

Некоторые аспекты практического применения вибрационных источников в условиях северных широт.

С.А. Онищенко, П.В. Цыганенко, ЗАО «Полярная геофизическая экспедиция», г. Новый Уренгой, ЯНАО, Тюменская обл..



Технологии XXI столетия требуют применение новых подходов к решению геологических задач и производству геологоразведочных работ. К сейсморазведочным исследованиям предъявляются новые требования, которые невыполнимы без применения современных методических и технических средств. Постепенно уходит в прошлое ранее широко используемый в сейсморазведке взрывной метод возбуждения упругих колебаний. Данный метод отягощен такими неприемлемыми в новых условиях характеристиками, как повышенная трудоемкость и опасность буровзрывных работ, экологическая опасность, разрушение и загрязнение плодородного слоя, ограниченность применения в районах с промышленными и гражданскими объектами.

Традиционно при производстве сейсморазведочных работ взрывным методом используется энергия от взрывов небольших зарядов ВВ в неглубоких скважинах. За счет развития большой мощности возбуждается исходный сейсмический импульс, близкий по форме к единичному импульсу и обогащенный высокочастотными компонентами. Однако существенная часть энергии уходит на создание неупругих деформаций, т.е. просто на разрушение пород околозарядного пространства в скважине. Увеличение мощности исходного импульса нелинейно зависит от увеличения массы заряда, поскольку после некоторого порогового значения существенно замедляется рост амплитуды исходного упругого сигнала, происходит обеднение спектра высокочастотными составляющими и спектр смещается в область низких частот. Увеличение заряда приводит к изменению его формы, источник теряет свои точечные свойства и становится линейным (при возбуждении из скважин), изменяется соотношение продольной и поперечной составляющих возбуждаемых колебаний. Рассредоточение заряда увеличивает трудоемкость дорогостоящих буровзрывных работ и не всегда приводит к желаемому результату.

Форма сейсмического импульса при взрывном способе возбуждения существенно зависит и от условий заложения заряда, поэтому практически

очень сложно добиться ее стабильности. Реальную форму импульса возможно определить только по сигналу, снятому с геофона, расположенному вблизи точки взрыва. Как свидетельствует многолетний опыт, форма исходного сейсмического импульса близка к минимально-фазовой, носит сложный характер и может быть с большим приближением аппроксимирована импульсом известного вида. Величина сдвига фаз не постоянна и зависит от целого ряда причин. Управлять формой исходного импульса при взрывном способе возбуждения упругих колебаний не представляется возможным.

В качестве альтернативы наземным взрывным источникам возбуждения наибольшее развитие в последнее время получили вибрационные источники, использующие для возбуждения упругих колебаний приложение переменных во времени динамических нагрузок непосредственно к земной поверхности.

Возбуждение упругих колебаний вибрационными источниками позволяет послать заранее сформированный и поддающийся математическому описанию импульс. Таким образом, мы можем управлять формой исходного сигнала, что очень важно для последующей расшифровки получаемых откликов среды (регистрируемого волнового поля). Оптимальный набор параметров исходного импульса (т.н. свип-сигнала), при знании параметров исследуемого геологического разреза, возможно подобрать при помощи моделирования уже на этапе проектирования работ, в то время как реальное волновое поле при взрывных работах может существенно отличаться от синтетического, поскольку реальный сейсмический импульс невозможно предугадать и точно описать математически. Важная особенность возможности генерирования свип-сигнала и управления его параметрами заключается в реальности подбора таких параметров, которые наилучшим образом и в наибольшей степени позволяют решать конкретную геологическую задачу. В частности, все больший интерес вызывают сейсморазведочные исследования в узкой полосе резонансных гармоник.

В отличие от взрывного метода возбуждение упругих колебаний вибрационными источниками создает слабое по интенсивности волновое поле. В то же время, существует много вариантов усиления энергии исходного импульса без искажения его первоначальной формы. Это группирование вибрационных источников, увеличение длины опорного свип-сигнала, увеличение числа накоплений, возможность реализации динамического и более сложных схем группирования источников. Постоянно совершенствующаяся аппаратура управления и синхронизации позволяет свести к минимуму эффекты несинового накопления.

Вибрационные источники в ЗАО «Полярная геофизическая экспедиция» эксплуатируются с 2003 года. Первыми в экспедиции появились вибрационные источники KZ-23B на колесном ходу производства BPG, Special VEHICLE Manufacturing Co. Ltd (Китай). Вибраторы KZ-

Таблица 1. Основные технические характеристики вибраторов

Характеристики	KZ-23	NOMAD 65T
Пиковое усилие, кН	230	276
Прижимной вес, кН	223	283
Вес реактивной массы, кг	3540	4082
Вес плиты, кг	1180	1560
Общий вес вибратора, кг	23400	40000
Клиренс, мм	540	500
Изоляция плиты	4 возд. подушки	6 возд. подушек
Тип электроники	Pelton Adv.II, Adv.III, Sercel VE416,432	Pelton Adv.II, Adv.III, Sercel VE416,432
Частотный диапазон, Гц	6-250	7-250

