

Возможности сейсморазведки на основе группирования источников "Геотон"

Анкушев В.В., Реззов В.И., ООО "Геосейс", г. Москва
Гурьев С.В., ОАО "Тюменнефтегеофизика", г. Тюмень

Импульсные электромагнитные сейсмические источники "Геотон" представляют новое направление в развитии средств возбуждения волн - групповые многоэлементные системы возбуждения.

Благодаря простой и исключительно надежной системе управления группой источников создаются благоприятные условия для эффективного изучения в едином технологическом процессе различных этажей геологического разреза, что может обеспечить более высокую точность сейсморазведки в сложных поверхностных условиях. Применением групповых импульсных источников обеспечивается также возможность более интенсивного развития многоволновой сейсморазведки. Несомненным достоинством источников "Геотон" является возможность выполнения работ в промышленных зонах на расстоянии 15-20 м от подземных коммуникаций и 60-100 м от зданий и сооружений.

Создание интерференционных систем, оптимально настроенных на выделение определенных типов волн, является основным методическим приемом сейсмометрии, особенно актуальным при возбуждении волн с поверхности земли. Группирование источников сейсмических волн является одним из мощных средств манипуляции интерференционными системами.

Для точного управления интерференционными системами необходимо источники возбуждения волн наделить определенными свойствами, такими как мобильность, четкость управления, компактность, возможность распределения сейсмического воздействия в пространстве и времени.

В наибольшей степени указанными свойствами

обладают поверхностные сейсмические источники, и в их ряду, источники "Геотон", по нашему мнению, являются наиболее удобными.

Особенностью источника "Геотон" является модульный принцип, согласно которому, компактный излучатель заданной мощности, являясь автономным, в смысле исполнения команд, стандартно встроены электрическими линиями в систему питания и управления группой [1].

Такая особенность позволяет конструировать различные композиции из источников и управлять фронтами излучения.

Простейшая композиция - это независимые источники, установленные по любой заданной схеме на местности и соединенные между собой кабелями питания и управления.

Такую композицию, из 4 - 8 источников, мы обычно применяем при выполнении работ ВСП.

Подбирая параметры расстановки источников на ближних пунктах возбуждения можно добиться подавления гидроволны, или трубной волны, которые образуются при воздействии прямой волны на ствол скважины.

Соответствующим подбором конструкции группы и задержками исполнения команд можно добиться требуемой направленности максимума излучения выбранного типа волн.

На рис. 1 показана следящая компонента волнового поля, возбуждаемого источником "Геотон" в процессе выполнения ВСП на глубину от 20 до 2700 метров. На сейсмограмме хорошо видны падающие обменные (PS) и поперечные (SS) волны.

Обладая уникальными технологическими возможностями источник "Геотон" может быть весьма полезен при выполнении ВСП с многокомпонентной регистрацией волнового поля.

При выполнении полевых сейсморазведочных работ модульный принцип позволяет легко создавать такие системы возбуждения волн, в которых сочетается гибкость адаптации группы к рельефу с возможностью оптимально настраивать интерференционные системы на изучение в едином технологическом цикле различных глубинных этажей геологического разреза различными типами волн.

Следует заметить, что в отличие от вибрационных источников, импульсные источники обладают свойством несмещения волновых полей различных глубинных этажей геологического разреза, что позволяет выполнять исследования волновых полей в большем динамическом диапазоне.

Кроме того, импульсные источники более приспособлены к возбуждению поперечных волн, за счет легкого осуществления сдвига спектра возбуждаемых колебаний в область низких частот, что трудно достигается в вибраторах. В этом отношении источник "Геотон" обладает большими возможностями.

На рис. 2 показаны две сейсмограммы, в одном из запольных районов Тюменской области на одной расстановке с применением вертикальных приемников.

