

Вперед в будущее или назад к истокам? Новейшее оборудование компании INPUT/OUTPUT, INC делает вопрос о применении группирования сейсмоприемников дискуссионным

Жгенти С.А., "ИНГЕО" - сервисный центр компании INPUT/OUTPUT, INC, г. Москва



Все мы, практикующие в настоящее время инженеры сейсморазведки, обучались применению интерференционных систем для оптимизации условий возбуждения и приема сейсмических волн. Мы продолжаем применять их и в настоящее время. Но техническая оснащенность и технологические возможности сейсморазведки в последнее время сильно продвинулись вперед, расширились и круг ее практически применимых модификаций.

Кроме традиционных 2D работ, мы активно проводим 3D разведку и, на новом технологическом уровне, возвращаемся к 3C исследованиям. При этом мы используем стандартное, имеющееся на вооружении оборудование, пытаемся придумать его под решение стоящих задач. Однако здесь часто возникают сомнения и вопросы: как лучше поступить в той или иной ситуации? Одним из таких "горячих" вопросов стал вопрос о применении группирования сейсмоприемников.

Последняя разработка компании INPUT/OUTPUT, INC., получившая коммерческое продолжение, - комплекс оборудования для осуществления 3-х компонентной регистрации сейсмических данных (авторы называют это регистрацией "полного волнового поля"). Для проведения работ этот комплекс предполагает использование единой, взаимосвязанной системы: регистрирующей станции и одиночных 3-х компонентных сейсмодатчиков нового поколения, получивших название VeerforSeis и изготовленных с применением технологии МЭМС [1].

Предложение применять для приема колебаний одиночные сейсмические датчики VeerforSeis всегда и неизбежно вызывает горячую дискуссию. Попробуем разобраться в этой проблеме. Но - в начале - немного истории.

На этапе зарождения сейсморазведки сейсмические волны регистрировались несколькими каналами и одиночными сейсмоприемниками. Регистраторы и сейсмические датчики изготавливались полукустарно; специальной промышленности еще не было, а сам метод находился в начале развития - в истоке. Конечно, проследиванию отражений сильно мешали различные помехи и, в первую очередь, - поверхностные волны, к счастью имеющие основную энергию в области низких (до 10 - 15 Гц) частот, лишь частично перекрывающих спектры импульсов полезных волн.

Со временем, в процессе развития метода, число каналов у регистраторов выросло, а сейсмоприемники стали доступнее. Для ослабления поверхностных помех стали применять интерференционные системы, позволяющие проводить селекцию регистрируемых колебаний по длинам волн. Эти интерференционные системы приема получили название "группы сейсмоприемников".

Выбор оптимальных параметров группирования стал важнейшей творческой задачей при оптимизации методики полевых работ.

Не будем касаться тонкостей электромеханических преобразований сейсмических сигналов и других сложных теоретических закономер-

ностей, ограничимся простыми размышлениями на уровне пользователя. Заметим только, что сигнал, зарегистрированный одиночным сейсмоприемником тем лучше, чем лучше его контакт с грунтом, а максимум его чувствительности (направленность 1 рода) расположен на вертикали (для вертикальных приборов) и на горизонтали (для горизонтальных приборов).

Группа создается из нескольких (N) сейсмоприемников, определенным образом расставленных по профилю или площади и соединенных так, что сигналы отдельных сейсмоприемников суммируются. Если все сейсмоприемники регистрируют синхронные колебания, то результирующий сигнал увеличивается в N раз. Если регистрируются колебания, приходящие к сейсмоприемникам с задержкой, то они суммируются в соответствии с характеристикой направленности группы (направленность 2 рода). Колебания, приходящие к сейсмоприемникам в противофазе, формируют условный ноль выходного сигнала.

Характеристики направленности групп сейсмоприемников рассчитываются из допущений множества идеализаций: гармоничности колебаний, плоской поверхности наблюдений, плоских фронтов регистрируемых волн и др. В реальной жизни редко удается ослабить волны-помехи группой сейсмоприемников на величину, большую 10 - 18 дБ. Эффект ослабления снижают существующие реалии: условия установки приборов (контакт с грунтом, отклонение от вертикали), их неидентичность, квазигармоничность колебаний, дисперсия реальных параметров ослабляемых волн, наводки на соединяющие провода и т.д.