МИФЫ И ПАРАДОКСЫ ВИБРОСЕЙСМОРАЗВЕДКИ
ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ



Рис. 1. Группа вибрационных источников в работе: а) вибраторы KZ-23B на профиле; б) вибраторы NOMAD 65T на профиле

23B эксплуатировались с системой управления Pelton Advace II, затем были переведены на систему VE 432. В 2006 году приобретены вибрационные источники на гусеничном ходу NOMAD 65T производства Sersel (Франция) с системой управления VE 432. Все сейсморазведочные работы проводятся в зимний полевой сезон в условиях севера Западной Сибири (Ямало-Ненецкий АО). На сегодняшний день с применением вибрационных источников ЗАО «Полярная геофизическая экспедиция» отработала более 70 тыс. ф.н., что составляет площадь около 1500 км².

Внешний вид вибрационных источников KZ-23B и NOMAD 65T показан на рис.1, а основные характеристики приведены в таблице 1.

При правильно подобранных параметрах опорного свип-сигнала зарегистрированное сейсмическое волновое поле от возбуждения вибрационными источниками практически не отличается от взрывных источников. На рис.2 приведен составной временной разрез (arbitrary line) в левой части состоящий из взрывного профиля МОГТ 2D (а), а справа — из линии куба МОГТ 3D, отработанного вибрационными источниками NOMAD 65T. Необходимо отметить, что после применения одинаковых процедур

обработки обе части составного профиля имеют достаточно высокую разрешенность сейсмической записи и полное сходство по волновой картине. Амплитудно-частотные спектры по указанным частям данного составного профиля приведены на рис. 3 и показывают для вибрационных источников даже более широкий динамический диапазон сейсмической записи.

В зимний полевой сезон 2006-2007 г.г. непродолжительное время на одной площади совместно эксплуатировались вибраторы KZ-23B и NOMAD 65T. Работы проводились двумя группами, причем группа вибрационных источников NOMAD 65T работала в более сложных, с точки зрения передвижения по профилю, ландшафтных условиях (изрезанная оврагами пойменная часть реки). Перед началом совместного использования были проведены проверки на синхронность и фазовую идентичность вибраторов разных производителей: KZ-23B и NOMAD 65T. Анализ результатов проверки не выявил никаких расхождений и позволил рекомендовать совместную работу вибраторов с одинаковыми параметрами опорного свип-сигнала. Зарегистрированное в результате этих работ волновое поле имеет абсолютно одинаковые кинематические и динамические характерис-

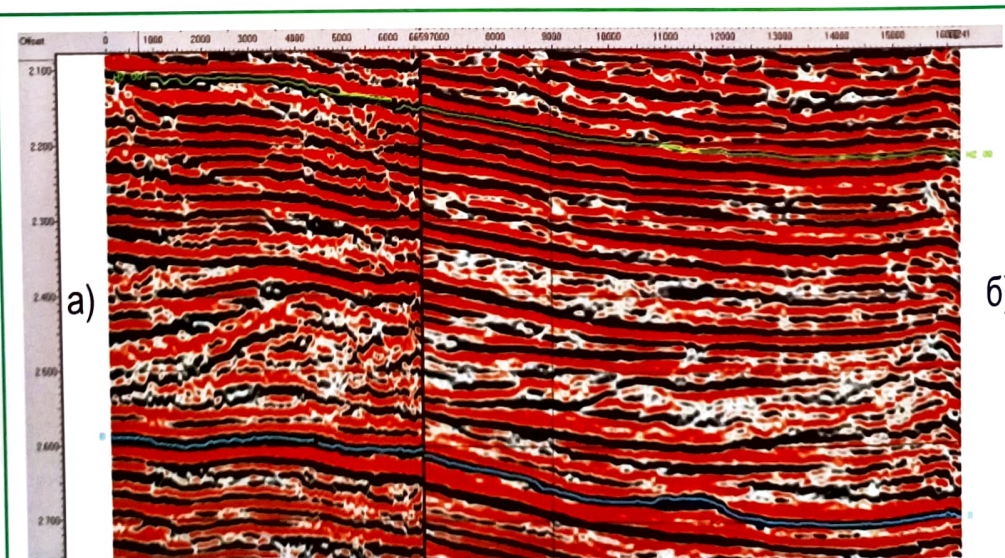


Рис. 2. Составной временной разрез (arbitrary line) из профиля МОГТ 2D, отработанного со взрывными источниками, и куба МОГТ 3D, отработанного вибрационными источниками. а) взрывные источники; б) вибраторы NOMAD 65T

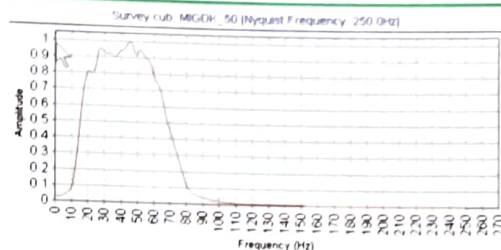
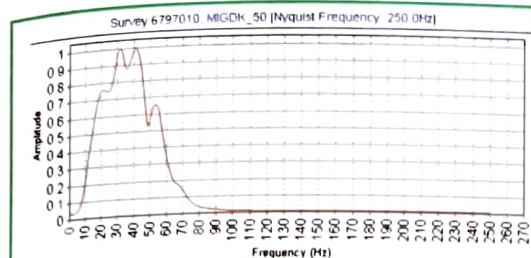


Рис. 3. Амплитудно-частотные спектры составного временного разреза (arbitrary line) по профилю МОГТ 2D, отработанного со взрывными источниками (а), и кубу МОГТ 3D, отработанного вибрационными источниками (б)

тики, независимо от типа используемого вибрационного источника.

