

Невзрывное возбуждение колебаний в наземной сейсморазведке: состояние и перспективы

Шнеерсон М.Б., Жуков А.П., ООО «Геофизические системы данных», г. Москва

Сейсморазведка начинается с возбуждения колебаний, которое приводит к образованию в среде волнового поля, регистрируемого на поверхности или в скважинах. Вопросам возбуждения колебаний посвящено значительное число работ, тем не менее, целесообразно остановиться на некоторых важных вопросах, определяющих характер протекающих процессов и особенности генерируемых волн.

Для возбуждения волнового процесса необходимо приложить к среде внешнюю нагрузку, которая может носить импульсный, вибрационный или вибро-импульсный (кодо-импульсный) характер. Вибро-импульсное возбуждение представляет собой последовательность коротких однополярных или разнополярных импульсов, следующих друг за другом с небольшими переменными или постоянными временными интервалами. В сейсморазведке этот вид возбуждения сейчас практически не применяется, хотя и имеет определенные преимущества по сравнению с двумя другими направлениями невзрывного генерирования волн.

Под действием внешней нагрузки точки среды выходят из положения равновесия и в ней возникает и начинает распространяться волновой процесс, который приводит к образованию отраженных, преломленных и других волн, используемых различными методами сейсморазведки для решения региональных, поисковых и разведочных задач.

Внешние нагрузки передаются среде рабочим элементом, которым для наземного излучателя является жесткая металлическая плита, а для скважинного – ударник или какое-либо другое устройство, воздействующее на стенки скважины. Во всех случаях геометрические размеры одиночных излучающих элементов невзрывных установок во много раз меньше длин возбуждаемых волн, что позволяет относить их к разряду точечных источников колебаний и представлять их точечной силой, действующей на поверхности или в скважине. Характеристики направленности таких источников имеют сравнительно простые формы, определяемые типом возбуждаемых волн и условиями приложения нагрузок (скважина, поверхность). Одновременная работа нескольких единичных источников на определенной базе приводит к тому, что их совокупные геометрические размеры становятся сопоставимыми с длинами генерируемых волн, вследствие чего характеристика направленности группы излучателей трансформируется и на ней появляются области основного, промежуточных и побочного максимумов, что позволяет направленно усиливать полезные и ослаблять мешающие волны в зависимости от их кажущихся скоростей и частотного состава.

При приложении нагрузок к точкам среды в ней возникают силы противодействия, основные из которых следующие:

- силы инерции, препятствующие смещению материальных точек среды и равные произведению массы выводимого из равновесия объема пород на его ускорение;
- силы упругого восстановления, которые определяются коэффициентом упругости пород, умноженным на величину смещения выведенного из равновесия объема пород;

- силы вязкого сопротивления, расходуемые на возбуждение волн и равные произведению коэффициента неупругого сопротивления на скорость смещения объема пород.

Определив действующие при возбуждении колебаний силы, можно составить дифференциальное уравнение движения точек среды, выведенных из положения равновесия:

$$M\ddot{u} + G\dot{u} + Cu = F(t), \quad (1)$$

где M - масса выведенного из равновесия объема пород (т.н. присоединенная масса грунта); G - коэффициент неупругого сопротивления пород; C - величина пропорциональная коэффициенту упругости пород; $\ddot{u}$, $\dot{u}$, u - ускорение, скорость и смещение объема пород, соответственно; $F(t)$ - внешняя сила.

Поделив обе части уравнения (1) на M , получим каноническое уравнение движения, широко используемое при описании колебательных механических систем:

$$\ddot{u} + 2h\dot{u} + n^2u = \frac{F(t)}{M}, \quad (2)$$

где $2h = \frac{G}{M}$ - затухание, $n = \sqrt{\frac{C}{M}}$ - собственная частота колебаний системы.

Решение уравнения (2) определяется характером внешней нагрузки.

