физических наблюдений.

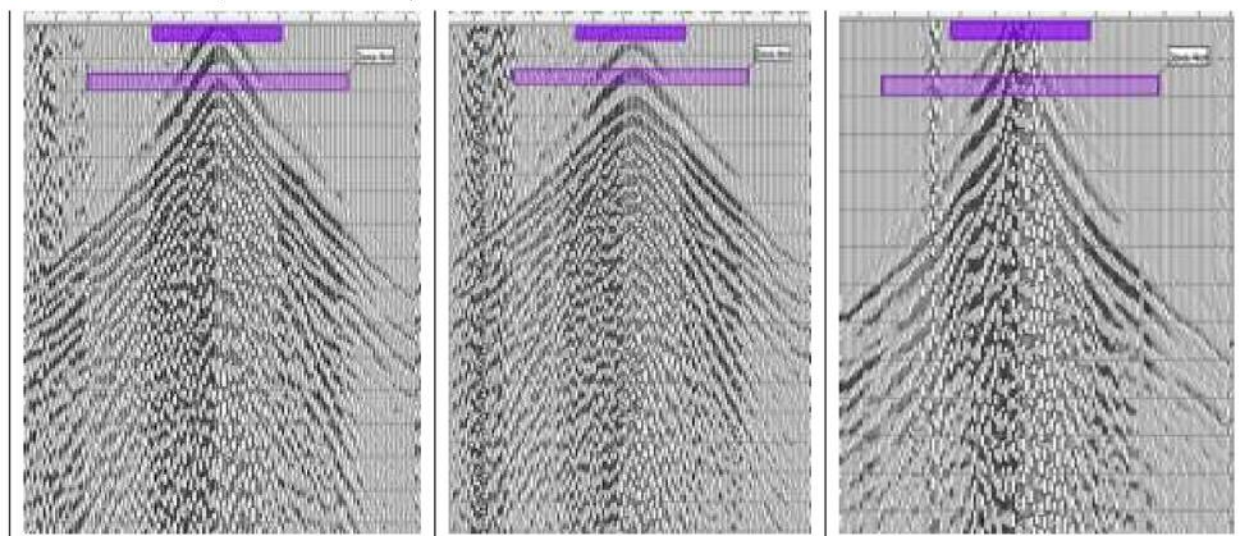
Рассмотрим, что же происходит с шумами в этих зонах при работе:

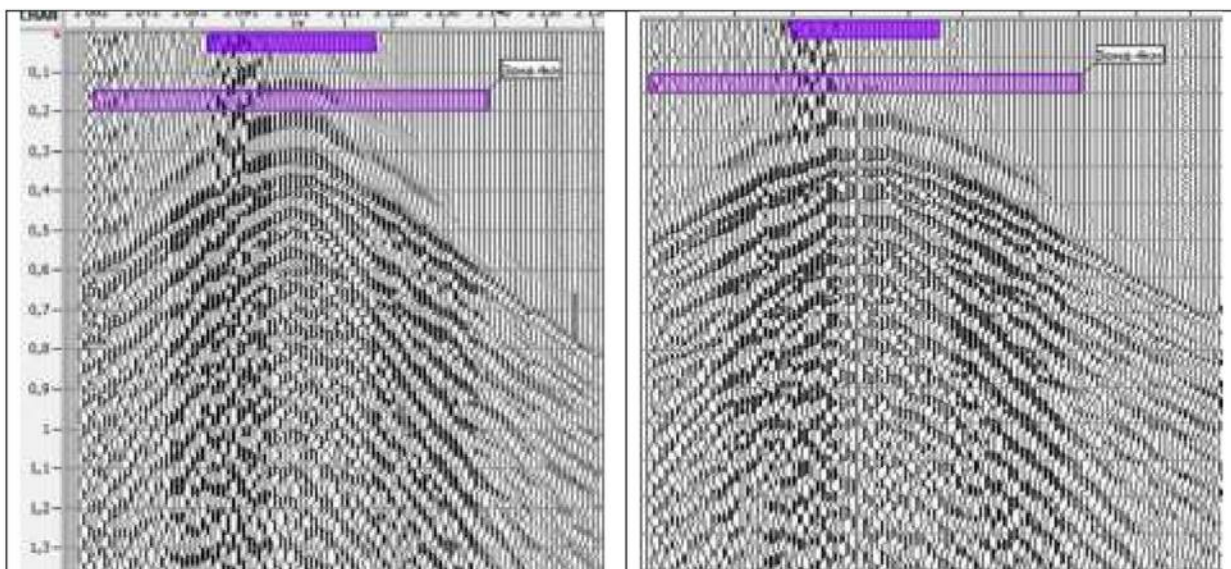
- С первой зоной все понятно – там шумов быть не должно.
- Во второй и третьей зонах шумы допустимы (во второй зоне редко, в третьей довольно часто). Но, учитывая, что источник шума движется, то вероятность, что все шумы всегда будут попадать на одни и те же каналы практически нулевая. На некоторых наблюдениях какие-то каналы будут зашумлены, а на других наблюдениях на этих каналах шума не будет. И если в дальнейшем эти шумы вырезать, то всё равно полезной информации остается достаточно для дальнейших построений. Тем более, что эти все трассы находятся на дальних удалениях, где кратности всегда хватает.

Ниже на Рис. 6 приведены три сейсмограммы, на которых видно:

- Довольно интенсивные шумы в зону 2 не попадают;
- Довольно интенсивные шумы зону 2 слегка касаются;

▼ Рис. 6. Кондиционный материал.





▲ Рис. 7. Шум от транспорта в первой зоне. Брак

- Наблюдается шум от легкого транспорта.

Такие записи считаются кондиционными и принимаются для дальнейшей обработки.

Особенностью отработки вибраторами участков, где присутствует шум от движущегося источника, является потребность отработки с минимальным количеством накоплений. Два накопления производятся за 30 секунд, а автомобиль проедет за это время 500 – 700 метров, то есть зона зашумленности увеличится на 10 – 15 каналов на каждой линии. Чтобы проверить сказанное выше, на пикете поставили группу из 4 вибраторов и отработали одну точку в режиме XDAMP восемь накоплений с записью на 2-ом, 4-ом, 6-ом, и 8-ом накоплении. Ниже на Рис. 8 приводится визуализация полученных сейсмограмм. По полученным записям можно наблюдать, как с увеличением накоплений существенно увеличивается и зона зашумленности (количество зашумленных каналов) от движущегося транспорта.

Можно возразить, что снижение количества накоплений приведет к снижению уровня амплитуд и, как сле-

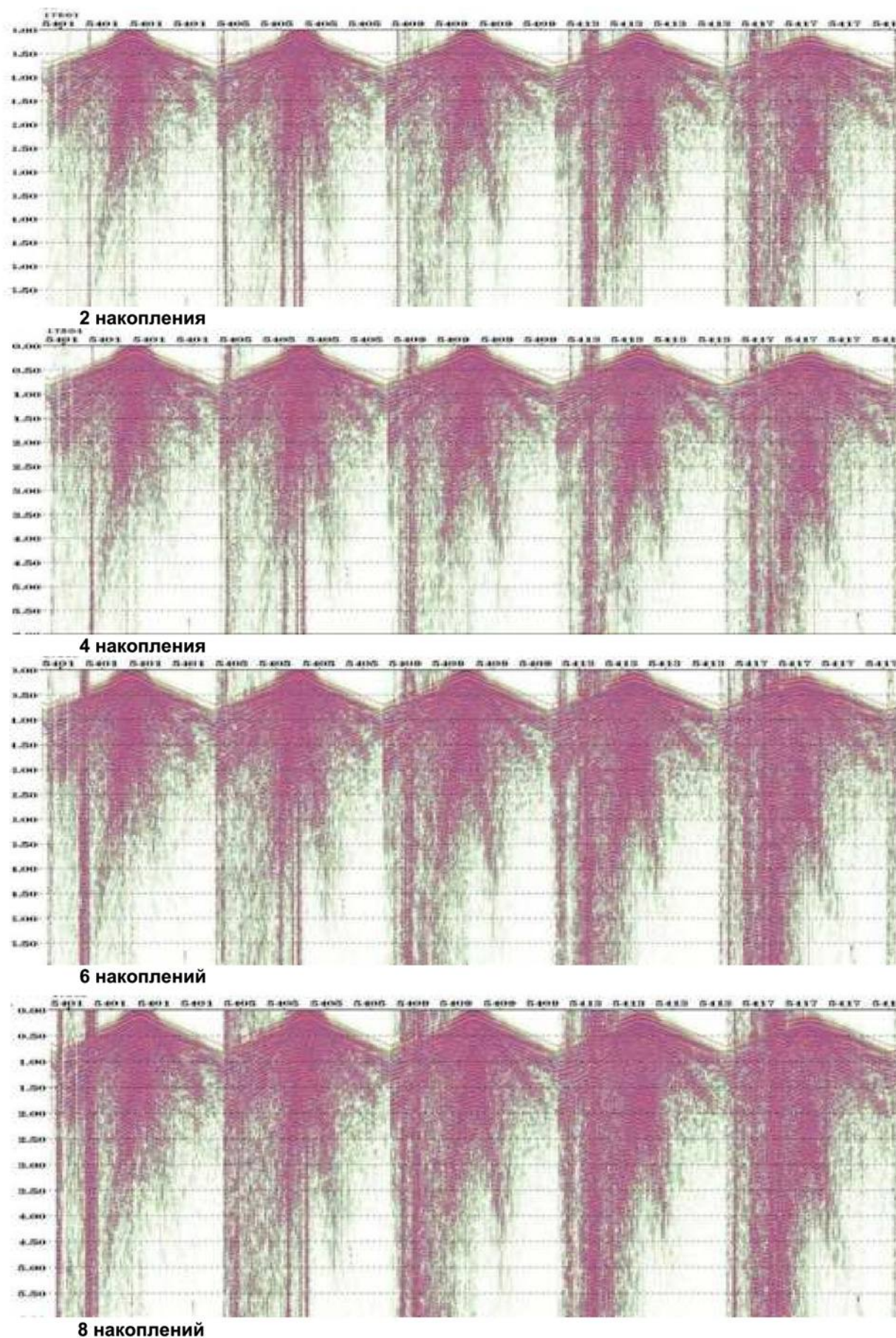
дствие, снижению отношения полезного сигнала к микросейсам. Все верно, именно это и произойдет. Но снижение уровня отношения полезного сигнала к микросейсам даже до 3 – 4 единиц является меньшим злом, чем такое большое расширение зоны зашумленности.

Трассы с шумами при обработке обнуляли, потом проводили все процедуры обработки и получили довольно хорошие временные разрезы Рис. 9, 10. Ухудшения качества построений в зоне интенсивных шумов от движущегося по трассе транспорта не наблюдается.

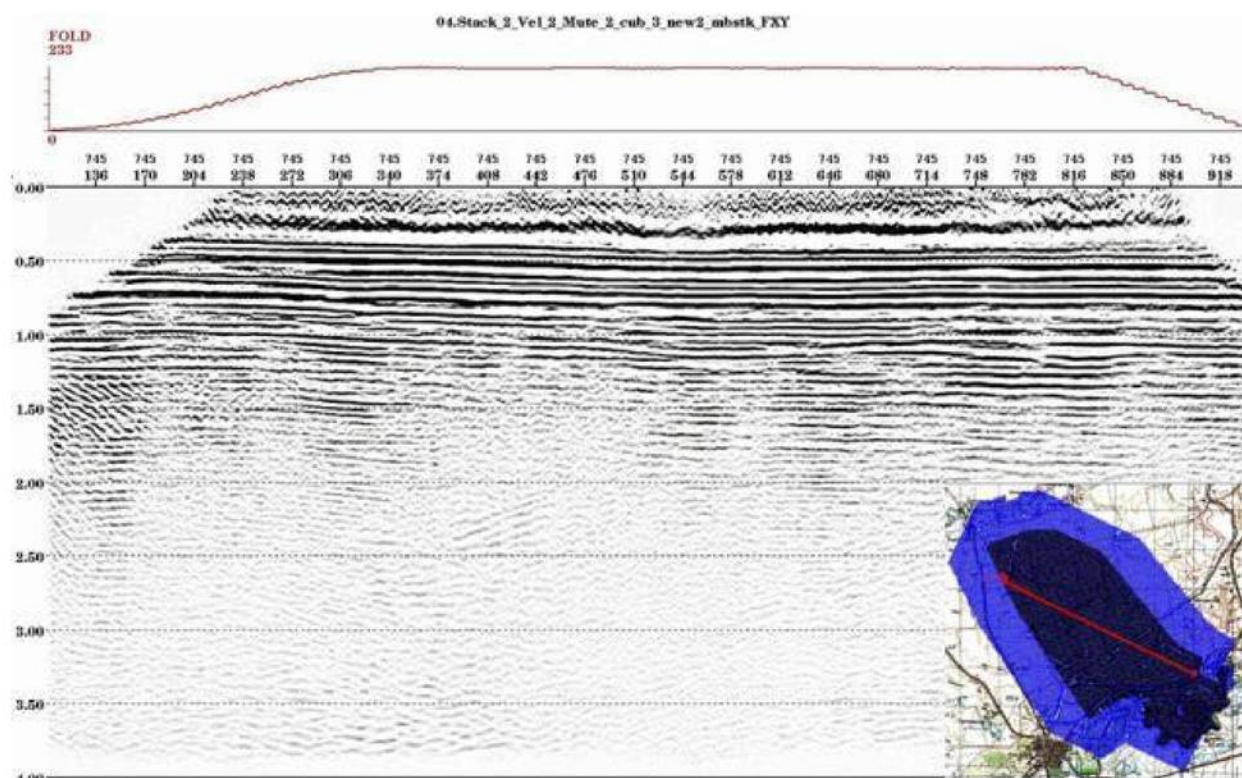
Заключение

При определении способа отработки участка с шумами от мобильных источников нельзя пройти мимо производственного аспекта работы партии. Вариантов отработки немного, их всего три:

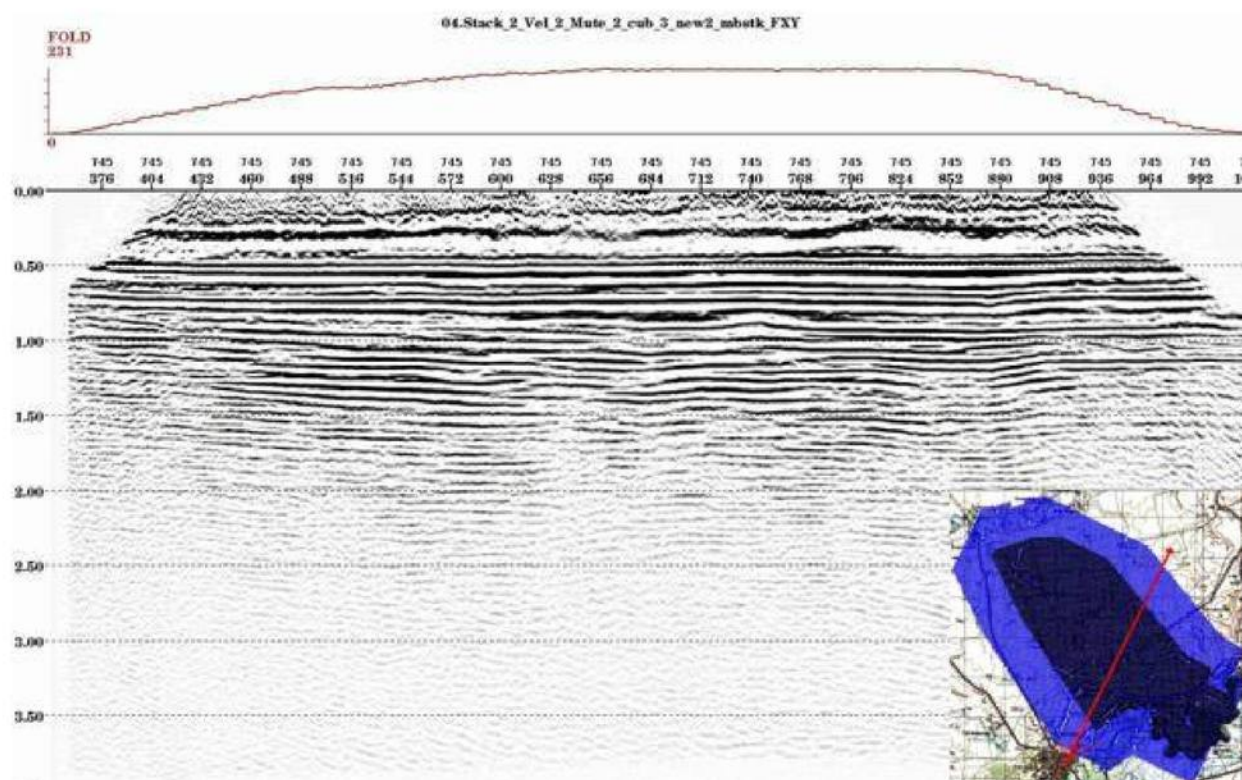
- Вариант, когда Заказчик признает дороги неустранимой помехой и партия отработывает участок в обычном режиме. Производительность работ будет высокой, потери качества тоже будут очень большими.