Сейсмограмма (а) отображает волновое поле, возбужденное группой источников "Геотон". На ней хорошо видны два типа волновых полей высокочастотное поле Р волн и низкочастотное S волн. Возможность регистрации вертикальной составляющей поперечных волн в районах монопольной многолетней мерзлоты была отмечена Ю.П. Бевзенко и др. в 1977 году на материалах

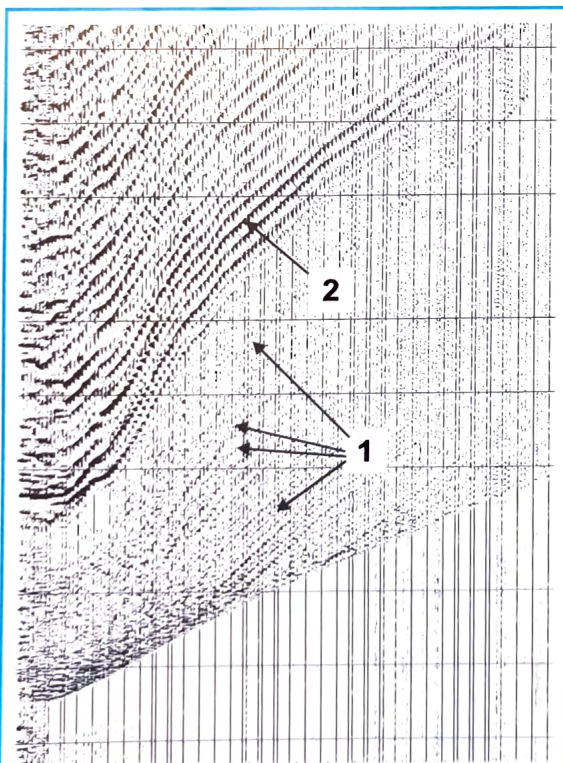


Рис. 1 Сейсмический профиль ВСП, R компонента.
1 - обменные падающие PS-волны;
2 - поперечные падающие SS-волны



ИННОВАЦИИ ПРИБОРЫ И СИСТЕМЫ

Уровень ослабления 20 Дб, как для вибрационного, так и для импульсного источников находится на частоте 45 Гц, при взрывном возбуждении, на частоте 80 Гц.

Таким образом, подтвержден тот факт, что неперывные источники в районах развития мерзлоты возбуждают более низкочастотные сигналы, чем взрывы, при этом следует отметить, что источник типа "Геотон" может дать сигнал с более широким спектром по сравнению с вибратором.

Существенным преимуществом вибрационных источников является быстрая накачка волновой энергии в среду при относительно низких удельных давлениях на грунт.

Импульсные источники в этом отношении могут составить конкуренцию вибрационным, если в их конструктивных решениях будет достигнута большая площадь контакта излучателей с грунтом в сочетании с заданным удельным давлением на грунт. В настоящее время основной задачей фирмы "Геотон" является создание на базе источников "Геотон" конструкций и системы управления, решающих задачу приближения эффективности импульсных источников к вибрационным с намерением превзойти эффективность вибрационных источников.

Мы находимся на пути к решению такой задачи. Нами и нашими партнерами уже получены результаты с применением группирования до 24 источников в группе с общей площадью контакта с грунтом до 17 м².

В январе 2004 года на профиле №7 протяженности 7 км Встречной площади Майского месторождения сейсморазведочной партией №2 ОАО "Самаранефтегеофизика" были выполнены опытные работы, имевшие целью сравнение эффективности источников "Геотон" и взрывов.

Сейсмогеологические условия участка работ являются характерными для центральной части Западной Сибири. Рельеф участка относительно спокойный с изменением отметок 63 - 78 м на начальной половине профиля, и 73 - 82 м на конечной половине профиля.

Первым шагом опытных работ было опробование различного количества источников в группе и сравнение параметров волновых полей, возбуждаемых группой от 2 до 16 источников "Геотон", при различном числе накоплений и взрывами зарядов массой 0,32 кг на глубинах от 8 до 18 м. Опытные работы выполнены на пикете 108 с абсолютной отметкой рельефа 75 м.