Известно множество способов группирования: линейное с равномерным распределением чувствительности, линейное с различными законами распределения чувствительности, площадное, в форме различных геометрических фигур и др.

Во времена, когда динамический диапазон регистрации был недостаточным, а обработка сейсмических данных была развита слабо, вопросу повышения соотношения сигнал/помеха на этапе проведения полевых наблюдений уделялось большое внимание. Проводилось тщательное полевое тестирование разных предварительно рассчитанных вариантов, а сам процесс выбора оптимальных параметров был средним искусством. Но применению и подбору оптимальных параметров группирования было посвящено множество диссертаций.

В последующем, с развитием метода, появились многоканальные цифровые регистрирующие системы, имеющие значительно больший динамический диапазон регистрации и позволяющие перенести основное внимание на обеспечение повышения производительности работ. Объемы работ многократно выросли. Расстановки стали более стандартными (обычно 10-12 сейсмоприемников на базе 50-60 метров), в целом пригодными для существенного ослабления поверхностных волн-помех практически во всех районах проведения работ.

ИННОВАЦИИ ПРИБОРЫ И СИСТЕМЫ



ИННОВАЦИИ ПРИБОРЫ И СИСТЕМЫ

В настоящее время, когда обработка цифровой сейсмической информации уже достаточно развита, стали пущи данные в широком частотном диапазоне и в "истинных" значениях амплитуд.

Выбор параметров группирования практически перестали придавать какое-либо серьезное значение, ограничиваясь промышленно изготавливаемыми группами сейсмоприемников, все чаще вспоминая о том, что при интерференционном приеме колебаний наряду с ослаблением помех происходит также искажение частотных спектров полезных волн.

Еще позднее появились сверхмногоканальные цифровые телеметрические системы регистрации, позволяющие в реальном времени регистрировать уже несколько сотен и тысяч сейсмических каналов в широком частотном и динамическом диапазонах. Стало возможным существенно уменьшить расстояние между пунктами приема (до 25 - 30 м), что позволило повысить детальность изучения сейсмических разрезов, но одновременно ограничило размеры баз группирования сейсмоприемников, а короткие базы группирования уже не обеспечивают подавления поверхностных волн-помех, и их ослабление все чаще стали переносить на этап обработки материалов. Этому способствуют большой динамический диапазон регистрирующих систем (АЦП - уже 24 разряда) и постоянно совершенствующиеся возможности обрабатывающих пакетов.

Практически произошел естественный технологический отказ от использования группирования для целенаправленного подавления низкоскоростных волн-помех.

Как следствие внедрения сверхмногоканальных систем регистрации начала реализовываться на практике давняя мечта исследователей - трехмерная пространственная сейсморазведка 3D, где к способам группирования сейсмоприемников применяются уже другие требования. Из-за того, что 3D наблюдения проводятся в различных лучевых плоскостях - их азимут может меняться в пределах 360°, для подавления помех, связанных с источником колебаний, правомерно применение симметричных относительно пункта приема площадных групп сейсмоприемников. Например, в форме звезды, которая одинаково эффективна при смене лучевых плоскостей, т.е. при различных не продольных выносах пункта возбуждения. Но практическая реализация такого типа группирования очень трудоемкий процесс и поэтому не имеет широкого применения.

Это хорошо объясняется тем, что появились новые, сравнительно более дешевые, возможности подавления помех на этапе обработки материалов.

"Продвинутые" исследователи при 3D работах стали собирать группы сейсмоприемников в условную точку, отказавшись от их использования для целенаправленного подавления поверхностных волн-помех, но все еще используя группы для повышения величины принимаемого сигнала, осреднения условий установки отдельных приемников и для подавления случайных помех, называя это использованием статистического эффекта группирования.