▲ Рис. 8. Расширение зоны зашумленности.



▲ Рис. 9. Временной разрез (кросслайн).



▲ Рис. 10. Временной разрез (инлайн).

- Вариант, когда Заказчик не признает дороги неустранимой помехой и требует при наличии шумов отстрел не проводить. Производительность работ упадет

практически до нуля, потеря качества не будет.

- Вариант, когда Заказчик соглашается на работу по методике «Чистого пятна».

Производительность работ существенно снизится по сравнению с первым вариантом, но по сравнению со вторым вариантом будет довольно высокой, потери качества будут незначительными.

Спрогнозировать действия Заказчика не сложно — он не согласится с существенным падением качества получаемых данных, но в то же время Заказчик не заинтересован в практически полной остановке работ. Поэтому применение методики «Чистого пятна» является единственным вариантом при отработке таких проблемных участков.

Подробнее об авторах



Кучеров
Максим Сергеевич

начальник отдела
сейсморазведочных
работ
ПАО «Оренбургнефть»



Гринчук
Петр Иванович

супервайзер,
ЗАО НПЦ
«ГеоСейсКонтроль»



Соломатин
Вадим Валерьевич

Ведущий специалист
по сейсморазведке
ООО "Диалл Альянс"



Мальков
Сергей Лаврентьевич

технический руководитель
сейсмопартии
ООО «ТНГ-Групп»

Опыт применения высокопроизводительного способа получения сейсмических данных в районе действующих рудников ПАО «Норильский Никель»

■ Турчков А.М., Ошкин А.Н., ООО «Неоген», МГУ имени М.В. Ломоносова

■ Детков В.И., Почетный разведчик недр

■ Мосягин Е.В., АО «СНИИГГиМС»

■ Воронцов В.В., ООО «Геоспейс Технолоджис Евразия»

Введение

В настоящее время обозначилась потребность в изучении особенностей или деталей строения неглубоко залегающих к поверхности рудных полезных ископаемых, коренных и россыпных месторождений алмазов и сланцевых месторождений нефти и газа. (например, «Баженов» в России или «Баккен» в США и Канаде). От основного метода геофизических исследований – сейсморазведки – требуется использование технологических приемов, повышающих разрешающую способность данных. Получить более четкое и разрешенное сейсмическое изображение подземных структур можно путем отказа от группирования источников и приемников с одновременным уменьшением интервалов между ними, использования точечного возбуждения без накапливания акустических сигналов и со сгущением линий приема и возбуждения [6].

Современные высокоплотные системы наблюдений в основном используют вибрационный способ возбуждения. Для ускорения работ разработаны и внедрены в производство технологии, сокращающие время возбуждения и регистрации сейсмических сигналов. Основные недостатки: вибрационная установка – это технически сложное и дорогое изделие с ограничениями по проходимости, спектр сигнала ограничен диапазоном частот свипирования.

В отечественной практике работ ограничено используются экологически безопасные импульсные источники

электромагнитного принципа действия, разработанные в конце 90- годов прошлого столетия первоначально для условий Восточной Сибири [1]. Широкое внедрение сдерживается из-за низкой производительности по причине слабой энергетики единичного воздействия на среду источников типа «Енисей» и «Геотон». Обычно используется группа из 3-4 источников и до 10 накоплений на пункте возбуждения. Тем не менее, в начале 2000-х годов была реализована идея сбора сейсмических данных высокой плотности. Эта идея была опробована на речных работах с использованием непрерывного возбуждения импульсным источником «Енисей ВЭМ» и непрерывной регистрации данных на берегу. В ходе работ были получены высокочастотные сейсмические сигналы, и, что крайне важно, было существенно сокращено время на отработку 1 км профиля [2].

Оригинальная идея запатентована в 2021 году как «Способ и система сбора данных» (патент №2745481). Формула изобретения позволяет одновременно использовать неограниченную группировку источников, возбуждающих упругие колебания в заранее заданном порядке, что существенно ускоряет процесс сейсморазведочных работ на поверхности различных сред. В частности, предусмотрен способ скоростного сбора сейсмических данных высокого разрешения, в котором используют электромагнитные импульсные невзрывные источники, принцип действия которых позволяет возбуждать сейсмические сигналы на

поверхности различных сред, не прекращая своего движения. Скорости движения источников и удельное давление на поверхность среды контролируются и уточняются в процессе сбора данных на основании требований к качеству сейсмических данных или требованием к снижению воздействий на окружающую среду.

В 2005-2020 годах ОАО «Енисейгеофизика» и ПАО «ГЕОТЕК Сейсморазведка» были проведены опытные речные и наземные работы по опробованию технологии. Визуальные отличия и инструментальные измерения экспертной обработки стандартной технологии и предложенного способа показывают, что на разрезах четко фиксируется дополнительная детальность глубинного строения среды, лучше суммируются и прослеживаются отражения в верхней части разреза. Получен двукратный рост производительности сейсморазведочных работ и возможное снижение затрат на 20-30% ([2], [5])

Методика производства работ

Настоящая статья написана по результатам выполненных опытно-методических работ (ОМР). Целью ОМР являлось опробование и оценка технологии возбуждения в движении для производства 2D сейсморазведочных работ для изучения верхней части разреза (до 500 м) на рудном месторождении. Полевые ОМР

были выполнены осенью 2021 года на действующем промышленном объекте ПАО «Норильский Никель» (г. Норильск, Красноярский край). Работы выполнялись для уточнения геологического строения для решения гидрогеологических задач.

Возбуждение колебаний осуществлялось при помощи импульсного электромагнитного источника колебаний – СЭМ-50. В качестве регистрирующей системы использовалась бескабельная система GSX (производство компании «Geospace Technologies»). Использование бескабельных нодальных систем регистрации, записывающих данные в непрерывном режиме, является наиболее оптимальным для технологии возбуждения в движении. В качестве сейсмоприемников использовались геофоны российского производства GS-ONE с собственной частотой 10 Гц, выпускаемые по оригинальной документации разработчика на предприятии «Геоспейс Технолоджис Евразия» в Уфе.

В ходе опытных работ был отработан один профиль. Работы на профиле осуществлялись в двух режимах отстрела: стандартном режиме и режиме отстрела в движении. Положение пунктов приёма оставалось неизменным в обоих режимах. Профиль располагался по обочине автомобильной дороги.

Рабочий момент производства отстрела приведен на фото на рисунке 1.

▼ Рис. 1. Рабочие моменты производства отстрела.



► Табл. 1.
Сравнение
методик
производства
работ
в двух
режимах.

Методика работ	Стандартная	В движении
Система наблюдения	Смешанная	Смешанная
Количество регистрируемых активных каналов	265	265
Длина профиля, м	1 320	1 320
Максимальная кратность наблюдений	291	384
Расстояние между ПП, м	5	5
Расстояние между ПВ, м	5	3,8 (среднее значение)
Минимальное удаление ПВ-ПП, м	1.6	1.5
Максимальное удаление ПВ-ПП, м	1425	1400
Плотность ПВ на 1 пог. км.	221	286
Плотность трасс на 1 пог. км.	58 700	75 900
Размер бина, м	2.5	2.5
Параметры регистрации		
Шаг дискретизации, мс	0.5	0.5
Длина записи, с	2	2
Параметры возбуждения		
Источник колебаний	СЭМ-50	СЭМ-50
Количество источников в группе	1	1
Количество накоплений	5	1
Прием упругих колебаний		
Сейсмоприёмник	GS-ONE	GS-ONE
Количество сейсмоприемников в группе	1	1

Стандартный режим отстрела подразумевал обработку каждого ПВ с предварительным выходом на проектное положение ПВ, остановкой импульсного источника СЭМ-50 и последующим отстрелом. Для увеличения соотношения сигнал/помеха, на каждом ПВ осуществлялось по 5 накоплений. Режим работы в движении подразумевал обработку каждого ПВ по ходу движения импульсного источника СЭМ-50. Скорость движения тягача составляла 2-3 км/ч, отстрел осуществлялся каждые 5-7 секунд. Среднее расстояние между ПВ по технологии возбуждения в движении

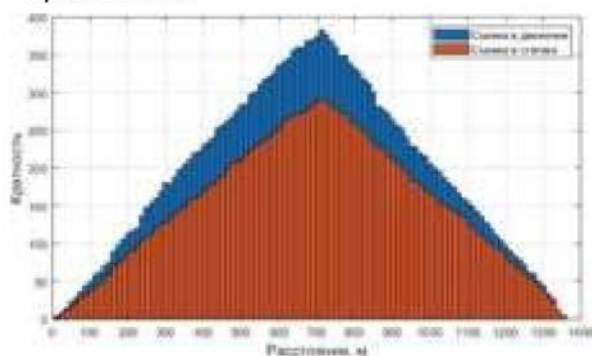
составило 3,8 м. Координаты каждого ПВ снимались в момент выстрела источника при помощи дифференциального GPS, подключённого к системе синхронизации. Полученные координаты автоматически записывались в электронный журнал.

В таблице 2 приведены сравнения ключевых параметров методики наблюдения в статике и в движении.

За счёт уменьшения шага по ПВ кратность в бине, полученная в съёмке в движении, была выше, чем для стандартного режима отстрела (см. рисунок 2).

Следует отметить, что регистрация бескабельной нодальной системой, записывающей данные в непрерывном режиме, является предпочтительнее для реализации технологии возбуждения в движении, чем регистрация кабельной системой. Например, реализация технологии возбуждения в движении в регистрирующей системе Sercel 428XL осуществляется записью в непрерывном режиме «microseismic». Технической особенностью данного режима является тот факт, что данные записываются со сме-

▼ Рис. 2. Сопоставление графиков кратности.



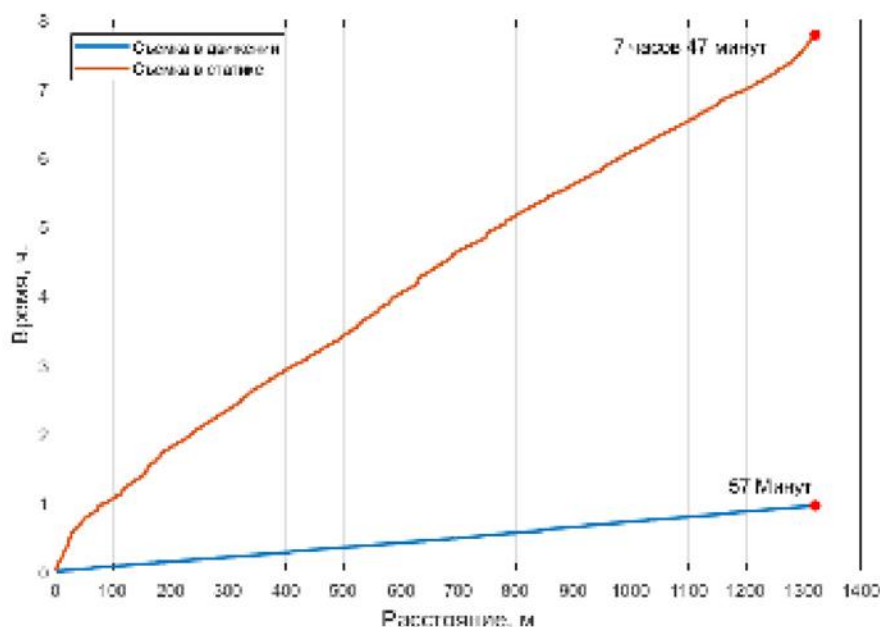


Рис. 3.
Сравнение времени
производства
отстрела
в двух режимах.

щением нуля, что приводит к дополнительным процедурам коррекции нуля на этапе ввода данных в обрабатывающую систему. В процессе регистрации бескабельной нодальной системой запись осуществляется непрерывно. Во время отстрела точное время сохраняется в интерфейс системы синхронизации источников и в дальнейшем это время используется для нарезки и выгрузки данных. Таким образом, работа источника осуществляется автономно от работы регистрирующей системы.

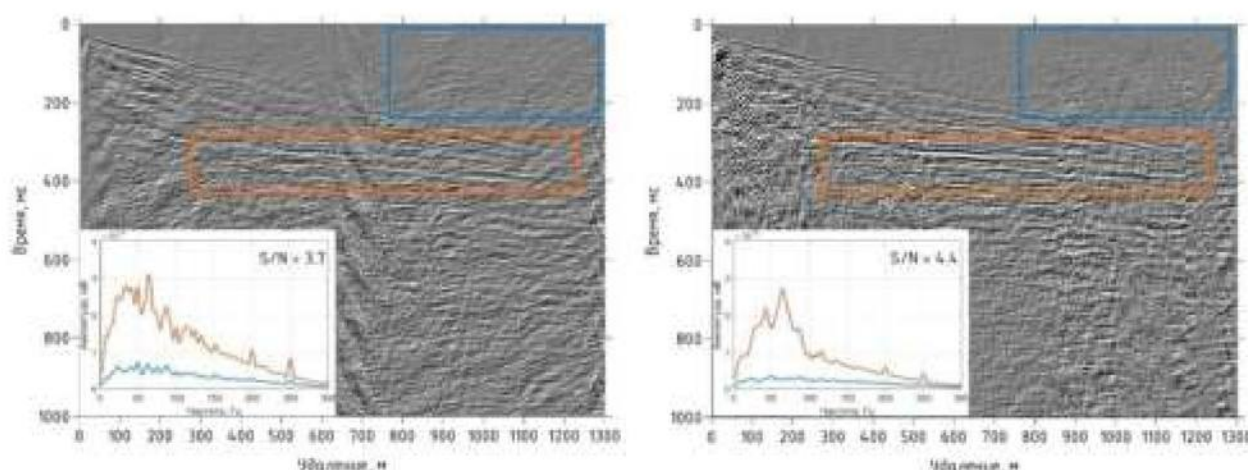
Безусловным преимуществом применения системы регистрации GSX является уменьшение числа полевых рабочих и задействованной техники для производства работ. Раскладка, установка и проверка работоспособности регистрирующей системы на профиле заняла 4 часа для бригады из 4 человек. Дополнительным преимуществом применения системы регистрации GSX для производства работ в районе действующих рудников ПАО «Норильский Никель» являлось отсутствие кабелей. Это позволило размещать профили непосредственно на территории промышленных объектов между существующими объектами.

На рисунке 3 приведены значения времени отстрела, выполненного в двух режимах. Общее время отстрела по стандартной методике (310 пунктов возбуждений по 5 накоплений, итого: 1 550 ударов) заняло в сумме 7 часов 47 минут, общее время отстрела в движении (400 пунктов возбуждений) заняло 57 минут.

Анализ одиночных сейсмограмм

На рисунке 4 приведены суперсейсмограммы ОГТ (база осреднения – 20 точек), полученные в двух режимах отстрела: стандартном режиме и режиме отстрела в движении. На обеих сейсмограммах в широком диапазоне удалений прослеживается опорный отражающий горизонт с уровнем t_0 – 270 мс (эффективная скорость до горизонта 4 500 м/с, глубина до горизонта 600 м).