При импульсном возбуждении, при котором время действия силы $F(t)$ существенно меньше периода возбуждаемых колебаний (стремится к нулю), уравнение (2) преобразуется к виду:

$$\ddot{u} + 2h\dot{u} + n^2u = 0, \quad (3)$$

Точки среды при этом совершают собственные колебания с частотой n , которая определяется массой и упругими свойствами присоединенного объема грунта. На этой частоте смещения частиц пород будут наибольшими и возбуждаемые колебания будут иметь резонансные амплитудно-частотные характеристики с максимумами на частоте собственных колебаний. Применительно к сейсморазведке этот результат важен тем, что он позволяет объяснить наблюдаемую качественную зависимость, по которой с увеличением энергетического (силового) параметра источника понижается частота возбуждаемых волн. Действительно, чем более мощный источник, тем больший объем пород выводится им из положения равновесия и тем ниже частоты собственных колебаний и, как следствие, возбуждаемых и регистрируемых волн. Эта зависимость подтверждена многочисленными экспериментальными данными и достаточно широко используется на практике.

При вибрационном возбуждении колебаний к точкам среды прикладываются переменные во времени квазигармонические нагрузки, время действия которых во много раз превышает периоды волн в импульсной сейсморазведке. Под их действием точки среды выходят из положения равновесия и начинают совершать вынужденные колебательные движения в соответствии с характером внешней нагрузки. При квазигармонических внешних нагрузках уравнение (2) преобразуется к виду:



ТЕХНИЧЕСКИЕ ПРЕЗЕНТАЦИИ: НОВЕЙШИЕ
РАЗРАБОТКИ РОССИЙСКИХ СПЕЦИАЛИСТОВ



$$\ddot{u} + 2h\dot{u} + n^2u = F \cdot \frac{\sin[\omega(t)t]}{M}, \quad (4)$$

где $\omega(t)$ - текущее значение частоты, изменяющейся в процессе излучения колебаний.

В соответствии с (4) точки среды совершают вынужденные колебания, которые в вибрационной сейсморазведке носят квазисинусоидальный характер. На частоте $\omega = \eta$ будет наблюдаться резонанс - максимум амплитуд волн, величина которого определяется параметрами излучателя и среды. Как и при импульсном возбуждении, с увеличением силовых характеристик вибратора возрастает масса присоединенного объема грунта, что приводит к возбуждению более низкочастотных колебаний. Это положение также находит практическое подтверждение. С этих позиций стремление к увеличению силовых параметров вибраторов, что наблюдается в последнее время, не всегда оправдано.

После освещения общих положений возбуждения колебаний рассмотрим более детально способы генерирования волн в сейсморазведке.

Вибрационное возбуждение колебаний

Возбуждение колебаний производится путем приложения к поверхности земли переменных по частоте и значительных по длительности квазигармонических нагрузок с заданными параметрами, развиваемых специальными гидравлическими самоходными установками - вибраторами. В этом принципиальное отличие вибрационной сейсморазведки от импульсной. Электрический аналог квазигармонической нагрузки получил название «управляющего» или «сви́п» сигнала.

Основу всех используемых в сейсморазведке вибраторов составляет вибровозбудитель - гидравлический цилиндр двойного действия с поршнем, установленным в его середине. Поршень соединен с плитой, прижимаемой к поверхности земли весом транспортного средства, для создания положительных и отрицательных нагрузок. При подаче под давлением масла в пространство над и под поршнем создается внешняя сила, которая определяется произведением давления в полостях на площадь активной поверхности поршня. Эта сила получила название «пиковой», и она является одной из основных характеристик вибраторов. Вибрационные источники колебаний, сохраняя единый принцип действия, выпускаются несколькими отечественными и зарубежными фирмами с широким набором характеристик и специальных устройств для управления и контроля за их работой [3,5,7].

Основные из них следующие:

- пиковая сила - от 1.000 кг у «минивибраторов» до 25.000 - 30.000 кг и даже 40.000 кг у средних и самых мощных «разведочных» вибраторов; во всех случаях плита прижимается к поверхности грунта с усилием, превышающим величину пиковой силы с тем, чтобы исключить отрыв плиты от поверхности грунта;
- частотный диапазон возбуждаемых волн от 5 до 250 Гц (по проспектам), фактически от 5 - 10 Гц до 120 - 150 Гц; «минивибраторы» способны развивать усилия с частотой до 350 - 400 Гц;
- рабочие удельные нагрузки на грунт не превышают 1,5 - 2,0 кг/см², и они лежат в пределах упругих деформаций большинства грунтов;
- транспортная база, на которой размещен вибратор, может быть трех видов: автомобиль повышенной проходимости, специаль-