Сейсмограммы взрывных возбуждений характеризуются практически одинаковым качеством, и наличием признаков конуса низкоскоростных помех лишь при глубине взрыва 8 м и менее, что является признаком малой мощности ЗМС, не превышающей 7 м.

Сейсмограммы, возбуждаемые группой 2, 4, и 16 источников "Геотон", характеризуются наличием конуса низкоскоростных помех, что характерно для возбуждения волн в толще ЗМС. С увеличением количества источников в группе увеличивается отношение сигнал/помеха.

Изменение частот сигналов и отношения сигнал/помеха в зависимости от количества источников "Геотон" показано в таблице 1.

Согласно представленной таблице увеличение

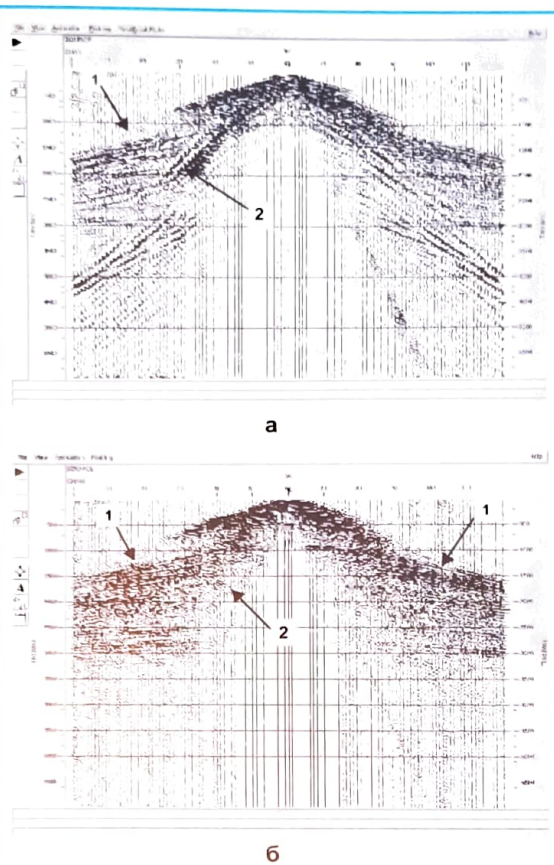


Рис. 2 Сейсмограммы МОВ ОПВ (ЯНАО)

а) - возбуждение волн группой сейсмоисточников "Геотон";

б) - возбуждение волн группой вибраторов "М-27"

1 - продольные отраженные волны;

2 - поперечные отраженные волны

полуострова Ямал [2] и в настоящее время эти волны используются для интерпретации [3]. На рис. 26 показана коррелограмма, отображающая волновое поле, возбужденное на том же пункте, группой вибраторов. Уровень энергии низкочастотных поперечных волн существенно снижен.

Из приведенного сравнения волновых полей можно сделать вывод о большой перспективности применения источников "Геотон" для многоволновой сейсморазведки.

На рис. 3 показан фрагмент профиля 48-кратного ОГТ, обработанного с применением взрывов, 4-х 27 тоннных вибраторов и 24-х источников "Геотон".

Анализ спектров сейсмических сигналов в диапазоне 0,8 - 2,9 с по представленному участку профиля показывает различия в различных способах возбуждения волн.

Максимум спектров сейсмических сигналов находится на частоте 20 Гц для всех трех способов возбуждения.

При взрывном возбуждении ослабление сигнала на 40 Дб происходит на частоте 150 Гц; при вибрационном - на частоте 52 Гц; при возбуждении источником "Геотон" на частоте 90 Гц.