По приведенным сейсмограммам были рассчитаны амплитудные спектры в окнах, содержащих полезный сигнал (отражённая от опорного горизонта волна) и микросейсм. В этих же окнах был рассчитан среднеквадратический уровень сигнала и микросейсм, получено значение соотношения сигнал/микросейсм.



▲ Рис. 4. Суперсейсмограммы ОГТ.

Рассчитанное соотношение сигнал/микросейсм на сейсмограммах после суммирования накоплений, полученных по стандартной методике, – 4,4, для одиночных сейсмограмм, полученных в движении, – 3,7. Работы на профиле проводились на территории промышленного предприятия, работающего в круглосуточном режиме. Этим обусловлен высокий уровень помех и относительно низкие значения соотношения сигнал/микросейсм. Тем не менее, как и следовало ожидать, соотношение сигнал/микросейсм выше на сейсмограммах после суммирования накоплений. С другой стороны, спектр полезного сигнала шире на одиночных сейсмограммах, полученных в движении. Ширина спектра сигнала, полученного по стандартной методике – 10-75 Гц, в движении – 10-85 Гц. В обоих случаях ширина спектра рассчитывалась таким образом, чтобы площадь спектра от нижней до верхней границы составляла половину площади всего спектра.

Обработка данных

Для обработки использовался программный комплекс RadExPro, имеющий в своем составе полный набор инструментов учета ВЧР и работы с сейсмограммами. Сейсмический материал был зарегистрирован в зоне действующего

рудника при постоянном присутствии работающей техники и других источников техногенных помех.

Методика обработки опиралась на геологические представления о районе работ, а именно наличие базальтовых покровов со слабоконтрастными, акустически невыразительными отражающими границами, залегающими местами со значительными углами наклона. Обработка данных была направлена на подавление основных волн-помех, выделение отраженных волн и отображение разломов в волновом поле окончательных разрезов.

Последовательность процедур, которая была выполнена в ходе обработки обоих наборов данных приведена в таблице 2.

Граф обработки, в целом, был идентичен, за исключением того, что статические и кинематические поправки подбирались индивидуально для каждого из профилей. Результат обработки данных, полученных по двум методикам (стандартная и технология возбуждения в движении), приведены на рисунке 5.

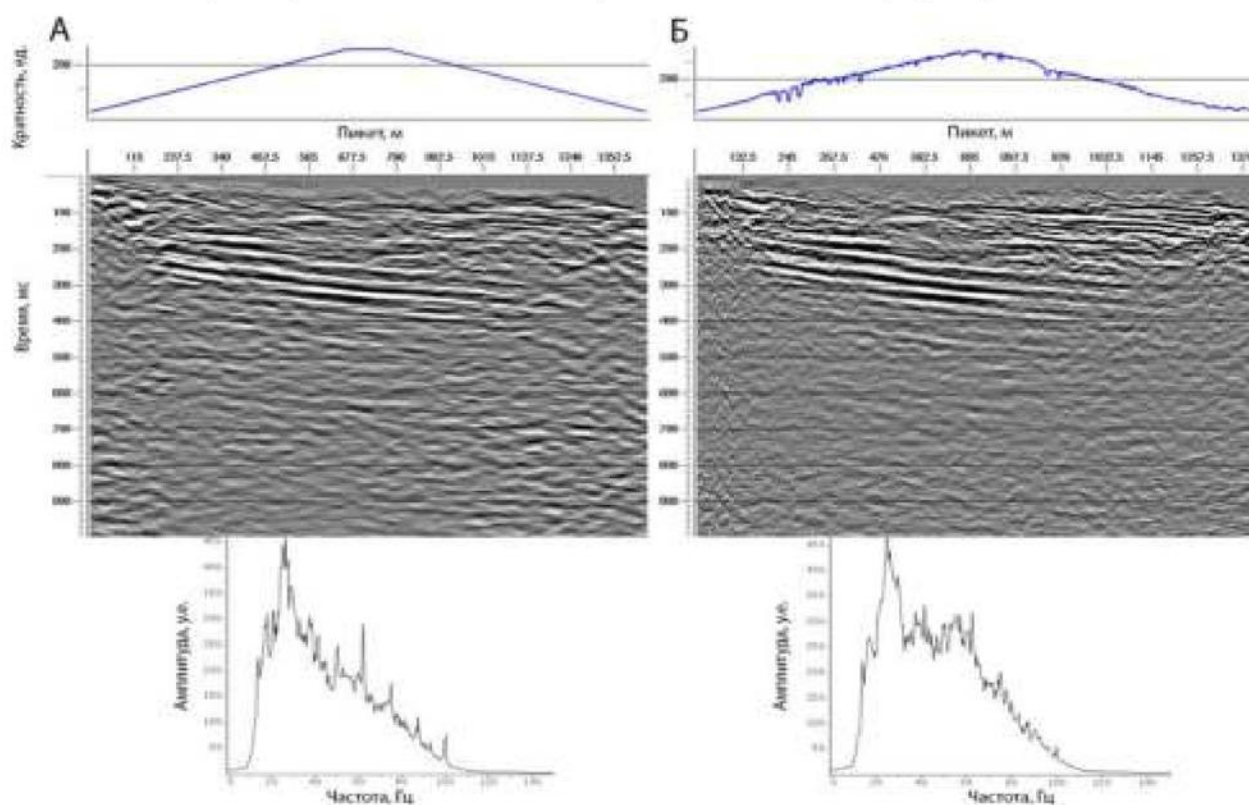
Анализ полученных результатов

Как отмечалось выше, сейсмограммы, зарегистрированные по технологии возбуждения в движении, ожидаемо имеют более низкое соотношение сиг-

1.	Описание и контроль системы наблюдения:
1.1	ввод полевых данных в программный комплекс RadExPro;
1.2	Криволинейное бинирование, присвоение геометрии сейсмическим данным;
1.3	редакция бракованных трасс/сейсмограмм;
2.	Учет влияния верхней части разреза:
2.1	прослеживание времен первых вступлений преломленных волн по сейсмограммам ОПВ до максимально возможных удалений;
2.2	построение глубинно-скоростной модели ВЧР и расчет статических поправок до финальной линии приведения 300 м со скоростью замещения 4000 м/с;
3.	Корректирующая фильтрация:
3.1	коррекция амплитуд за геометрическое расхождение;
3.2	поверхностно-согласованная нормировка амплитуд за источник/приемник;
3.3	ослабление поверхностных и звуковых волн, подавление высокоамплитудных помех по сейсмограммам ОПВ/ОПП;
3.4	поверхностно-согласованная нормировка амплитуд за источник/приемник;
3.5	подавление поверхностных волн-помех с предварительным уплотнением данных для выхода из алейсинга;
3.6	поверхностно-согласованная минимально-фазовая деконволюция;
3.7	спектральное отбеливание;
3.8	полосовая фильтрация в широком диапазоне частот;
4	Коррекция статических и кинематических поправок:
4.1	создание специального набора данных для коррекции остаточной статики;
4.2	итеративный анализ скоростей суммирования и автоматическая коррекция статических поправок;
5.	Суммирование и обработка разреза:
5.1	автоматическая регулировка усиления в окне 1000 мс
5.2	суммирование по ОГТ
5.3	когерентная фильтрация по собственным векторам;
5.4	полосовая фильтрация в диапазоне 6-12-50-70 Гц;
5.5	однооконная амплитудная балансировка.

▲ Табл. 2. Граф обработки данных МОВ-ОГТ.

▼ Рис. 5. Сопоставление временных разрезов, полученных по стандартной технологии (слева) и по технологии возбуждения в движении (справа).



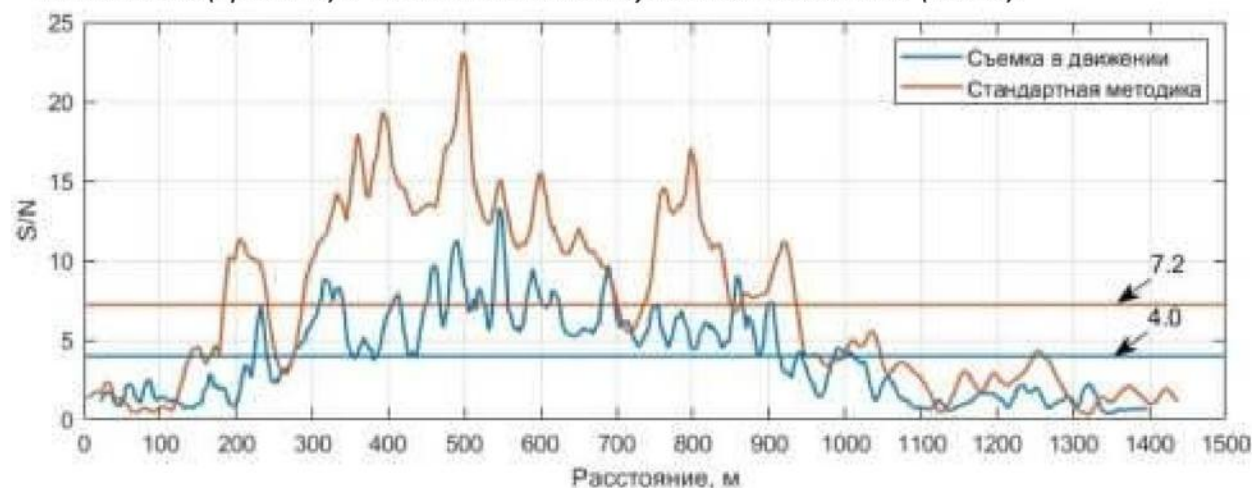
нал/помеха, чем после суммирования накоплений. Однако в процессе обработки за счет более плотного шага по пунктам возбуждения реализуется статистический эффект при выполнении поверхностно-согласованных процедур – деконволюция, нормировка амплитуд за ПВ и ПП, расчет статических поправок. Например, для данных возбуждения в движении значительно лучше сработали алгоритмы коррекции остаточных статических поправок – надежное решение удастся получить уже на первой итерации. Этот эффект наблюдался и ранее при проведении подобных работ – при тестировании движущихся источников на полигоне в Хакасии, а также при выполнении речных полевых работ водными электромагнитными движущимися источниками ВЭМ-50 (р. Нижняя Тунгуска, 2012-2014 г.) [4] и водными пушками на р. Лена в 2019 г. [7]. Современные процедуры обработки позволили подавить основной фон высокоамплитудных и регулярных помех, что нивелировало различия в соотношении сигнал/помеха между двумя методиками на обработанных сейсмограммах. Кроме того, данные, полученные по технологии возбуждения в движении, имеют более высокую кратность, что позволяет лучше реализо-

вать преимущества метода ОГТ по части подавления нерегулярных помех в процессе суммирования.

Сравнительный анализ окончательных разрезов (рисунок 5) показывает, что в результате применения технологии возбуждения в движении получен более разрешенный разрез, особенно в интервале времен 0-200 мс. Это связано, прежде всего, с отказом от суммирования накоплений в точке возбуждения. Кроме того, в этом же интервале времен наблюдается и лучшая прослеживаемость отраженных волн, что, по всей видимости, связано как с более точными статическими и кинематическими поправками, так и с общим синергетическим эффектом комплекса процедур обработки.

К положительным сторонам стандартной методики стоит отнести более высокую энергетику сигнала. На рисунке 6 приведены графики соотношения сигнал/шум вдоль опорного горизонта (200-400 мс). Максимальные значения соотношения сигнал/шум для стандартной методики достигают 25, для технологии возбуждения в движении – до 17. На участках разреза с полной кратностью (кратность выше номинальной), отношение сигнал/шум, рассчитанное для

▼ Рис. 6. График соотношения сигнал/шум вдоль опорного горизонта для стандартной технологии (красный) и по технологии возбуждения в движении (синий).



стандартной методики, почти везде выше, чем для рассчитанного для технологии возбуждения в движении. Среднее соотношение сигнал/шум для стандартной методики – 4,0, для методики в движении – 7,2.

Выводы

В результате обработки данных, полученных по стандартной методике и по технологии возбуждения в движении, были получены разрезы, со схожими амплитудно-частотными характеристиками. При этом, время производства отстрела на профиле сократилось минимум в 5 раз.

Мощности импульсных электромагнитных источников СЭМ-50 оказалось достаточно для производства работ для изучения верхней части разреза даже с учётом высокого уровня помех от действующего производственного объекта. Использование для регистрации колебаний бескабельных нодальных систем позволило обеспечить автономную работу бригады источника и уменьшить количество полевых рабочих.

Дальнейшее развитие методики, (выпуск источников для суши в санном и колесном вариантах с пиковым усилием до 100 тонн, модернизация систем их управления, синхронизации и позиционирования) позволит организовать производительную наземную технологию получения высокоплотных сейсмических данных с однократным воздействием на поверхность изучаемой среды (без накоплений).

Благодарности

Коллектив авторов благодарит компанию ООО «НН Технические сервисы» за консультационную помощь в выборе и согласовании участка для опытно-методических работ, выполненных ООО «Неоген» в 2021 г.

Литература

1. Детков В.А. К 40-летию импульсного источника «Енисей»: вчера, сегодня, завтра. Приборы и системы разведочной геофизики 4(71)/2020
2. Детков В.А., Баландин П.В., Копылов М.А. Технология возбуждения упругих колебаний в движении GLIDE. Приборы и системы разведочной геофизики 2(63)/2019
3. Детков В.А., Зарипов С.М. Повышение экономической эффективности сейсморазведочных работ на нефть и газ. Нефть. Газ. Новации. №1/2017
4. Ефимов, А.С. М.Ю. Смирнов, Г.Д. Ухлова, Е.В. Мосягин, Е.Г. Келлер, Т.Р. Кудрина Новые данные о строении Туруханской зоны дислокаций на основе комплексной интерпретации речных сейсморазведочных работ и геологических маршрутов // Геология и геофизика. – 2017. – т. 58. – № 3-4. – С. 553-564.
5. Кузнецов Е.С., Баландин П.В., Дробинский А.А., Череповский А.В. Результаты анализа полевых данных ОМР МОГТ-3D, полученных по технологии возбуждения сигнала в движении GLIDE. Приборы и системы разведочной геофизики 1(68)/2021
6. Череповский А.В. Наземная сейсморазведка нового технологического уровня. ООО «ЕАГЕ Геомодель». 2016
7. Шапорина М.Н., Мосягин Е.В., Садур О.Г. Геолого-геофизическое строение Предверхоянского краевого прогиба и прилегающих территорий по данным нового сейсморазведочного речного профиля МОГТ-2D и переинтерпретации архивных материалов. // Геология нефти и газа. – 2021. – № 5.



ГЕОФОНЫ БЕЗ КОРПУСА

- Вертикальные;
- Горизонтальные;
- Всенаправленные;
- Скважинные.

ГРУППЫ ГЕОФОНОВ

- Полевые;
- Трёхкомпонентные;
- Болотные.



РАЗЪЕМЫ

- Для групп геофонов;
- Для подключения к станции;
- Герметичные;
- Комплектующие к разъемам.

КАБЕЛЬНАЯ ПРОДУКЦИЯ

- Телеметрические кабели;
- Линейные сейсмические кабели до 100 жил;
- Сейсмокосы всех типов;
- Кабель сейсмический;
- Кабель электроразведочный.



Сопоставление характеристик сейсмических записей при различных типах группирования сейсмоприёмников

- Зарипов С.М., Шангареев Р.М., Засыпкин А.В., Трофимов А.В., Череповский А.В., АО «Росгеология».
- Кыштым Д.С., АО «Якутскгеофизика», АО «Росгеология».
- Ковальский Д.Г., Афанасьева С.А., Кривощёков А.Л., Бирюкова С.В., ОП «Иркутское геофизическое подразделение», АО «Росгеология».