Сейсморазведочные данные, полученные с использованием вибрационных источников, прекрасно сохраняют все динамические особенности волнового поля, обусловленные реальным строением исследуемого геологического разреза.



Рис. 4. Пример выделения динамической аномалии типа «яркое пятно» во временном поле куба МОГТ 3D, отработанного вибрационными источниками KZ-23B

Обработка таких данных с сохранением истинного соотношения амплитуд (динамическая обработка) и последующая интерпретация доказывают наличие тесной связи аномалий сейсмической записи с изменениями параметров геологической среды (изменение литологического состава пластов, свойств коллектора, характера флюидонасыщения и т.п.).

На рис.4 приведен пример выделения в волновой картине временного динамического куба МОГТ 3D, отработанного вибрационными источниками KZ-23B, динамической аномалии типа «яркое пятно», предположительно связанного с насыщением продуктивного горизонта в интервале развития пласта ПК18 углеводородами. Последующая совместная интерпретация результатов динамического анализа, данных бурения и ГИС позволили по данной аномалии очертить известную залежь УВ.

Рис.5 также иллюстрирует один из результатов динамического анализа волнового поля куба МОГТ 3D, полученного с использованием вибрационных источников KZ-23B. На временных динамических срезах в восточной части площади хорошо прослеживается конус выноса в интервале ачимовской толщи. Такие объекты представляют несомненный интерес, поскольку с ними связаны зоны развития песчаных коллекторов и улучшения коллекторских свойств пород.

Положительный опыт использования при производстве сейсморазведочных работ МОГТ 2D и МОГТ 3D в ЗАО «Полярная геофизическая экспедиция» вибрационных источников доказывает их полную состоятельность как альтернативных взрывному способу возбуждения источников

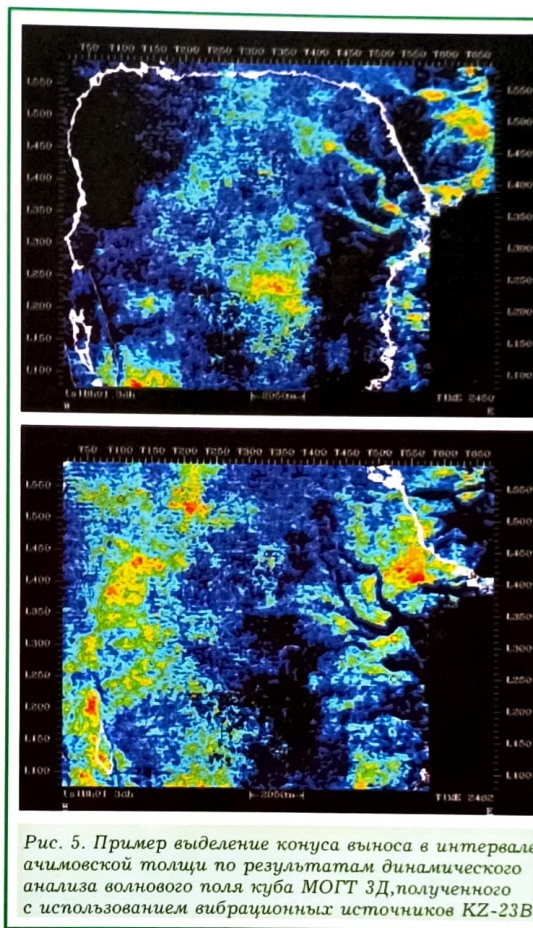


Рис. 5. Пример выделения конуса выноса в интервале ачимовской толщи по результатам динамического анализа волнового поля куба МОГТ 3D, полученного с использованием вибрационных источников KZ-23B

упругих колебаний. Эффективность вибрационных источников особенно ощущается при проведении объемной сейсморазведочной съемки МОГТ 3D, так как в этом случае не требуется колоссальных затрат на предварительное бурение большого числа взрывных скважин, а оперативная переработка неудовлетворительных физических наблюдений позволяет полностью исключить пропуски в системе наблюдения и брак.

В заключение хочется отметить длительную стабильную и надежную работу вибраторов KZ-23B, которые как источники вибрационных колебаний не вызывают никаких нареканий. Единственная отрицательная сторона этих источников — колесный ход, требующий тщательной зачистки профилей даже при неглубоком снежном покрове. Но по соотношению «цена/качество» данные вибраторы составляют серьезную конкуренцию своим более дорогим аналогам других производителей.



МИФЫ И ПАРАДОКСЫ ВИБРОСЕЙСМОРАЗВЕДКИ ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