Стремление повысить амплитуду сигнала перед его регистрацией - "родимое пятно" периода аналогового приема колебаний. Мы привыкли к мысли о том, что всегда раньше, когда преобразование в цифровую форму происходило в процессе регистрации, амплитуда сигнала сильно уменьшалась за счет падения напряжения при

прохождении аналоговым сигналом протяженного сейсмического кросс до регистратора. Сейчас, когда сигнал может приниматься и передаваться в цифровой форме, это перестало иметь такое значение.

Мы также всегда были настроены на возможно большее повышение соотношения сигнал/помеха для того, что бы наилучшим образом обеспечить мгновенный динамический диапазон регистрации, когда создаются предпосылки для успешного выделения малоамплитудных колебаний при обработке данных. Однако аналого-цифровые преобразователи, работающие в современных датчиках в процессе приема колебаний, уже имеют 24 разряда и очень низкий уровень собственных шумов. Так, у датчиков VectorSeis мгновенный динамический диапазон составляет 110дБ [1]. При этом практически исчерпаны способы, позволяющие улучшить соотношение сигнал/помеха без искажения характеристик полезных волн. Вероятно, одним из путей обеспечения лучшего соотношения сигнал/помеха будет использование для приема колебаний сейсмодатчиков, погруженных во внутренние точки среды. Но пока этот путь выглядит слишком трудоемким.

Какую случайную помеху могут подавить сейсмоприемники, установленные на дневной поверхности и соединенные в условную точку? Весьма специфическую. Микросейсм, как случайные помехи, все же имеют радиус корреляции порядка нескольких метров. Для их ослабления на основе статистического эффекта расстояние между приборами должно быть близким к половине этой величины, т.е. минимум первые метры. Вряд ли в практике работ удастся добиться их существенного ослабления, устанавливая приемники в "точку".

Бывают отдельные случаи, когда помеха воздействует на конкретный сейсмоприемник и не воздействует на соседний, стоящий рядом с ним. Что может быть такой помехой? Удары по конкретному сейсмоприемнику ветки куста или неисправность этого же конкретного сейсмоприемника? Других источников таких помех нет. Все другие помехи, имеющие волновую природу, учитывая относительно малые скорости их распространения, будут одинаково воздействовать на рядом стоящие (в условной "точке") сейсмоприемники.

"Осреднение условий установки"?... Здесь имеется в виду, что не все сейсмоприемники, собранные в "точку" на пункте приема вертикально установлены и не у всех обеспечен хороший контакт с грунтом. Фактически мы стараемся несколько раз продублировать, возможно, неблагоприятный контакт, в надежде на то, что, может быть, нам удастся уменьшить его негативное влияние. Но ведь такие ошибки, с одной стороны, могут накапливаться и усиливать негативный эффект, а с другой - могут быть просто не допущены благодаря специальной тщательности выполнения процедуры установки каждого одиночного сейсмоприемника на каждом ПП (просто для этого должны быть созданы предпосылки).

Со временем размеры групп все больше ограничиваются применяемыми интервалами между ПП, которые, при стремлении к повышению горизонтальной разрешающей способности, имеют тенденцию к уменьшению, и уже сейчас слишком малы для обеспечения высокого подавления поверхностных волн.

Сейчас группы уже редко целенаправленно

настраиваются на подавление конкретных волн-помех, то есть уже утрачено первоначальное назначение группирования.

Применение для приема колебаний интерференционных систем в то же время содержит в себе и ряд определенно негативных факторов.

- Группа сейсморемников выступает как полосовой фильтр, ослабляя высокие и низкие частоты в спектрах полезных волн и, тем самым, снижая разрешающую способность метода. Часто кривизной фронта регистрируемой полезной волны пренебречь нельзя, не внося фильтрующего действия при суммировании сигналов от различных сейсморемников в группе.

- В пределах каждого пункта приема действует внутренняя топография, и таким образом, каждый сейсморемник имеет свою статистику, которая, накапливаясь в группе, приводит к искажениям регистрируемых волн. Эту статистику невозможно учесть, она же может сильно исказить регистрируемые сигналы. Влияние внутренней топографии на характеристики интерференционного приема тем больше, чем ниже скорости регистрируемых волн (это особенно важно при 3С работах).