Описаны опытно-методические работы (ОМР), выполненные в регионе Восточной Сибири с целью сопоставления сейсмических записей, получаемых при использовании стандартных 12-приборных групп геофонов на базе 25 м и 3-приборных групп, закреплённых на металлической площадке («точечная регистрация»). Показано, что традиционное группирование сейсмоприёмников не обеспечивает эффективного подавления волн-помех в случае изменчивых поверхностных и приповерхностных условий и может негативно сказываться на полезном сигнале. При установке элементов группы «в точку» отсутствуют такие эффекты как направленность и ослабление высоких частот записи. Применение 3-приборной группы «в точке» увеличивает доминантную частоту в среднем на 4–5 Гц, что повышает разрешённость записи.

Введение

В наземной сейсморазведке 2D и 3D для регистрации упругих колебаний традиционно применяются группы сейсмоприёмников, и электрические сигналы на выходе приёмников, соединённых последовательно или параллельно в одну группу, суммируются. Как известно, этот приём обеспечивает ослабление случайных и регулярных помех, повышение отношения сигнал/помеха и увеличение чувствительности.

Но нельзя забывать, что выбор группы является компромиссным решением, учитывающим противодействующие факторы [1]: оптимальные группы должны подавлять регулярные помехи с определёнными длинами волн, а также случайные помехи, но пропускать без искажений полезные отражённые волны. Традиционно в наземной сейсморазведке применяются продольные группы длиной 25 м с количеством сейсмоприёмников в группе от 9 до 12. В отдельных случаях применялись и площадные

группы – в форме креста, квадрата, многоугольника или окружности, – но на практике теоретические выгоды перечёркивались сложностью и времязатратностью установки таких групп.

Во многих ситуациях, особенно при изменчивых поверхностных условиях и при высокоскоростной ВЧР, даже короткие группы существенно искажают амплитудно-частотные характеристики (АЧХ) полезных сигналов из-за следующих факторов [2]:

- 1) статические сдвиги внутри групп (из-за неоднородностей ЗМС и неровностей поверхности наблюдений);
- 2) неидентичность условий установки и невертикальность приёмников;
- 3) невертикальность лучей отражённых волн кривизна их волнового фронта на больших удалениях от источника;
- 4) азимутальная анизотропия при сейсморазведке 3D (то есть зависимость амплитуды регистрируемых волн от азимута их подхода к пунктам приёма).

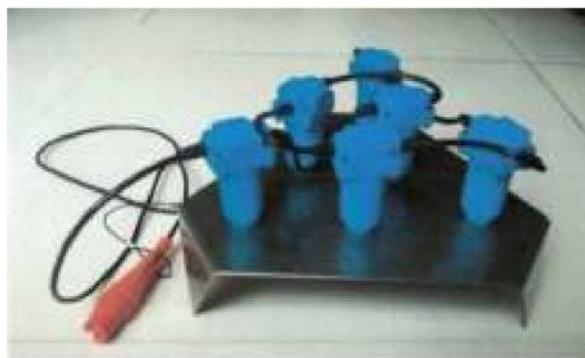
Если говорить об условиях проведения геофизических исследований в России – а

это, как правило, сложные поверхностные и приповерхностные условия (особенно в Восточной Сибири), – то анализ волновых зондов показывает, что потрассные статические сдвиги на интервалах до 25 м зачастую составляют 5–10 мс, а при сочетании неоднородной ВЧР и изрезанного рельефа достигают 15–20 мс и больше. В результате несинфазного сложения сигналов группами сейсмореприёмников можно не только подавить высокочастотную часть полезного сигнала, но и вообще потерять корреляцию как отражённых волн, так и более низкочастотных первых вступлений преломлённых волн.

Точечная регистрация

Под точечной регистрацией не обязательно понимают одиночный сейсмореприёмник на каждом пункте приёма. Это может быть та же стандартная группа из 12 приёмников, поставленная в грунт компактно, на площадке небольшого размера. В последние годы появились высокочувствительные геофоны (80–85 В/(м/с)), которые всего в полтора-два раза уступают по чувствительности стандартной группе из 12 параллельно-последовательно соединённых геофонов, таких как GS-20DX (27,5 В/(м/с) каждый, и общая чувствительность группы 2х6 равна 165 В/(м/с)). В тех случаях, когда Заказчик предпочитает точечную регистрацию, вместо приобретения одиночных высокочувствительных геофонов подрядчик может применять небольшие группы из 2–3 или 6 стандартных геофонов, смонтированных на металлической подставке (рис.1 и 2).

Опытные работы, выполненные многими сейсморазведочными компаниями в различных регионах нашей страны, дали устойчивый результат: с увеличением количества геофонов в группе от 2–3 до 6, а тем более до 12, интенсивность записи пропорционально



▲ Рис. 1. Точечная 6-приборная группа геофонов на металлической подставке.



▲ Рис. 2. Точечная 3-приборная группа геофонов на металлической подставке.

возрастает, но при приведении амплитуд к одному уровню сейсмограммы становятся практически идентичными и неотличимыми друг от друга. Это говорит об избыточности установки «в точку» стандартной группы из 12 геофонов.

Чтобы показать преимущества точечной регистрации сокращёнными группами геофонов, в начале мая 2021 г. мы провели профильные ОМР в Восточной Сибири силами одной из сейсмопартий АО «Якутскгеофизика». Были параллельно разложены две активных расстановки длиной 10 км (рис.3): со стандартными группами по 12 геофонов на базе 25 м и с 3-приборными точечными группами, закреплёнными на металлических подставках (рис.2). Количество активных каналов в центральной симметричной расстановке было равно 401 (ПВ на 201 канале), шаг ПП = 25 м, шаг ПВ = 50 м.

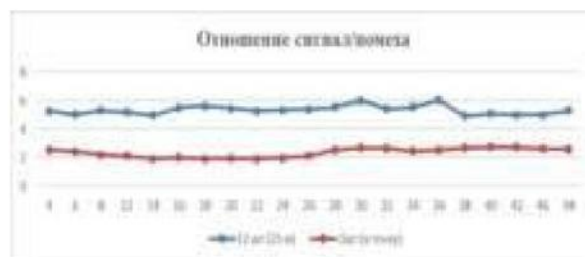


▲ Рис. 3. Параллельно разложенные две линии приёма со стандартными 25-метровыми линейными группами геофонов и 3-приборными группами «в точке».

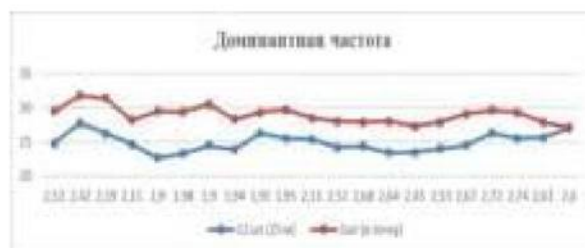
Расстановка линии приёма с 3-приборными точечными группами осуществлялась значительно быстрее, чем раскладка параллельной линии приёма со стандартными 25-метровыми группами геофонов. Кроме того, закреплённые на платформах геофоны обеспечивали более устойчивое вертикальное положение, чем индивидуальные геофоны, установленные в плотный снег.

Обработка материалов ОМР

Анализ и обработка материалов опытных работ производились в обрабатывающей системе SPS-PC. Для оценки качества полученных материалов были рассчитаны следующие значения на дальней половине каналов (удаления 2500–5000 м): средние амплитуды сигнала (A_{sig}) в окне 1800–2500 мс и микросейсм (A_{mic}) в окне 50–350 мс, их соотношение (A_{sig}/A_{mic}), а также доминантная частота (F_{dom}). Расчёт атрибутов проводился в тех же окнах, которые использу-



▲ Рис. 4. Графики отношения сигнал/помеха.



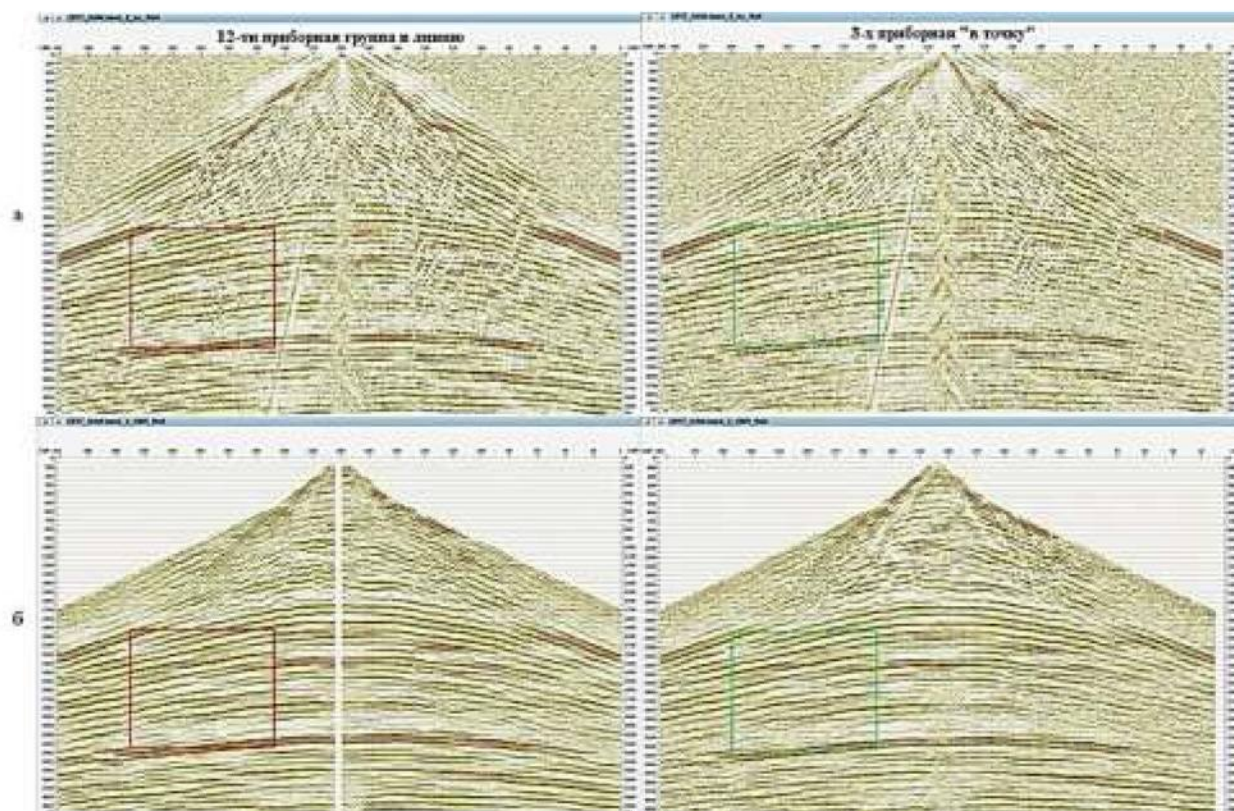
▲ Рис. 5. Графики доминантной частоты.

ются при производственных работах. Амплитуда сигнала, а также отношение сигнал/помеха для стандартной группы, установленной на базе 25 м, больше, чем амплитуда сигнала от 3-приборной группы, установленной в «точку», в 2–2,5 раза (рис.4). При этом доминантная частота для 3-приборной группы превышает доминантную частоту для стандартной линейной группы на 2,3–6,8 Гц (рис.5).

Была проведена предварительная обработка двух массивов сейсмограмм с подавлением различного типа помех, включая поверхностную, звуковую и других волн-помех, имеющих линейную кинематику. На рис.6 проиллюстрирована эффективность выполненных процедур шумоподавления, благодаря которым стали уверенно прослеживаться все отражающиеся горизонты на временах пробега до 3 с.

Результаты ОМР

При сравнении плюсов и минусов двух вариантов регистрации сейсмических данных можно сделать следующие выводы:



▲ Рис. 6. Исходные сейсмограммы (вверху) и прошедшие предобработку (внизу). Слева – регистрация стандартными группами по 12 геофонов; справа – точечная регистрация 3-приборными группами.

1. Отношение сигнал/помеха на исходных сейсмограммах, полученных с помощью стандартных линейных групп, выше за счёт некоторого снижения уровня случайного шума, что обусловлено статистическим эффектом группирования на базе 25 м.

2. Группирование сейсμοприёмников рассчитано на подавление волн-помех в довольно узком диапазоне частот и кажущихся скоростей, и, соответственно не позволяет полностью подавить волны-помехи при регистрации, и, кроме того, негативно сказывается на полезном сигнале, что проявляется в искажениях динамических характеристик средне- и высокочастотных составляющих.

3. При установке элементов группы в точку отсутствуют такие нежелательные эффекты как направленность (при работах 3D) и ослабление высоких частот

записи. Сохраняется вся полоса частот регистрируемого волнового поля. Применение 3-приборной точечной группы при несколько более низком уровне записи позволило в нашем случае повысить доминантную частоту в среднем на 4–6 Гц, что повышает разрешённость записи.

4. Поскольку современный математический аппарат позволяет достаточно эффективно подавлять волны-помехи различного типа на начальных стадиях обработки, сохранение динамики регистрируемого полезного сигнала выходит на первое место. Повышение частоты записи и сохранение динамики путём применения точечной регистрации данных гораздо важнее некоторого снижения уровня регулярных и случайных помех, достигаемого за счет статистического эффекта линейных групп

приёмников.

Выводы. По нашему мнению, группирование трёх сейсмоприёмников, установленных «в точку», вполне отвечает современным тенденциям в наземной сейсморазведке. В технологическом отношении точечные группы устанавливаются намного быстрее, чем стандартные 25-метровые линейные группы, и шанс порыва оборудования сводится практически к нулю. При весенней распутице 3-приборные группы стоят устойчиво, в то время как в случае 25-метровых групп приходится постоянно поправлять упавшие сейсмоприёмники, что увеличивает нагрузку на персонал сейсморазведки и требует времени на восстановление приёмной линии.

Применение точечной регистрации сейсмических данных позволяет увереннее решать геологические задачи, поскольку увеличение доминантной частоты обеспечивает повышение разрешённости записи и сохранение высокого качества прослеживания отражающих границ.

Литература

1. Сейсморазведка. Справочник геофизика, 1981, Под ред. И.И. Гурвича и В.П. Номоконова. – Москва, Недра, 464 с.
2. Череповский А.В., 2017, Наземная сейсморазведка нового технологического уровня. Издание второе, дополненное. – Москва, ЕАГЕ Геомодель, 252 с.

Подробнее об авторах

Зарипов

Салават Мияссарович

Вице-президент, Директор по геофизическим работам АО «Росгеология». Опыт работы по специальности около 40 лет. Область интересов: геологоразведочные работы на нефть и газ, наземные

и скважинные сейсморазведочные исследования, аппаратура и методика сейсморазведочных работ.

Шангареев

Ренат Мухаметгалиевич

Директор департамента разведочной геофизики АО «Росгеология». Окончил Тюменский Государственный Нефтегазовый Университет (ТюмГНГУ) в 1999 г. Опыт работы по специальности более 20 лет. Область интересов: геологоразведочные работы на нефть и газ, наземные сейсмические исследования, аппаратура и методики сейсморазведочных работ.

Засыпкин

Александр Владимирович

Главный менеджер-геофизик отдела проектирования и геофизических технологий в Дирекции по геофизическим работам АО «Росгеология». Окончил Иркутский государственный технический университет в 2004 году по специальности «геофизические методы поисков и разведки месторождений полезных ископаемых» и Байкальский государственный университет экономики и права в 2008 году по специальности «экономическая теория». Опыт работы в отрасли около 20 лет.

Трофимов

Алексей Владимирович

Руководитель направления в Дирекции по геофизическим работам АО «Росгеология». Окончил Казанский государственный университет по специальности «Геофизические методы поисков и разведки месторождений полезных ископаемых» в 1997 г. Автор и соавтор 14 научных публикаций и докладов.

Область интересов: аппаратура, методика и технология сейсморазведочных работ, обработка и интерпретация сейсмических данных.

Череповский

Анатолий Викторович

Советник Первого заместителя Ген. директора АО «Росгеология», кандидат техн. наук. Окончил МГУ им. Ломоносова в 1980 г. Опыт работы в отрасли более 40 лет. Область интересов: аппаратура и методики сейсморазведочных работ. Автор и соавтор 42 научных публикаций и докладов, 2 монографий по наземной сейсморазведке и англо-русского словаря по прикладной геофизике. Автор образовательного курса лекций ЕАГЕ.