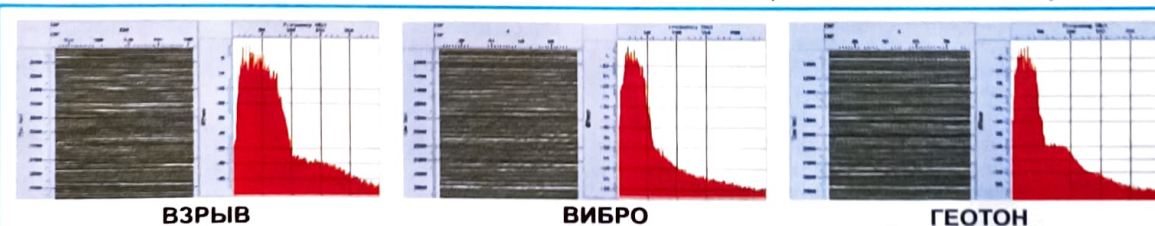


Рис. 3 Сравнение спектров сейсмических сигналов

Таблица 1 Объем групп и параметры сигналов

Кол. Источников	Макс. частота сигнала, Гц	Средняя частота сигнала, Гц	Отношение сигнал/помеха	Кв. корень из темпа увелич. количества источников	Темп увелич. отношения сигнал/помеха	Отношение темпов
2	25,5	26,4	0,485			
4	25	24,5	0,848	1,41	1,411,74	1,23
6	25	23,5	0,483	1,22	1,221,16	0,95
8	25,2	23,34	1,228	1,15	1,151,25	1,09
10	22,7	25,1	1,263	1,12	1,121,03	0,93
12	22	24,3	1,453	1,1	1,11,15	1,05
14	22	25,03	1,51	1,08	1,081,04	0,96
16	22	23,73	1,623	1,08	1,08	1
				ср. 1,17	ср. 1,17ср. 1,20	ср. 1,03

количества источников в 8 раз (от 2 до 16) привело к понижению максимальной частоты сигнала на 14%, средней частоты сигнала - на 4%, отношение сигнал/помеха увеличилось в 3,35 раза. Средний темп увеличения отношения сигнал/помеха (1,2) соответствует корню квадратному из среднего темпа изменения отношения количества источников в группе (1,17), что полностью соответствует теории интерференционных систем и свидетельствует безупречной работе системы синхронизации источников.

Незначительное снижение средней частоты сигналов при увеличении в 8 раз количества источников в группе, также объясняется надежной работой системы синхронизации.

При возбуждении волн взрывами максимальная частота сигнала 18,5 Гц, средняя - 21,8 Гц, что, соответственно, на 22% и на 10% ниже, чем при возбуждении группой из 16 источников "Геотон".

Экспериментально установлено, что отношение сигнал/помеха на сейсмограммах, полученных от взрыва несколько выше, чем от группового источника "Геотон" (при взрывах - 1,73, при группировании 16 источников - 1,62).

Для сравнения эффективности источников "Геотон" и взрывов был отработан профиль ОГТ протяженностью 7 км. В результате анализа полученных временных разрезов установлено, что отношение сигнал/помеха для взрывов выше на участке пониженного рельефа и одинаковое для взрывов и источников "Геотон" на возвышенном участке рельефа. Средние и максимальные частоты, а также частотные спектры сигналов для обоих типов возбуждения волн одинаковы. Вместе с тем, для взрывного возбуждения характерна более стабильная волновая картина, что объясняется возбуждением волн ниже подошвы ЗМС.

Обсуждая полученные результаты можно сделать следующие выводы:

- источник "Геотон" возбуждает волновое поле вполне сопоставляемое с взрывами;
- по своим свойствам источник "Геотон" пригоден для решения современных геологических задач нефтегазовой сейсморазведки;
- существенной проблемой в применении источников "Геотон", как и других поверхностных источников является учет влияния ВЧР.

Известно, что при возбуждении волн на поверхности земли возникают проблемы, связанные с изменчивостью зоны малых скоростей, с образованием поверхностных волн, а также с образованием волн-спутников с малыми задержками [4].

Практикой применения технологии многоуровневой сейсморазведки показано, что применение нескольких различных по параметрам приемно-регистрирующих систем обеспечивает изучение глубинных и приповерхностных этажей геологического разреза в едином технологическом процессе [5].