- Через большое количество соединений происходят утечки напряжения, а соединительные провода, как антенны, улавливают различные наводки, приводящие к дополнительному ухудшению соотношения сигнал/помеха.

При многоволновой 3С сейсморазведке к приему колебаний существуют еще более высокие требования. В этой модификации исследований, необходимо определение углов подхода волн, т.к. зависимость скорости волны от угла ее распространения является одним из исследуемых параметров при изучении анизотропных свойств среды. Нужна строгая географическая ориентация пунктов приема (как же быть с группами?), а скорости полезных поперечных волн приближаются по величине к скоростям поверхностных волн. Поэтому, даже при 2D-3С исследованиях, применяют более короткие строго ориентированные базы группирования, как правило, не существенно ослабляющие поверхностные волны. Погрешности же в установке сейсморемников и внутренняя топография группы при 3С наблюдениях оказывают еще большее мешающее влияние на качество регистрируемых данных, потому что скорости и интенсивность поперечных волн, как правило, меньше чем у продольных.

Практически все сейсморазведчики - исследователи согласны с тем, что при 3D и 3С работах необходимо отказаться от интерференционного приема колебаний.

Что же мы имеем в итоге?

- ♦ При 2D работах применение групп сейсморемников даже при ограниченной базе оправдано. При этом для изготовления групп сейсморемники необходимо тщательно отбирать по идентичности АЧХ, следить за их состоянием в процессе работ, правильно (вертикально/горизонтально и азимутально) устанавливать, обеспечивая их хороший контакт с грунтом.

- ♦ При 3D и 3С работах применение линейного группирования сейсморемников нецелесообразно, т.к. несет в себе больше вреда, чем пользы. В результате применения группирования мы можем достичь некоторого улучшения соотношения сигнал/помеха, подаваемого на вход регистрирующей системы, но при этом происходят искажения частотных, динамических и азимутальных характеристик регистрируемых волн.

- ♦ На современном уровне развития метода и достигнутом уровне его технической оснащенности - при проведении 3D и 3С исследований можно и нужно отказаться от систем интерференционного приема. Но для этого необходимо создать специальные сейсмические датчики, соответствующие требованиям современных технологий проведения наблюдений.

Применение для приема колебаний одиночных сейсмических датчиков нового поколения, очевидно, будет естественным шагом в развитии метода, следующим этапом продвижения вперед - шагом в будущее.

Требования к этим новым датчикам таковы:

- Датчики должны иметь высокую чувствительность приема, обеспечивающую регистрацию колебаний во всем, применяемом в настоящее время, динамическом диапазоне регистрации сейсмических данных.

- Необходимо чтобы их дизайн обеспечивал легко осуществимую вертикальную, горизонтальную (если это необходимо) и азимутальную ориентацию при установке и обеспечивал бы хороший контакт с грунтом.

Именно такие датчики для приема сейсмических колебаний и предложены компанией INPUT/OUTPUT.INC [1].

Разработанный, сконструированный и выпускаемый компанией INPUT/OUTPUT.INC сейсмический 3-х компонентный датчик нового поколения VectorSeis выполнен с использованием технологии МЭМС [1]. Это датчик - активный, цифровой, интеллектуально наполненный и согласованный с входом сеймостанции. Он производит самотестирование своего состояния, благодаря чему значительно сократилось время, необходимое для подготовки и отработки расстановки (заявлено 5 минут на подготовку 10 000 каналов). Он сам автоматически определяет угол своего отклонения от вертикали, который заносится в заголовок трасс и в последующем может быть учтен. Для улучшения контакта с грунтом он выполнен в виде цилиндра с конусовидным основанием, что способствует его легко осуществимому помещению в грунт. Для установки датчиков, при необходимости, предлагается использовать специальные устройства: ручные или пневматические буры - для предварительной подготовки установочных углублений (установочных гнезд) и специальные, ручные буссоли для их азимутальной ориентации.

Компания INPUT/OUTPUT предлагает с применением этих датчиков VectorSeis полностью отказаться от интерференционного приема колебаний.