Кыштымов

Денис Сергеевич

Начальник сейсмоотряда сейсморазведочной партии №8 АО «Якутскгеофизика», АО «Росгеология». Окончил Иркутский Государственный Технический Университет в 2006 г. по специальности «Геофизические методы поисков и разведки месторождений полезных ископаемых». Опыт работы по специальности более 15 лет. Область интересов: аппаратура и методики наземных сейсморазведочных работ.

Ковальский

Денис Геннадьевич

Главный геофизик ОП «Иркутское геофизическое подразделение», начальник геолого-геофизического отдела АО «Якутскгеофизика», АО «Росгеология». Окончил Уральский Государственный Горный Университет в 2007 г. Профессиональный опыт – 14 лет. Область интере-

сов: наземные сейсморазведочные работы. Автор 1 публикации.

Афанасьева

Светлана Александровна

Начальник геологического отдела Обособленного подразделения «Иркутское геофизическое подразделение», АО «Росгеология». Окончила Иркутский государственный университет в 2004 г. Автор и соавтор 3 статей.

Кривощёков

Андрей Леонидович

Начальник отдела комплексной интерпретации, подготовки отчетов и баз данных ОП «Иркутское геофизическое подразделение», АО «Росгеология». Окончил Иркутский политехнический институт в 1981 г. Опыт работы в отрасли 40 лет. Автор и соавтор 4 статей.

Бирюкова

Светлана Викторовна

Ведущий геофизик партии обработки и полевого сопровождения ОП «Иркутское геофизическое подразделение», АО «Росгеология». В 1995 году окончила Иркутский государственный технический университет по специальности «геофизические методы поисков и разведки месторождений полезных ископаемых». Опыт работы в отрасли 35 лет.

Выбор кодовой функции при инженерных изысканиях с использованием кодоимпульсного накопления колебаний

- Кострыгин Ю.П., ООО «Новоросморгео», г. Новороссийск
- Хасан Р.Е., ООО «НК «Роснефть»-НТЦ», г. Краснодар

В настоящее время при проведении инженерных изысканий, в основном, для возбуждения колебаний используются ручные кувалды, что в значительной степени облегчает выполнение работ, например, в горных условиях, где применение транспортных средств становится проблематичным. Вместе с тем сигналы, возбуждаемые кувалдой, в принципе не могут вдоль профиля иметь стабильную динамику, что снижает эффективность сейсмических наблюдений, предусматривающих многократные перекрытия. Более того, во многих случаях даже при кратностях статистического накопления 12-15 при работе с кувалдой не удаётся обеспечить необходимую помехоустойчивость сейсмического метода. В связи с этим безусловный интерес представляют исследования возможности применения для инженерной сейсморазведки малогабаритных переносных кодоимпульсных излучателей, развивающих динамические усилия на грунт 3-5 кН. Такие излучатели обеспечили бы возбуждение более стабильных по динамике сигналов и значительно более высокую помехоустойчивость [1, 3].

При построении технологии инженерных изысканий с применением кодоимпульсного метода важнейшим является вопрос по выбору кодовых функций импульсных последовательностей. Так, в ряде работ авторы указывают на принципиальную возможность использования для кодоимпульсного накопления псевдослучайных кодовых функций [6, 7]. В связи с этим оценим некоторые характеристики ФВК псевдослучайных импульсных последовательностей.

В данном случае в качестве единичного импульса развёрток был взят импульс с колокольной огибающей (1).

$$S_0(t) = [\exp(-\beta^2 t^2)] \cdot \cos(2\pi f_{\text{вид}} t) \quad (1)$$

При этом учитывалось, что, в отличие от нефтегазовой сейсморазведки, при инженерных изысканиях в связи с относительно небольшими расстояниями от источника до точек приёма, а также в связи с неглубоким залеганием целевых горизонтов, продольные полезные колебания характеризуются существенно более высокочастотным составом. Поэтому с учётом полевых материалов, приведённых в работе [3], преобладающая (видимая) частота $f_{\text{вид}}$ единичных импульсов в последовательностях задавалась равной 90 Гц, и соблюдалось условие $\beta/f_{\text{вид}} = 1$. Периоды же следования импульсов изменялись линейно по аналогии с развёртками ЛИП (2).

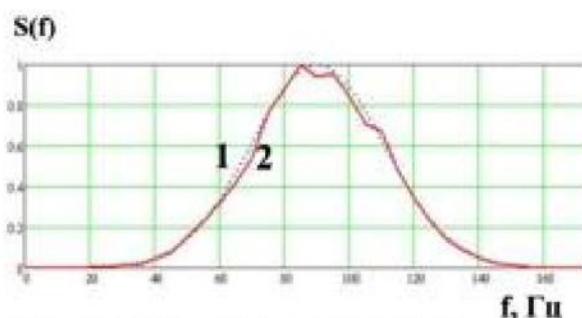
$$T_n = T_0 - \Delta T (n - 1), \quad (2)$$

где T_0 – начальный период следования импульсов;

ΔT – приращение периода следования импульсов;

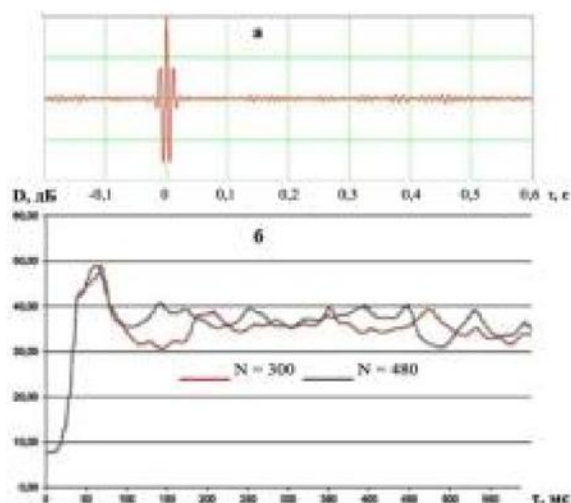
n – номер периода следования.

Однако вдоль псевдослучайной последовательности расчётные периоды T_n распределялись в соответствии с законом случайных чисел. Максимальное же значение периода следования T_{max} равнялось 0,1 с, а максимальная частота следования $F_{\text{max}} = 40$ Гц. Выполненные расчёты показали, что спектр ФВК сформированных последовательностей практически не отличается от спектра единичных импульсов, входящих в развёртку (см. рис. 1).



▲ Рис. 1. Сопоставление спектра единичных импульсов (1), входящих в псевдослучайную последовательность, со спектром главного максимума ФВК этой последовательности (2), $N = 300$.

Указанное обстоятельство свидетельствует о принципиальной возможности применения псевдослучайных последовательностей для решения задач, стоящих перед сейсморазведкой. Некоторые, весьма несущественные различия сопоставляемых спектров, связаны с тем, что при спектральном анализе корреляционных импульсов окно анализа частично захватывало область существования корреляционного фона. И это приводило к незначительным искажениям спектральных характеристик.



▲ Рис. 2. Динамические характеристики псевдослучайных импульсных последовательностей ($F_{min} = 10$ Гц, $F_{max} = 40$ Гц, $f_0 = 90$ Гц): а – ФВК последовательности, $N = 300$; б – графики динамического диапазона корреляционного преобразования $D(\tau)$.

Вместе с тем при проведении сейсморазведочных работ с применением сложных сигналов качество получаемых материалов в значительной степени, как известно, зависит не только от динамики корреляционных импульсов, но и от относительного уровня корреляционного фона. Об интенсивности корреляционного фона при использовании псевдослучайных развёрток можно судить из рисунка 2, на котором показаны ФВК последовательности (а) и графики динамического диапазона корреляционного преобразования $D(\tau)$ (б). Расчёт значений $D(\tau)$ осуществлялся с использованием общепринятой в сейсморазведке формулы (3):

$$D(\tau) = 20 \lg A_{max}/\sigma(\tau), \quad (3)$$

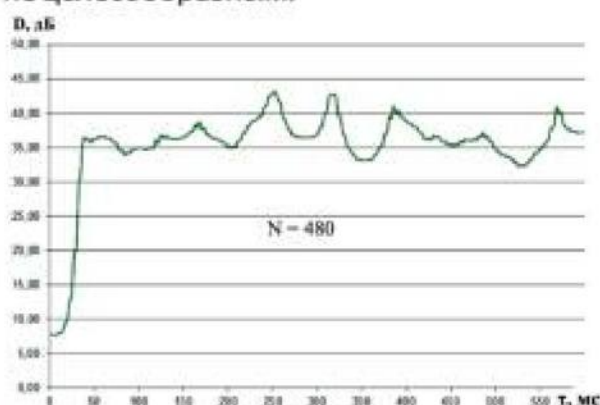
где A_{max} – пиковая амплитуда главного максимума ФВК, а $\sigma(\tau)$ – среднеквадратичная амплитуда корреляционного фона в скользящем окне, протяжённостью 40 мс.

Из рисунка видно, что псевдослучайные последовательности характеризуются относительно высокоамплитудными помехами преобразования. При этом для развёрток с числом импульсов 300–480 динамический диапазон преобразования в основном не превышает 31–40 дБ.

Очевидно, что рассмотренные выше последовательности не строго соответствуют случайным последовательностям, т.к. в данном случае были заданы вполне конкретные значения T_n . Наряду с развёртками, для которых периоды следования импульсов T_n определялись выражением (2) и располагались в соответствии со случайным законом, дополнительно были исследованы и псевдослучайные последовательности, для которых периоды следования также изменялись от 0,1 с до (1/40) с, однако

значения периодов не были детерминированы, а повторные значения T_n в развёртках были исключены. График динамического диапазона корреляционного преобразования таких последовательностей приведён на рисунке 3. Из рисунка следует, что для большей части временного интервала ФВК динамический диапазон преобразования при использовании псевдослучайной последовательности, с недетерминированными значениями периода следования также в основном не превышает 40 дБ.

Таким образом, псевдослучайные кодовые функции характеризуются повышенным корреляционным фоном вследствие чего их применение для инженерной сейсморазведки становится не целесообразным.



▲ Рис. 3. График динамического диапазона корреляционного преобразования $D(\tau)$ псевдослучайной импульсной последовательности с недетерминированными значениями периода следования T_n . ($F_{min} = 10$ Гц, $F_{max} = 40$ Гц, $f_0 = 90$ Гц)

Значительный интерес у специалистов в области сейсморазведки, занимающихся сложными сигналами, всегда был и к двух-полярным дополнительным последовательностям, при использовании которых корреляционный фон в идеальных ситуациях полностью обнуляется [1]. Импульсные последовательности $F_n(t)$ и $'F_n(t)$ называются, как известно, дополнительными, если им соответствуют

функции кода $K(t)$ и $'K(t)$, для которых выполняется условие:

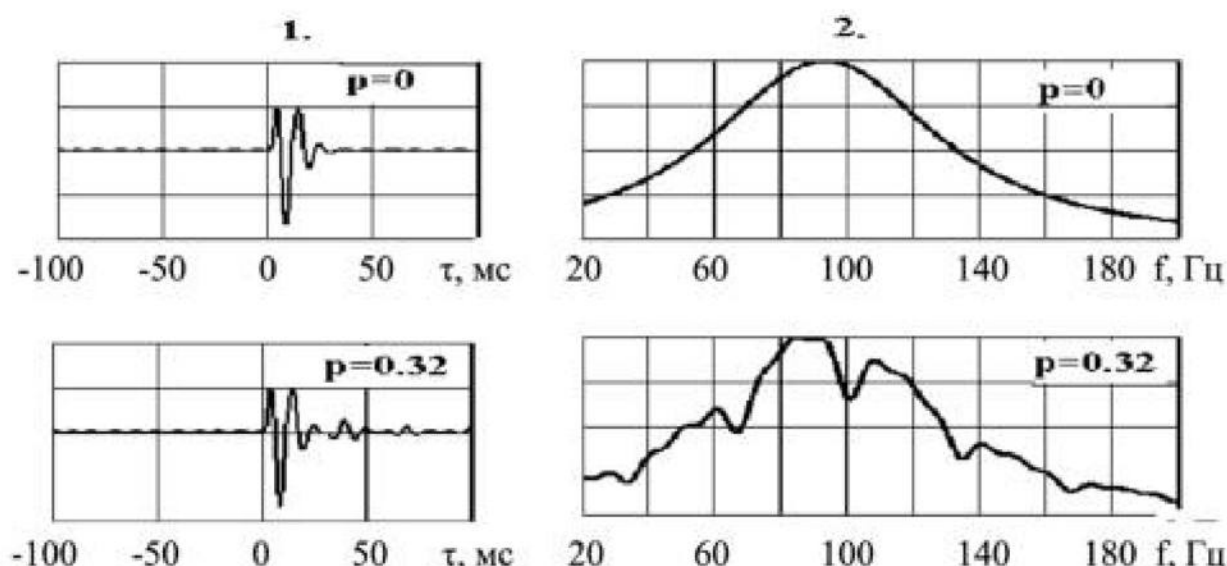
$$U_0(\tau) + 'U_0(\tau) = \begin{cases} 2 & \text{при } \tau = 0, \\ 0 & \text{при } \tau = \pm 1, \pm 2, \dots, \pm(N-1), \end{cases} \quad (4)$$

где $U_0(t)$ и $'U_0(\tau)$ – нормированные ФАК функций $K(t)$ и $'K(t)$.

Т.е. для таких последовательностей сумма ФАК функций кода при одинаковой амплитуде импульсов, входящих в развёртки, равна нулю везде, кроме $\tau = 0$, вследствие чего происходит обнуление корреляционного фона.

Вместе с тем используемые в сейсморазведке импульсные излучатели являются излучателями одностороннего действия. Поэтому реализацию двух-полярных последовательностей можно обеспечить лишь путём возбуждения односторонних воздействий за два сеанса [4]. Сначала возбуждается развёртка, соответствующая временному закону следования импульсов с положительной полярностью, затем развёртка, соответствующая закону следования импульсов с отрицательной полярностью. Вычитая вторую запись из первой, получают аналог виброграммы, которая бы регистрировалась при использовании кодоимпульсных излучателей двухстороннего действия силы. Однако при раздельной отработке импульсов с положительной и отрицательной полярностью частота следования импульсов F не остаётся постоянной, что приводит к амплитудной неидентичности, которая для кодоимпульсных излучателей индукционно-динамического типа удовлетворительно аппроксимируется при $F \geq 5$ Гц степенной функцией [2]:

$$A_{имп} = k \cdot F^p \quad (5)$$



▲ Рис. 4. ФВК (1) и амплитудные спектры главных максимумов ФВК (2) двух-полярных дополнительных последовательностей при раздельной обработке импульсов с положительной и отрицательной полярностью в зависимости от значения параметра p .

Для серийного кодоимпульсного излучателя ИКИ-10/40 параметр p , определяющий неидентичность импульсов в развёртках, равнялся $\approx 0,65$. Но если бы даже удалось создать источник, для которого $p = 0,32$, то есть при увеличении F от 10 до 30 Гц амплитуда уменьшалась бы не более, чем в 1,4 раза, искажения динамики корреляционных импульсов при использовании дополнительных последовательностей оставались бы весьма значительными (см. рис. 4), а динамический диапазон корреляционного преобразования в интервале 0,4 - 0,6 с от главного максимума уменьшился до 55 дБ. В данном случае каждая из дополнительных развёрток включала по 256 импульсов, тактовая частота $\tau_0 = 30$ мс, $f_{\text{вид}} = 90$ Гц, $\beta = 300$, $n = 2,1$.

Таким образом, даже при относительно малых значениях параметра p , равных 0,32, искажения динамики ФВК для дополнительных последовательностей, сформированных путём раздельной обработки импульсов с положительной и отрицательной полярностью, остаются весьма значительными, а динамический диапазон преобразования уменьшается

до 55 дБ. Поэтому использование таких последовательностей для инженерной сейсморазведки представляется в ближайшее время также не целесообразным.