Применение многоэлементных групп источников

"Геотон" создает условия для совершенствования технологии многоуровневой сейсморазведки за счет применения в дополнение к различным приемно-регистрирующим системам, разлагающимся по параметрам систем возбуждения.

Это достигается возбуждением волн несколькими сеансами, в каждом из которых задействовано различное количество источников, включаемых одновременно, либо последовательно по заранее определенной и установленной в системе управления программе.

В настоящее время фирма "Геосейс" ведет работы по созданию оборудования для реализации этой идеи.

В результате исследования волновых полей, возбуждаемых источниками "Геотон", установлено, что поверхностные источники стабильно возбуждают поперечные волны, что создает благоприятную перспективу их использования в сейсмических исследованиях с применением продольных, поперечных и обменных волн, тем более, что программирование задержек при возбуждении позволяет регулировать направленность излучения сейсмических волн.

По заключению специалистов "ВНИИГеофизика" группу из 16 источников "Геотон" допускается эксплуатировать на расстоянии 20 м до подземных коммуникаций и 80 - 100 м до наземных зданий и сооружений, что создает благоприятную перспективу их использования в промзонах.

Наконец, следует обратить внимание на простоту конструкции источников "Геотон", их практическую независимость от климатических условий, низкие эксплуатационные расходы, что предопределяет высокую рентабельность их применения в сейсморазведочных работах.

Литература

1. Анкушев В.В., Гурьев С.В., Резвов В.И. Импульсный санный электромагнитный сейсмоисточник "Геотон": особенности выбора основных силовых параметров, конструкция и применение. Журнал "Геофизика", ЕАГО, спец. выпуск, 2004, с. 120-122.
2. Бевзенко Ю.П., Иванов В.И., Луцкий В.И. "Некоторые особенности сейсмического поля в северных районах Западной Сибири. Труды Зап. Сиб. Науч. исслед. геологоразвед. нефт. ин. та, вып. 114, 1977, с. 102-106.
3. Бевзенко Ю.П., Долгих Ю.Н. "Выделение и использование вертикальной составляющей поперечных волн в районах развития мерзлых толщ" Журнал "Горные ведомости" № 3, 2004, стр. 39-43.
4. Бевзенко Ю.П., Долгих Ю.Н., Трандин С.М. Многоуровневая сейсморазведка. Повышение точности сейсморазведочных работ на основе изучения ВЧР и учета волн-спутников с малой задержкой. Журнал "Горные ведомости", № 2, 2004.
5. Бевзенко Ю.П., Долгих Ю.Н. Техника и технология многоуровневых сейсмических исследований на севере Западной Сибири. Журнал "Приборы и системы разведочной геофизики", № 2, 2004, с. 31-35.

Буксируемые косы для исследования ВЧР

Козловский Н.К., Качагин А.А., ООО "ОЙО-ГЕО Импульс Интернэшнл"; г. Уфа;
Воронцов И.В., ОАО "Тюменнефтегеофизика", г. Тюмень

Вследствие сильной изменчивости сейсмо-геологических условий в ВЧР по латерали и глубине, необходимы разрешающая способность и связанная с ней детальность исследования, существенно превосходящие таковые в "основной" съемке. С этим же связано условие непрерывного ведения работ по профилям МОГТ. Таким образом, требуется исследовать то же количество погонных километров, что и в "основной" съемке с детальностью, а, следовательно, и количеством физических наблюдений на порядок выше. Возникает проблема, для решения которой должен быть найден приемлемый баланс между результатами работ, их стоимостью и производительностью. Испытания показали, что при включении в полевой комплекс буксируемой косы, отмеченная проблема может быть решена.