При этом:

- обеспечивается практически неискаженный прием данных (АЧХ и ФЧХ датчиков плоские и линейные в диапазоне 1-1000 Гц) [1],

- на 10-25 % повышается производительность работ (нет необходимости расставлять группы сейсморемников) [1],

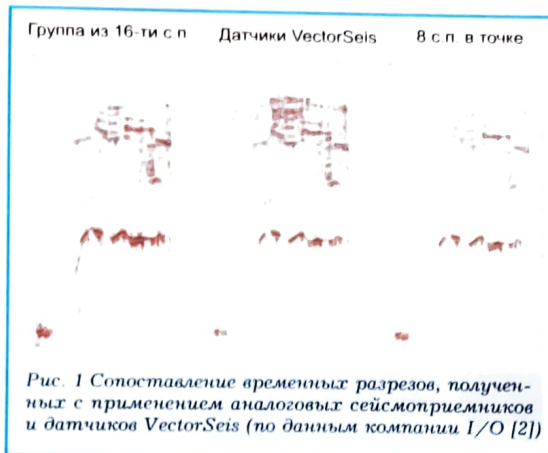
- впервые обеспечивается идентичность чувствительности всех пунктов приема при экономии времени на расстановку полевой системы наблюдения, благодаря способности датчиков учитывать угол своего отклонения от вертикали.

Фактически проведение исследований 3D-3С с применением этого оборудования впервые стало осуществимым в промышленных масштабах.

Важно отметить, что в составе такого оборудования сейсморемник перестает быть

ИННОВАЦИИ ПРИБОРЫ И СИСТЕМЫ





расходным материалом, а становится ценной частью регистрирующей системы - ДАТЧИКОМ сейсмических колебаний и отношение к нему меняется. Он дорого стоит, его необходимо бережно хранить, перевозить, устанавливать.

К настоящему времени во всем мире, различными геофизическими компаниями выполнено уже несколько сот проектов с применением датчиков VectorSeis. И конечно, пристальное внимание при реализации каждого проекта уделялось практическому изучению вопроса перехода к приему колебаний одиночными датчиками. Один из убедительных опубликованных результатов, приведен на рис. 1. Во всех без исключения случаях этот переход к применению для приема колебаний одиночных датчиков VectorSeis не только способствовал

успешному решению стоявших геологических задач, но и позволил значительно повысить производительность работ.

Очевидно, что на современном уровне развития методического и технического оснащения отказ от интерференционного приема явление закономерное, развитие метода этого требует, необходимые условия созрели, и первые способы реализации появились. Продолжать применять линейные группы сейсмоприемников при 3D и 3C вредно - это тормозит процесс развития, приводит к искажению результатов и применение интерференционных систем здесь неизбежно будет отторгнуто, как инородное тело в гармоничной системе.

Недалеко то время, когда единичные (не интерференционные) пункты приема на площадях исследований будут располагаться так же плотно как, в недавнем прошлом, сейсмоприемники в группе, и это, в свою очередь, опять вызовет дискуссию, потребует увеличения расходов на полевые работы и обработку данных, но неизбежно повысит информативность, детальность и надежность получаемых результатов.

Литература

1. Жгенти С.А., Смирнов Д.Н., Перегудов Ю.П.: "Новейшее оборудование INPUT/OUTPUT делает наземную 3-х компонентную сейсморазведку высокопроизводительной и надежной", - "Приборы и системы разведочной геофизики", № 02/2003. Саратовское отделение ЕАГО.
2. Cara Kiger: "Improving Seismic Imaging and Interpretation through Full wave Acquisition Technology", Форум I/O в Москве 21-22 сентября 2004г.



Компания "ГЕОСЕЙС"



**Предлагает геофизическим компаниям
оборудование в аренду
Сейсмостанции: SN 388; UL 408; INTROMARIN и другие
Источники возбуждения: ГЕОТОН; NOMAD 65; СВС 30**



Тел./факс: (095) 202-32-17, 202-32-27
e-mail: geoton@geoton.ru,
geoseis@col.ru
<http://www.geoton.ru/>