В течение 25-30 лет в Российской Федерации и на Украине при проведении сейсмических исследований достаточно успешно использовали кодоимпульсный метод с применением однополярных развёрток ЛИЧ и ЛИП. Для последовательностей ЛИЧ частота следования импульсов $F(t)$ изменяется по линейному закону во времени, то есть:

$$F(t) = F_n \pm (\Delta F/T) \cdot t, \quad (6)$$

где F_n – начальная частота следования импульсов; ΔF и T – ширина частотного диапазона и длительность развёртки.

Для развёрток же ЛИП – линейно во времени изменяется период следования (2).

В работе [1] показано, что эффективное применение кодоимпульсного накопления колебаний с использованием развёрток ЛИЧ представляется возможным при условии, если максимальная частота следования F_{max} равна или превышает правую граничную

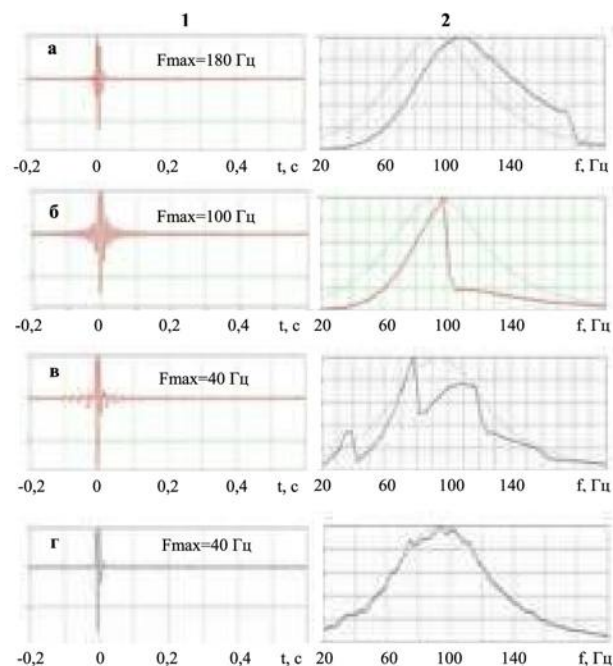
частоту спектра единичных импульсов $f_{гр}$. Соблюдение указанного условия позволяет сохранить высокочастотную часть спектра и сформировать предельно компактные корреляционные импульсы.

Так, на рисунках 5, а и 5, б – приведены спектры ФВК импульсных последовательностей ЛИЧ с максимальной частотой следования 180 Гц и 100 Гц. В данном случае преобладающая частота единичных импульсов равнялась 90 Гц, а правая граничная частота спектра около 200 Гц. Из рисунка 5, а можно видеть, что при $F_{max} = 180$ Гц, то есть при условии, когда F_{max} развёртки приближается к значению граничной частоты спектра единичного импульса $f_{гр}$, удаётся сохранить высокочастотную часть спектра колебаний и сформировать компактный корреляционный импульс. При уменьшении же F_{max} до 100 Гц гармонические составляющие, расположенные правее 100 Гц попадают в полосу гашения, а корреляционный импульс становится чрезвычайно многофазным (см. рис. 5, б).

То есть при инженерных изысканиях с использованием последовательностей ЛИЧ, в связи с высокочастотным, как уже отмечалось выше, составом регистрируемых колебаний, применяемые кодоимпульсные излучатели должны обеспечивать максимальную частоту следования импульсов F_{max} не менее 150-180 Гц.

Однако 10 ноября 2015 года на заседании секции «Углеводородное сырьё» Научно-технического совета ОАО «Росгеология» профессор Тольяттинского государственного университета Ивашин Виктор Васильевич, являющийся наиболее квалифицированным специалистом по разработке электро-механических излучателей, в своём докладе отметил, что в настоящее время можно создать кодоимпульсный излучатель, развивающий динамическое усилие на грунт 3-5 кН с максимальной частотой следования импульсов не более 40 Гц.

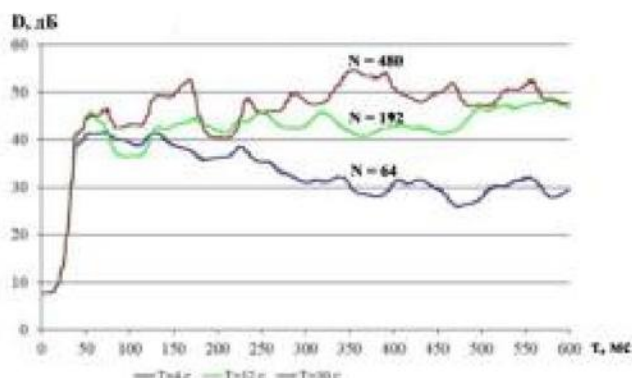
Учитывая это обстоятельство, интерес-



▲ Рис. 5. Главные максимумы ФВК (1) импульсных последовательностей ЛИЧ и ЛИП, а также соответствующие им спектры (2), рассчитанные при различных значениях F_{max} ($F_{min} = 10$ Гц, $T = 20$ с, $f_{вид} = 90$ Гц, $\beta = 300$, $n = 2,1$); точками показан спектр единичных импульсов последовательности; а, б, в – развёртки ЛИЧ, г – развёртка ЛИП.

ным представляется сопоставление эффективности применения для инженерной сейсморазведки импульсных последовательностей ЛИЧ и ЛИП с максимальной частотой следования F_{max} не более 40 Гц. Результаты такого сопоставления приведены на рисунках 5, в, г. Из рисунка 5, в можно видеть, что при регистрации высокочастотных импульсов, главные максимумы ФВК и соответствующие им спектры для последовательностей ЛИЧ, ограниченных максимальной частотой следования 40 Гц, претерпевают весьма значительные искажения. Поэтому развёртки ЛИЧ в настоящее время в принципе не могут быть использованы для решения задач инженерной сейсморазведки.

Вместе с тем, как это видно из рисунка 5, г, для последовательностей ЛИП с максимальной частотой следования F_{max} ,



▲ Рис. 6. Графики динамического диапазона корреляционного преобразования для последовательностей ЛИП ($F_{\min} = 10$ Гц, $F_{\max} = 40$ Гц, $f_{\text{вид}} = 90$ Гц).

равной 40 Гц, при регистрации высокочастотных импульсов ($f_{\text{вид}} = 90$ Гц) главный максимум ФВК остаётся предельно компактным, а соответствующий ему спектр практически не отличается от спектра единичного импульса развёртки. Мешающее же влияние корреляционного фона при работе с развёртками ЛИП можно существенно уменьшить путём увеличения их длительности T , то есть фактически числа импульсов в последовательности (см. рис. 6). Так, из рисунка 6 можно видеть, что при $T = 30$ с и $N = 480$ динамический диапазон корреляционного преобразования соответствовал интервалу значений 40-54 дБ, что на 10-15 дБ превышает аналогичный параметр при работе с псевдослучайными кодами.

Таким образом, выполненные исследования показали, что в настоящее время при проведении инженерных изысканий с применением кодоимпульсного накопления колебаний наиболее качественные результаты могут быть получены путём использования кодовой функции ЛИП.

Литература

1. Кострыгин Ю.П., 2014, Вибросейсмический и кодоимпульсный методы сейсмической разведки. Краснодар: Издательство «Просвещение – Юг». 494 с.
2. Кострыгин Ю.П., Колесников Д.А., 2011, Оценка влияния амплитудной неидентичнос-

ти импульсов в развёртках на эффективность кодоимпульсного накопления сейсмических колебаний // Технология сейсморазведки, 2, 97-108.

3. Кострыгин Ю.П., Удалый М.Н., 2013, Исследование возможности и целесообразности применения кодоимпульсного метода для инженерной сейсморазведки. Приборы и системы разведочной геофизики, 3, 84-96.

4. Роман В.И., Шпортюк Г.А., Михайличенко О.Г., Королук П.А., 1986, Перспективы применения дополнительных последовательностей импульсов в невзрывных методах сейсморазведки, ГСЗ и сейсмологии // Современные геодинамические процессы и их изучение в связи с проблемой прогноза землетрясений: Киев, Наукова думка, 22-26.

5. Хасан Р.Е., Кострыгин Ю.П., 2018, Исследование возможности и целесообразности применения псевдослучайных кодовых функций при кодоимпульсном накоплении колебаний для решения задач нефтегазовой сейсморазведки. – Журнал «Геофизические технологии», №1, с. 39-50.

6. Шайдуров Г.Я., Воронцов Ю.С., Кудинов Д.С., Щитников А.А., Копылов М.А., 2013. К обоснованию создания кодоимпульсного источника сейсмических волн. Приборы и системы разведочной геофизики, 3, 97-101.

7. Шнеерсон М.Б., Майоров В.В., 1988, Наземная невзрывная сейсморазведка. М., Недра, 237 с.

Подробнее об авторах



Кострыгин
Юрий Петрович

доктор технических наук,
директор
ООО «Новоросморгео»



Хасан
Ресуль Енес

Геофизик ООО
«НК «Роснефть»-НТЦ»

ТНГ-Групп. Современное вертикальное сейсмическое профилирование, решаемые задачи и востребованность

■ Вильданов Р. В., ТНГ-Групп, г. Бугульма.

Кустовое месторождение нефти северного края России. О том, что еще скрывается в его недрах до недавнего времени можно было только предполагать. Но год назад сотрудники геофизической экспедиции «ВСП-Сервис» провели геофизическую работы методом ВСП. Причем сделали это в условиях аномального холода с опережением графика, что позволило заказчику компании ООО «Белореченскнефть» закончить строительство скважин раньше плана. Слова благодарности нашли своего адресата спустя почти год. В канун 2022 года ООО «ТНГ-Групп» получило письменное признание профессионализма своих сотрудников. Высокая оценка работы ГЭ «ВСП-Сервис» заказчиком стало не только отличным итогом годом прошедшего, но и хорошим зачином на будущие работы - залогом надежного партнерства. В благодарственном письме, отправленном на имя генерального директора Шарипова Я.Г., было отмечено не только высокое мастерство сотрудников компании, но и их умение решать нестандартные задачи, связанные с пандемией COVID-19, и проведение мобилизации персонала и оборудования в кратчайшие сроки.

ТНГ-Групп – сложнейшие проекты в тяжелых условиях Крайнего Севера

Не секрет, что высокий процент успешности поисково-разведочного бурения напрямую зависит от результатов сейсморазведочных работ, поэтому к своей миссии весь коллектив ООО «ТНГ-Групп» относится с особой требовательностью не зависимо от того в каких климатических условиях будет происходить разведка. Северный район Красноярского края области встретил экспедицию довольно холодно. Термометр, настойчиво из-за дня в день показывал минус 58°C. В условиях нескончаемого мороза, чем ниже опускалась температура воздуха, тем сильнее росло желание выполнить геологическое задание не только профессионально, но и максимально быстро. На протяжении двух недель, учитывая мобилизацию и демобилизацию оборудования и персонала, команда из 12 человек противостояла природным аномалиям.

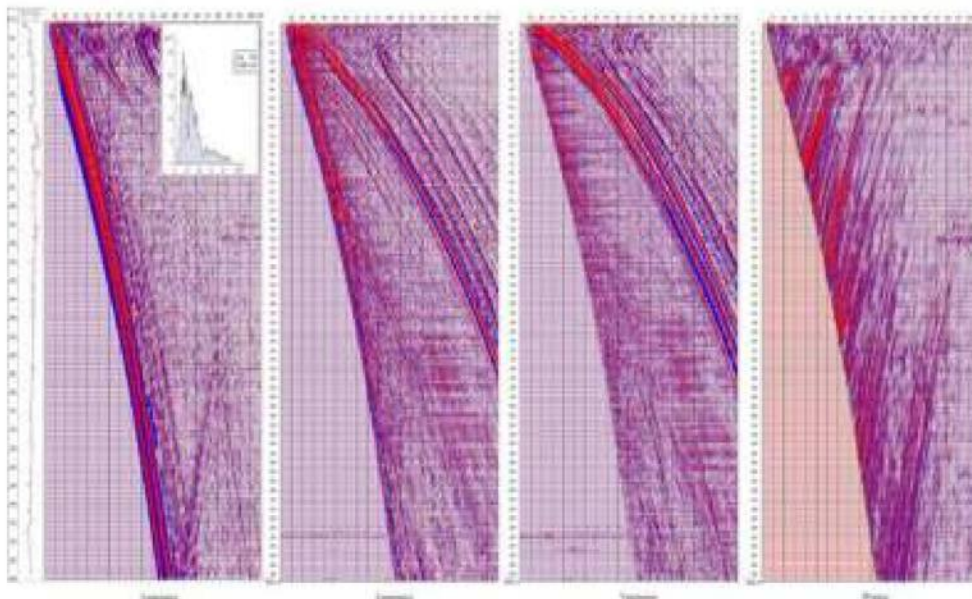
Скважинные сейсморазведочные исследования, в представленной заказчиком скважине, проводились стандартным методом поляризационной моди-

фикации вертикального сейсмического профилирования (ПМ ВСП). В соответствии ГТЗ были решены следующие геологические задачи:

- Изучение скоростной характеристики разреза - интервальных, средних и пластовых скоростей по продольным и обменным волнам в сейсмическом диапазоне частот;
- Стратиграфическая привязка отражающих горизонтов. Получение информации о формировании сейсмических отражений продольных и обменных волн на границах основных стратиграфических подразделений.
- Фазовая привязка регистрируемых наземной сейсморазведкой на продольных и обменных волнах сейсмических горизонтов к целевым интервалам разреза.

Результаты работ представлены вертикальными годографами продольных и поперечных волн, сейсмограммами ВСП, графиками и таблицами, характеризующими изменение скоростных (V_p, V_s) и упругих (коэффициент Пуассона (σ_n) и параметр $g=V_s/V_p$). характеристик разреза, результатами одномерного модели-

► Рис. 1.
Сейсмограммы
ПМ ВСП.
(Geochain X HP,
взрывной
источник).



рования, результатами стратиграфической привязки сейсмических реперных горизонтов и целевых продуктивных пластов, глубинным и временным разрезами ВСП.

Оборудование Geochain X HP производства компании Avalon Sciences Ltd (ASL)

Произвести исследования в кратчайшие сроки во многом удалось благодаря современной и универсальной системе скважинных сейсмических приборов Geochain X HP производства компании Avalon Sciences Ltd (ASL), Великобритания. Система позволяет проводить работы начиная от самых простых исследований до всех комплексных наблюдений в скважинных сейсморазведочных работах с использованием многоуровневого расположения приборов по стволу исследуемой скважины. Geochain X HP эффективно применяется для решения таких геологических задач, как:

- Проведение исследований в скважинах в условиях высоких температур и давлений (до 195°C и 170 МПа);
- ВСП - определение скоростной модели среды, литолого-стратиграфическая привязка однократно-

отраженных волн, изучение типов волн и их затухания, а также определение параметров при обработке данных наземной сейсморазведки;

- Прогноз геологического разреза ниже забоя скважины – опережающий прогноз акустической жёсткости пород, слагающих геологический разрез под бурящимся забоем скважины;
- Проведение ВСП в наклонных скважинах с получением высокоразрешённых и достоверных данных при изучении околоскважинного пространства;
- НВСП - определение структурных планов, тектонических нарушений, направления и высоты трещиноватости в продуктивных интервалах в околоскважинном пространстве;
- Уровневое ВСП (Walkaway) и круговое уровневое ВСП (Walkaround) – изучение структурных особенностей и параметров анизотропии скоростей, анализ расщепления поперечных волн в трещиноватых коллекторах с прогнозом нефтегазонасыщенности продуктивных пластов;
- ВСП-ПИ – локализация и детализация сложнопостроенных объектов и тектонических нарушений;
- 3D-ВСП – метод отличается высокой

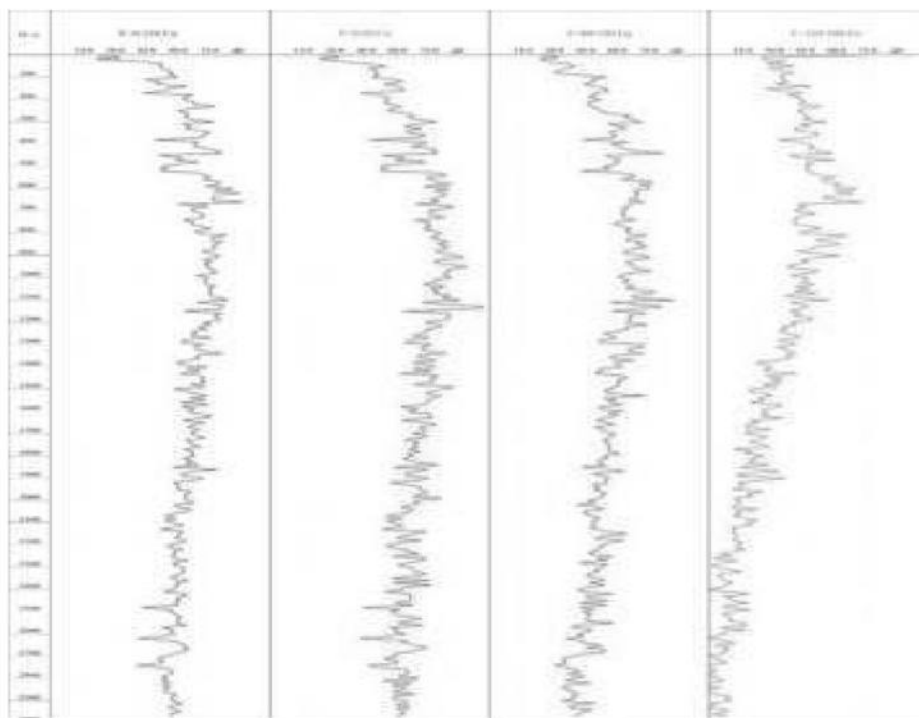


Рис. 2.
Графики
соотношения
сигнал/помеха.
(Geochain X HP,
взрывной
источник).