Хронометраж выполнения малоглубинных исследований однозначно показывает, что основные затраты времени приходятся на расстановку сейсмоприемников и перекладку кос. Поэтому, на первый взгляд, практически безальтернативный вариант - использование буксируемых устройств. Буксируемые приемные устройства известны давно [1]. Опубликованы результаты их применения при морских исследованиях [2, 3], изучении ВЧР для введения статических поправок [4], при гляциологических [5] и археологических [6] исследованиях. Тем не менее, объем применения буксируемых систем, особенно на суше, ограничен. С точки зрения качества получаемых материалов ограничений нет. Теоретически и экспериментально показано [7], что при соблюдении некоторых условий, достигается идентичность сигналов, принимаемых обычными и буксируемыми системами (рис. 1). К таким условиям относятся, прежде всего, массогабаритные показатели и, соответственно, удельная нагрузка на грунт. Улучшает результат и образование борозды в

снегу, песке и др.

Ограничения по применению буксируемых приемных систем связаны, на наш взгляд, с отсутствием использующих их эффективных технологий, востребованных практикой нефтегазопроисковых сейсморазведочных работ. Прежде всего, это относится к прямым исследованиям ВЧР в районах со сложными приповерхностными условиями. Специалистами ОАО "Тюменнефтегеофизика" предложена технология микроМОВ, предусматривающая использование высокопроизводительной буксируемой приемной системы. В России буксируемые системы, специализированные для исследования ВЧР, промышленно не выпускались. Предложение о совместной деятельности в этом направлении нашло отклик в ООО "ОЙО-ГЕО Импульс Интернэшнл". Результаты работы представлены ниже.

Таблица 1 Технические характеристики двухгеофонной самоориентирующейся системы

Длина, мм	250
Диаметр, мм	51
Вес в воздухе, кг	1,65
Рабочая глубина, м	до 5
Продольное разрывное усилие, кН	150
Максимальный угол наклона КП, град	30
Угол поворота КП в продольной оси, град	360
Геофон:	
- собственная частота, Гц	10±2,5%
- чувствительность, В/м/с	39,2±5%
- степень затухания, %	70±5%

Исходно рассматривались различные конструкции буксируемых систем, в т.ч. и с обычными датчиками на плоских платформах-салазках. Тем не менее, более сложная конструкция с самоориентирующимися датчиками оказалась удобной не только из-за

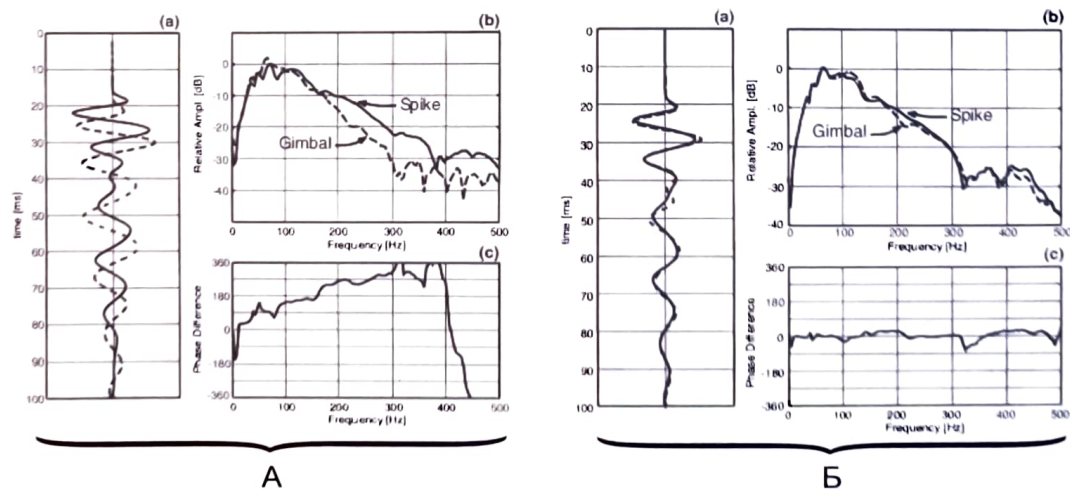


Рис.1 Сравнительные данные для обычного (Spike) и буксируемого (Gimbal) датчиков:
А - Буксируемый датчик лежит на поверхности грунта
Б - Буксируемый датчик находится в борозде