пространственной разрешающей способностью, позволяющий более отчетливо выделять малоразмерные объекты со сложным строением их рельефа, в т.ч. неструктурного типа;

- Проведение работ по межскважинному просвечиванию и межскважинной сейсмотомографии – прогноз нефтенасыщенности продуктивных пластов;

- Мониторинг сейсмических микропроцессов (МСМ), в том числе и при гидро-разрыве пласта (ГРП) – контроль за геологическими процессами при закачке газа в их подземные хранилища, определение направления, протяженности, высоты и интенсивности образования трещин в результате искусственных воздействий на продуктивные пласты на нефтегазовых месторождениях;

Оборудование Geochain X HP безусловно одно из самых передовых в мире. Его технические характеристики и возможности очень обширны:

- меньшее время при производственных наблюдениях методами ВСП, НВСП вследствие использования большего

количества модулей и, соответственно, большей базы зонда;

- меньшее количество спускоподъемных операций при производственных наблюдениях методами ВСП, НВСП и, соответственно, уменьшение количества воздействий на ПВ (количество ф.н.), что способствует сохранению условий возбуждения особенно при использовании взрывного источника;

- возможность использования скважинного зонда при работах ВСП, как в одной компоновке, так и распределив их на 2, 3 или 4 независимые системы с применением каждой из них на разных объектах, либо для использования второго дублирующего комплекта модулей (что является немаловажным в случае невозможности оперативной доставки взамен неисправного оборудования);

- возможность регистрации в сложных термобарических условиях (температура до 195°C, максимальное давление до 175 МПа) благодаря уникальной системе активного охлаждения при непрерывной работе;

- продолжительная непрерывная регистрация для пассивного мониторинга (при ГРП, МСМ и т.п.);

- возможность регистрации сейсмических волн в горизонтальных скважинах (в случае применения трактора для доставки приборов на забой);

- определение ориентации скважинного модуля в пространстве (определение наклона и угла поворота приборов);

- возможность изменения шага дискретизации в зависимости применяемой модификации скважинных исследований и поставленных геологических и технологических задач;

- возможность загрузки данных о кривизне исследуемой скважины и данных промысловых геофизических исследований (данные ГК) с целью контроля позиционирования зонда в исследуемой скважине.

Также можно отметить широкие функциональные возможности программного обеспечения АСЦ 4.10.2 при тестировании аппаратуры, режимов безопасной эксплуатации всей системы при проведении спускоподъемных операций, режимов прижима-отжима

▼ Рис. 3. Работники ТНГ-Групп готовят оборудование к работе.



приборов в скважине, регистрации сейсмических данных, контроле за параметрами телеметрии с полным контролем качества проводной связи.

К недостаткам можно отнести:

- использование только 7-жильного каротажного кабеля;

- ограничение номинального диаметра исследуемой скважины (не менее 100 мм);

- большой объем комплекта оборудования;

- большее время на дополнительные операции по монтажу и демонтажу скважинного оборудования (при сборке многомодульного зонда);

Обозначенные недостатки могут выступать в некоторых случаях в качестве ограничений использования аппаратуры Geochain X HP при выборе объекта изучения.

Современное оборудование - широкие задачи

В настоящее время, учитывая возможности различных модификаций современной скважинной сейсморазведки, повышается и уровень ожидаемых заказчиками результатов. Помимо стандартных задач по изучению кинематических, упругих и поглощающих характеристик геологического разреза и уточнения структурных планов в окоскважинном пространстве, геологотехнические задания предусматривают также оценку и изучение физического состояния горных пород их упругодеформационных свойств на рудных месторождениях, оценку анизотропных свойств и фильтрационно-емкостных характеристик продуктивных интервалов на нефтегазовых месторождениях в пределах радиуса изученности. При этом приоритетным является сокращение времени задалживания скважины на



▲ Рис. 4. Зонд Geochain X HP готов к работ на скважине.

выполнения комплекса геофизических исследований, в том числе и при исследованиях модификациями ВСП.

Для выполнения условий геологического задания Заказчика и решения поставленных геологических задач на высоком качественном уровне требуется наличие современного надежного оборудования, программного обеспечения и высококвалифицированного персонала.

Начиная с 2020 г. для выполнения скважинных сейсморазведочных исследований ООО «ТНГ-Групп» опробована и введена в эксплуатацию скважинная сейсмическая система Geochain X HP компании «Avalon Sciences Ltd» (ASL), Великобритания. Использование современного оборудования от мирового лидера позволяет существенно расширить круг решаемых задач модификациями ВСП и повысить качество результирующих материалов.

Подробнее об авторе



Вильданов
Ринат Вакильевич

начальник экспедиции
«ВСП-Сервис»,
ТНГ-Групп.

Российская разработка сейсморегистрирующей телеметрической системы нового поколения

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

В современных условиях существует реальная угроза зависимости предприятий энергетического комплекса России от зарубежных поставок геофизического оборудования, для поиска нефтяных и газовых месторождений. Основная доля поставок импортного оборудования для наземной сейсморазведки приходится на сейсморегистрирующие системы (более 60% российского рынка сейсмооборудования). Остальные 40% приходятся на сейсмоисточники и сейсмодатчики.

Анализ парка сейсморегистрирующих систем российских сервисных геофизических компаний показывает, что основную долю (около 89,5%) оборудования составляют сейсморегистрирующие системы зарубежного производства и, соответственно, только 10,5% приходится на сейсморегистрирующие системы отечественного производства. Доминирующие позиции на российском рынке геофизического оборудования имеют сейсморегистрирующие системы производства компании Sercel (Франция). Их доля составляет около 79%.

Суммарное количество каналов на рынке оценивается в 1 млн. 200 тыс. каналов. И это включая системы, эксплуатируемые более двадцати лет. Следует также отметить, что рассматриваемое оборудование, как правило, эксплуатируется в жестких условиях окружающей среды, что сказывается на сроке его эксплуатации, который с учетом морального устаревания оборудования составляет всего 6–7 лет.

Учитывая то, что с 2019 года ежегодные поставки по причине нестабильности рынка (падение рынка в период пандемии) геологоразведочных работ суще-

ственно упали по сравнению с периодом 2008–2018 гг, можно констатировать, что сегодня на рынке телеметрических систем возник острый дефицит, который будет стремительно усугубляться.

Санкции США и стран-участниц Евросоюза против России обязательно будут направлены против ключевого сектора российской экономики - Энергетического сектора.

Вопрос защиты внутреннего рынка геофизического оборудования, используемого для поиска углеводородов от санкций со стороны зарубежных стран стоит очень и очень остро. Это является одним из важнейших условий дальнейшего существования и развития отечественного топливно-энергетического комплекса страны.

НЕОБХОДИМО:

1. Решение общей задачи импортозамещения в стране и в области геофизического приборостроения, в частности, должно сопровождаться адекватными и взаимоувязанными мерами в макроэкономической политике правительства;
2. Использование защитной функции импортных пошлин на ввозимое геофизическое оборудование. Их взимание следует увязать с господдержкой отечественного производителя;
3. Создание условий для справедливой конкуренции на внутреннем рынке геофизического оборудования, в частности, при объявлении тендеров на проведение разведочных работ государственными компаниями ТЭК;
4. Стимулирование и господдержка отечественного производителя геофизического оборудования, предназначенно-

го для поиска нефтяных и газовых месторождений.

АО «СКБ сейсмического приборостроения» (Саратов).

является ведущим разработчиком и изготовителем сейсморегистрирующего оборудования в России является. АО «СКБ СП» производит сейсморегистрирующие системы в России более полувека. Основная добыча углеводородов сегодня в России идет на месторождениях, открытых с использованием сейсмостанций производства АО «СКБ СП». В самые тяжелые годы экономических катаклизмов и засилия импортного «самого современного» оборудования АО «СКБ СП» продолжало заниматься разработкой и производством российского телеметрического оборудования. Для обеспечения конкурентоспособности своей продукции АО «СКБ СП» ведет научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы по созданию аппаратуры, отвечающей потребностям как российских, так и зарубежных сервисных геофизических компаний.

В настоящее время реализуется комплексный проект НИОКР, при финансовой поддержке Минпромторга России. К

сегодняшнему дню в компании уже было выполнено несколько проектов по созданию кабельных и бескабельных сейсмосистем, которые успешно внедрены в производственный процесс геофизических работ.

Проект 1. Разработка, ввод в эксплуатацию и техническая поддержка оборудования комплекса телеметрических кабельных сейсмостанций ряда «Прогресс».

Целями проекта являлись:

- создание и освоение производства телеметрических кабельных сейсморазведочных комплексов;
- внедрение новой аппаратуры в сейсморайоны страны;
- обучение операторов телеметрических сейсмостанций;
- обеспечение технической поддержки пользователей новой аппаратуры.

В рамках проекта были выполнены следующие работы:

1. Разработана рабочая конструкторская документация и программное обеспечение телеметрических кабельных сейсмостанций «Прогресс-Т1», «Прогресс-Т2», «Прогресс-Т3», «Прогресс-Т155»;



◀ **Рис. 1.**
Блок
сейсмосистемы
«Прогресс-Т3».

2. Организовано производство телеметрических кабельных сейсмостанций ряда «Прогресс» на производственных площадях АО «СКБ СП»; проведено внедрение данных сейсмосистем в производственный режим эксплуатации.

Проект 2. Разработка, ввод в эксплуатацию и техническая поддержка оборудования телеметрической бескабельной сейсмостанции «SCOUT».

Целями проекта являлись:

- создание и освоение производства бескабельных телеметрических сейморазведочных комплексов;
- внедрение новой аппаратуры в сейсморайоны страны;
- обучение операторов бескабельных телеметрических сейсмостанций;
- обеспечение технической поддержки пользователей новой аппаратуры.

В рамках проекта были выполнены следующие работы:

1. Разработана рабочая конструкторская документация и программное обеспечение бескабельной телеметрической сейсмостанции «SCOUT» с одноканальными и трехканальными бескабельными блоками наземного комплекса;

2. Организовано промышленное производство бескабельной телеметрической сейсмостанции «SCOUT» на производственных площадях АО «СКБ СП»;

3. Сейсмосистема «SCOUT» получила широкое признание в различных областях геофизических исследований:

- сейморазведка 2Д и 3Д работы;
- изучение зоны малых скоростей;
- контроль за гидроразрывами пласта;
- микросейсмические наблюдения на месторождении;
- инженерные работы.



▲ Рис. 2. Бескабельный блок сейсмосистемы «SCOUT».

В настоящее время в АО «СКБ СП» осуществляет Проект «Разработка и организация производства в России многоканальной телеметрической сейсморегистрирующей системы нового поколения, предназначенной для изучения глубинной части разреза земной коры».

Основной целью проекта является разработка и внедрение в производство телеметрической сейсморегистрирующей системы, обеспечивающей сверхмногоканальные сейсмические исследования со сбором данных как в реальном, так и в нереальном времени. Системы надежной, удобной в эксплуатации, отвечающей всем требованиям экологической и производственной безопасности. Идет работа по созданию сейсморегистрирующей системы, свободной от недостатков существующих в настоящее время систем.

Существующие телеметрические сейсморегистрирующие системы подразделяются на два основных класса, в основе которых лежат кабельная и бескабельная архитектуры. Появившиеся сравнительно недавно бескабельные

системы в последние годы имеют постоянно увеличивающуюся долю на рынке оборудования и сейчас составляют примерно 20% всего количества сейсмических каналов в мире. Правда, в России бескабельных каналов пока не больше 3-5% от общего количества используемых в производстве. Несмотря на стремительно растущее количество и типов бескабельных систем, присутствующих на рынке, и числа проектов, выполненных такими системами, данные системы еще далеки от того, чтобы считаться «идеальным» инструментом для сбора сейсмоданных. И это ограничивает их потенциальные возможности по вытеснению кабельных систем.

Ключевые ограничения, присущие каждому из вышеназванных типов систем, уже неоднократно были описаны разными авторами. Кабельные системы громоздки и требуют времени на настройку поля. Кабель шумит и подвержен физическим разрывам. Бескабельные системы «слепы». И пока существующие требования по качеству сейсмических работ не допускают потерь нескольких каналов подряд, всегда есть риск работы в «брак» по шумам и потерям работоспособности нескольких каналов подряд.

«Идеальная» сейсморегистрирующая система должна быть свободна и от тех и от других ограничений для удовлетворения требований рынка. АО «СКБ СП» использует опыт в разработке и производстве как кабельных, так и бескабельных систем при создании современной «идеальной» системы.

Цель Проекта заключается в объединении лучших элементов обеих технологий для компенсации взаимных недостатков.

Результатом должна стать инновационная сейсморегистрирующая система

нового поколения с уникальной архитектурой. Отличительной особенностью предлагаемой архитектуры системы является возможность обеспечения 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, включая транзитные зоны.

Возможность работы системы в таком режиме обеспечивается:

- наличием в составе системы блоков концентратора линии наблюдения (БКЛ), каждый из которых обеспечивает прием сейсмоданных, поступающих в БКЛ из его линии наблюдения, а также сейсмоданных, поступающих из соседних линий, и передачу поступивших в БКЛ сейсмоданных в ЦРС по 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 передать ее в ближайший БКЛ.

В случае применения смешанной конфигурации, важно предусмотреть совместимость всех сегментов приемной расстановки. Важно получить однород-

► Рис. 3.
Блок
концентратора
линии
наблюдения.



ную сейсмическую информацию (одни и те же параметры регистрации, одна и та же электроника, те же меры контроля качества) в одном выходном формате.

Одной из особенностей архитектуры предлагаемой системы является возможность устранения 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:

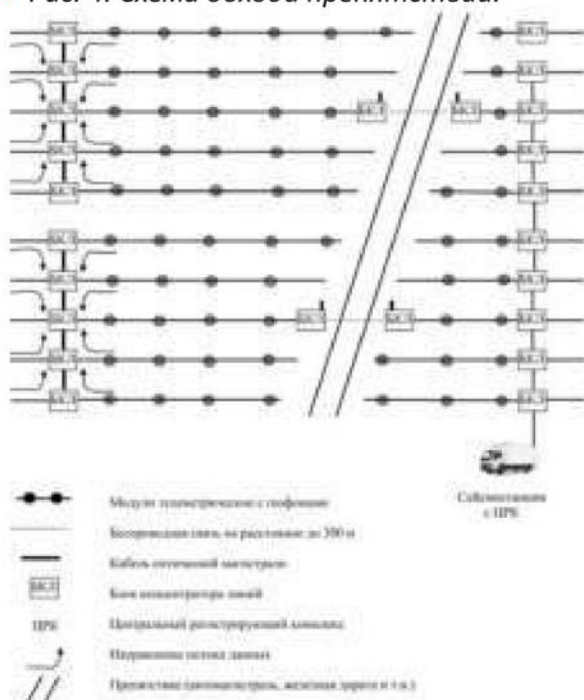
- возможность контроля состояния профиля в реальном времени;
- возможность создания сети распределения питания блоков наземной расстановки.

Это позволит существенно снизить количество батарей, используемых при выполнении полевых работ.

В предлагаемой системе должны быть обеспечены:

- возможность передачи зарегистрированных 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-3;
- возможность реализации современных вибросейсмических технологий

▼ Рис. 4. Схема обхода препятствий.





◀ Рис. 5.
Кабельный
телеметрический
модуль.

возбуждения сигнала на профиле (flip-flop, slip-swim и др.).

Реализация Проекта «Разработка и организация производства в России многоканальной телеметрической сейсморегистрирующей системы нового поколения, предназначенной для изучения глубинной части разреза земной коры» обеспечит создание сейсморегистрирующей системы, сво-

бодной 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

▼ Рис. 6. SCOUT – телеметрическая система СКБ СП, признанная в мире.
На проекте в Тунисе, пустыня Сахара.



устранения зависимости предприятий энергетического комплекса России от поставок зарубежными компаниями геофизического оборудования, предназначенного для поиска нефтяных и газовых месторождений.

Собственные финансовые возможности АО «СКБ СП» не позволяют АО «СКБ СП» в полном объеме выполнить Проект по созданию сейсморегистрирующей системы нового поколения и своевременно внедрить инновационную систему в производство с канальностью более 10000 каналов. Что является востребованным в настоящее время геофизическими компаниями. Поэтому в проекте НИОКР в техническом задании остановились на сейсмокомплексе со следующей канальностью; кабельные каналы 1600, бескабельные каналы 400 с внешним подключением геофонов и 100 каналов в блоках с внутренним подключением геофонов.

Практика выполнения в нашей стране подобного рода проектов государственной важности свидетельствует о том, что в данном случае можно рассчитывать лишь на инвестиции российской компании с государственным участием.

Это обеспечило бы возможность выполнения Проекта в тесном контакте с геофизическими компаниями, которые способны и заинтересованы в независимых и всесторонних испытаниях вновь созданной сейсморегистрирующей системы и внедрения данной сейсмосистемы в геофизическое производство.

Подробнее об авторах



Гнатюк
Александр Иванович
Главный конструктор
АО «СКБ СП»,
автор нескольких
изобретений
и публикаций.
Почётный
нефтяник.



Тарасов
Николай Васильевич
Исполнительный
директор АО «СКБ СП»,
к. т. н.
Почётный работник ТЭК
и автор нескольких
изобретений
и публикаций.

NEUROtec – революционные новации Vibroseis

■ Крисс Д., INOVA Geophysical

INOVA реализует инновационные перемены в проектировании, производстве и эксплуатации вибросейсмических источников. Уделяется внимание совершенствованию всех основных элементов вибрационных технологий.

NEUROtec — это новейший проект INOVA Geophysical, направленный на создание нового поколения вибросейсмических источников, более безопасных в использовании, более экологичных, более производительных и обладающих исключительными характеристиками в широкополосном диапазоне частот.



Рис. 1.
NEUROtec : слагаемые революционных новаций в технологии.

NEUROtec – с чего мы начали.

Современный вибросейсмический источник представляет собой большой точный инструмент, требующий детальной настройки, постоянного контроля и аккуратной эксплуатации для правильной работы. Вибросейсмическая технология доказала свою эффективность при выполнении своей основной функции, а именно, обеспечивать строго контролируемые, с высокой повторяемостью сигналы сейсмического источника для построения изображений среды. Несмотря на то, что постепенно в вибросейсмические технологии вносятся улучшения, но это происходит в отдельных

элементах и не затрагивало всю идеологию работ с виброисточниками. В то же время, это несомненно вопрос комплексный, и каждый элемент взаимосвязан с другими. И постоянно существует потребность в развитии и совершенствовании виброустановок в связи с новыми требованиями и правилами, появляющимися в ходе изменяющихся требований рынка.

Для INOVA сегодняшние комплексные новации являются результатом многолетнего опыта. NEUROtec основывается на технических достижениях, полученных с помощью виброисточника ANV-IV 364 Commander, который был внедрен

еще в начале 2000-х годов, знаменуя собой новую эру в улучшенных низкочастотных характеристиках и генерации свип-сигнала более высокой точности. За ним последовало внедрение виброисточников UniVib и UV2 - широкополосных вибросейсмических устройств со сверхнизким уровнем излучения и компактной, не оказывающей негативного влияния на окружающую среду, конструкцией. Совсем недавно появился на рынке виброисточник ANV-V 480 Titan, который произвел настоящую революцию в низкочастотных характеристиках больших вибросейсмических источников, в сочетании с множеством других технических усовершенствований. Каждый из этих популярных виброисточников вносит свой особенный вклад в идеологию NEUROtec - технологию, обеспечивающую дополнительные преимущества сразу во многих ключевых областях.

NEUROtec – Промышленная безопасность и Охрана труда и окружающей среды

ПБОТОС включает в себя широкий диапазон повышающихся требований к безопасной эксплуатации техники, определяющих задачи развития современного вибросейсмического источника. Важнейшим фактором является необходимость создания безопасной и единой рабочей среды. Цифровые системы управления и мониторинга — важный элемент технологии, который позволяют контролировать почти любую функцию вибросейсмического источника, имеющую значение для безопасности и эксплуатации машины. К ним относятся такие системы, как камеры и датчики, перекрывающие слепые зоны, помогающие снизить риск аварийности в полевых условиях благодаря своевременному обнаружению препятствий и предупреж-

дению о них. Системы мониторинга обеспечивают доступ к важнейшим функциям вибросейсмического источника — динамике двигателя, состоянию жидкостей, давления и многим другим. Кроме того, цифровая инфраструктура вибросейсмического источника следит и за тем, чтобы оператор был пристегнут ремнем безопасности, контролирует начало движения, следит за всеми параметрами при эксплуатации вибросейсмического источника. Цель системы цифрового мониторинга виброисточника состоит в том, чтобы создать рабочую среду, в которой управление может определить рабочие процедуры, обеспечить рабочие параметры механизмов и безопасную эксплуатацию.

Преимущества цифровой вибросейсмической системы не ограничиваются мониторингом в режиме реального времени. Еще одной функцией является сохранение параметров вибросейсмического источника. Архив данных любой контролируемой системы может быть записан и сохранен для дальнейшего анализа. Накопленные за прошлые периоды данные можно использовать для изучения производительности парка виброисточников и выявления вибросейсмических установок, которым необходимы техническое обслуживание или ремонт, до того, как проблемы станут критическими.

NEUROtec также охватывает другие аспекты вибросейсмических источников, такие, как внедрение новых технологий двигателей, которые требуют меньше топлива, генерируют большую мощность и снижают уровень окружающего шума. Они также поставляются со специальными дополнительными функциями, чтобы отвечать требованиям по качеству топлива с низким содержанием серы и стандартам выбросов, которые соответствуют действующим и будущим нормам, формируя таким образом солидную



▲ Рис. 2. NEUROtec – мы видим все.

инвестицию в технологии, способные соответствовать нормативным требованиям сейчас и в будущем.

NEUROtec – Операции

Обеспечение работоспособности парка вибросейсмических источников в полевых условиях является сложной задачей для каждой сейсморазведочной партии. Проекты часто требуют круглосуточной работы, когда вибросейсмические источники и бригады по их техническому обслуживанию постоянно находятся в движении. NEUROtec включает в себя автоматизацию некоторых функций вибросейсмического источника для повышения производительности и оптимизации его интенсивной эксплуатации.

Автоматизация таких функций, как процесс генерации свипа, может помочь увеличить скорость съемки, когда время съемки критически влияет на сроки выполнения крупных сейсмических проектов. Управляемое оператором ускорение или задержка между ПВ - это дополнительные функции, которые также являются частью технологии NEUROtec. В сочетании с существующими функциями навигации они обеспечивают лучшее понимание и контроль при планировании проекта. Наличие этих функций выгодно сейсморазведчикам, так как они улучшают согласованность работы операторов не зависимо от их



опыта, и делают работу партии более предсказуемой и надежной, тем самым улучшая контроль за всем рабочим процессом в партии. Экономия нескольких секунд на каждом ПВ может казаться незначительной, но в масштабе целого проекта, при суточной производительности в тысячи физических наблюдений, это становится важным элементом. Проекты с сотнями тысяч ПВ, съемка которых могла бы занять несколько месяцев, можно реализовать с существенным сокращением времени работы в поле и, в конечном итоге, это приведет к экономии общей стоимости проекта, которая может быть весьма значительной.

Кроме того, наблюдение за механической динамикой вибросейсмического источника с помощью технологии мониторинга выгодно для работы партии, так как позволяет получить представление о техническом обслуживании и ремонте транспортных средств удаленно. Работы по техническому обслуживанию становятся больше профилактическими и могут выявлять общие проблемы с транспортным средством заблаговременно, до того, как они станут критическими и приведут к простоему оборудования. Профилактическое обслуживание благодаря четким и точным журналам операций становится реальностью благодаря NEUROtec.

NEUROtec – Геофизика высокой точности

С момента своего основания компания INOVA проводила большое количество исследований и разработок для улучшения геофизических характеристик вибросейсмических источников. Виброисточники UV2 и «Titan» демонстрируют стремление создавать лучший вибросейсмический продукт. Все улучшения эксплуатационных характеристик, реализованные в современных вибросейсмических источниках, являются важнейшей частью технологии NEUROtec.

Titan выигрывает за счет увеличенного хода массы, который увеличивает выходную мощность на более низких частотах, и улучшенной конструкции опорной плиты, что обеспечивает высокую точность передачи сигнала.

UV2 – это компактный вибросейсмический источник, который может работать в самых разных условиях, в том числе и в условиях городской инфраструктуры, и при этом он способен генерировать свип-сигналы на очень высоких частотах, превышающих 200 Гц.

Благодаря тестовым испытаниям, анализу и инженерным инновациям современные вибросейсмические источники INOVA имеют преимущества наличия таких опций, как подавление гармонических искажений, известное как HDR, что приводит к увеличению выходной силы при одновременном снижении шумов системы. Подавление гармонических искажений HDR является частью комплекта усовершенствований NEUROtec, проверенных на практике в любой рабочей среде. Разработаны новейшие алгоритмы. Эти функции в режиме реального времени способны адаптировать вибросейсмический источник к резким изменениям поверхностных условий в чрезвычайно сложных условиях съемки. Все это является потенциалом будущих улучшений.



▲ *Рис. 3. NEUROtec – Геофизика высокой точности.*

NEUROtec – Будущее

Продолжающаяся разработка технологий NEUROtec нацелена на новое поколение вибросейсмических источников, которое предоставляет значительную выгоду и преимущества для подрядчиков, операторов и их конечных заказчиков – геологоразведчиков.

Цели NEUROtec направлены на предоставление более безопасных и совершенных эксплуатируемых вибросейсмических источников в сочетании с более низкими затратами и лучшим контролем операций. Эволюция вибросейсмической технологии направлена на создание продукта, который будет превосходить в любом отношении и работать с учетом адаптации к требованиям меняющейся рабочей среды.

Подробнее об авторе



Джейсон Крисс

Главный геофизик
INOVA
Geophysical

*Крупнейшее событие в
геолого-геофизической
области в России*

ONLINE

V Юбилейная научно-практическая конференция

**GEO Eurasia
2022**

**ГеоЕвразия-2022
Геологоразведочные
технологии - наука и бизнес**

www.gece.moscow

30 марта-1 апреля 2022

**+300
докладов**

**+700
участников**

**+200
компаний**

ОРГАНИЗАТОРЫ:

Общественный совет
при Федеральном агентстве по недропользованию «Роснедра»;
Межрегиональная общественная организация
Евро-Азиатское Геофизическое Общество (МОО ЕАГО);
Российское геологическое общество (РОСГЕО);
Отделение наук о Земле РАН.



Об открытии центра «Наука о Земле» в Санкт-Петербургском горном университете



В январе 2022 года в Санкт-Петербургском Горном университете открылся новый научный центр «Наука о Земле». Директором центра назначен известный эксперт в области сейсморазведки и интерпретации геофизических данных — Олег Олегович Адамович.

Деятельность Центра определяется стратегией развития научной деятель-

ности университета и направлена на разработку и внедрение новых методик и современных технологий в реальный сектор экономики.

Главная задача нового подразделения — интеграция науки в геологоразведочное производство и подготовка высококвалифицированных кадров в стенах университета.



Центр призван обеспечить решение актуальных задач по следующим основным направлениям:

- формирование новой структуры запасов в Российской Федерации;
- поиск месторождений глубокой нефти;
- развитие новых технологий и методик по направлениям полевой геофизики, а также обработки и интерпретации данных;
- развитие региональных геофизических исследований.

На сегодняшний день перед отечественной минерально-сырьевой отраслью возникает достаточно много важных вопросов, касающихся перерасчетов запасов, разработки новых методик изучения сложных геологических структур с учетом отработки известных месторождений и др. Все это требует комплексного подхода, направленного на выявление максимально эффективного

способа разведки, разработки и эксплуатации перспективных территорий.

Также в задачи Центра входит создание новых уникальных лабораторий по изучению и мониторингу климатических изменений под воздействием выбросов CO_2 и других факторов.

Все результаты указанных направлений деятельности Центра внесут значительные изменения в учебные программы и спецкурсы основной образовательной деятельности этого старейшего технического ВУЗа России, способствуя формированию современного подхода к обучению высококвалифицированных профильных специалистов.



Your Gateway to Business in Eurasia

Стратегический и управленческий консалтинг на нефтесервисном рынке Ближнего Востока

Анализ состояния рынка и перспективных направлений в регионе под интересы клиентов;

Разработка стратегии входа на рынок;

Поиск и подбор решений по расширению и оптимизации бизнеса в странах Ближнего Востока;

Развитие Вашего бизнеса «под ключ».

Партнерство

Представление интересов клиента в странах региона;

Поиск местных партнёров и заказчиков, организация переговоров;

Привлечение инвестиций под перспективные проекты.

Поставки оборудования и разработка технологических решений

Аренда и продажа нового и бывшего в употреблении оборудования и комплектующих для геологоразведки на море и на суше;

Подготовка проектных решений под запрос.

Россия, г. Москва:

+7 (985) 222 48 44

Россия, г. Уфа:

+7 (347) 246 90 74

ОАЭ, г. Дубай,

+971(56) 170 2553

info@eurasia-oil-services.com



www.eurasia-oil-services.com

Сейсморазведка своих не сдает.

Разве что в аренду.



Аренда сейсморазведочного оборудования

SERCEL 428/508 – регистрирующая система для работ на суше и в транзитных зонах

Aram Aries II – теленетрический комплекс

RT 2 System – гибридная система регистрации с беспроводной передачей данных в режиме реального времени

GEOTON – семейство невзрывных импульсных сейсмоисточников

SLIM WAVE – внутрискважинная телеметрия в реальном времени, для ВСП, межскважинных и микро-сейсмических работ.

G-SOURCE / BOLT – пневматический сейсмоисточник

Судно шутер «Скат» для сейсморазведки в транзитных зонах

Катамараны проекта «Гео» для проведения геофизических и инженерно-геологических работ

Тел/факс: +7 (495) 694-1940 – круглосуточно
E/mail: info@geoton.ru www.geoseisholding.ru



ХОЛДИНГ ГЕОСЕЙС