ное самоходное шасси (багги) с гидроприводом на движители (колеса) и вибровозбудитель и снегоболотоход (разновидность трактора) для работ в северных и пустынных районах;

- системы управления и контроля обеспечивают синхронный запуск установок, возбуждение различных управляющих сигналов (линейные частотно-модулированные сигналы с разверткой по частоте вверх и вниз, нелинейные частотно-модулированные сигналы, псевдослучайные сигналы для работ в городах и населенных пунктах вблизи зданий и сооружений и некоторые другие сигналы), текущий контроль за техническим состоянием вибраторов и параметрами возбуждаемых колебаний с передачей полученных данных на сейсмостанцию.

Парк выпускаемых промышленностью вибраторов достаточно разнообразен, что позволяет в соответствии с задачами и условиями работ выбрать установки, характеристики которых в наибольшей степени удовлетворяют требованиям заказчика и исполнителя работ.

Ограниченные усилия, развиваемые вибраторами, и приложение нагрузок к поверхности земли приводит к тому, что уровень возбуждаемых полезных волн оказывается относительно небольшим, а частотный состав пониженным из-за двойного прохождения волн в зоне малых скоростей и частотно-зависимого поглощения. Для повышения отношения сигнал/помеха и компенсации повышенного поглощения высоких частот в арсенале вибрационной сейсморазведки имеется комплекс технических и методических средств, успешно применяемый при проведении полевых работ [3,4,5,7]. Рассмотрим основные из них и сделаем краткие к ним комментарии.

Параметры управляющих сигналов определяются минимальной и максимальной частотами или его длительностью, или их производными (средняя и разностная частоты, а также скоростью изменения частоты, которая может быть постоянной (линейные частотно-модулированные сигналы) или переменной (нелинейные сигналы)).

Из общей теории вибрационной сейсморазведки следует, что для достижения хорошо разрешенных и динамически выраженных записей следует стремиться применять широкополосные сигналы с максимально возможной средней частотой и отношением максимальных частот к минимальным не меньше четырех.

Минимальная частота управляющего сигнала во многом определяет глубину разведки, которая возрастает по мере ее уменьшения. В этой связи, естественно стремление применять низкочастотные управляющие сигналы. Однако оно ограничено следующими факторами: большие перемещения поршня относительно инерционной массы, повышенные нагрузки на гидросистему излучателя и, как следствие, неустойчивая работа большинства вибраторов на частотах ниже 5-6 Гц, высокий уровень поверхностных волн и необходимость согласования минимальной частоты сигнала с собственной частотой используемых сейсмоприемников. В силу этих причин минимальная частота развертки соотносится с собственной частотой сейсмоприемников, отличаясь от нее на $\pm (2 - 3)$ Гц. Поэтому при использовании 10-ти герцовых приборов минимальную частоту развертки выбирают в пределах 8-12 Гц. При очень высоком уровне поверхностных, низкочастотных волн приходится в ряде случаев увеличивать минимальную частоту до 15 и даже 20 Гц. Отметим, что с появлением

24-х разрядных станций, имеющих большой динамический диапазон, подавление поверхностных может быть реализовано на ВЦ. В [5] отмечается, что смещение минимальной частоты развертки в область 6-8 Гц позволило заметно повысить качество глубоких целевых отражений при работах в одном из районов Западной Сибири на дорогах с грунтовым покрытием.

Максимальная частота сигнала определяет потенциальную разрешающую способность метода, и поэтому естественно стремление к ее увеличению. Однако, реализация этой возможности ограничивается конструктивными параметрами вибраторов и интенсивным поглощением высокочастотных составляющих отраженных волн, которое приводит к снижению уровня регистрируемых целевых волн. Поэтому выбор максимальной частоты развертки проводят по материалам опытных работ на основании спектрального анализа зарегистрированных волн. Во всех случаях она должна быть меньше правого среза фильтра зеркальных частот.

Повсеместно частотный диапазон сигнала-развертки выбирают в полосе от 8-12 до 90-120 Гц. При этом на этапе опытных работ, как правило, оценивают уровень высоких частот в спектре целевых волн с тем, чтобы исключить неэффективную работу вибраторов на повышенных частотах и обосновать целесообразность применения нелинейных разверток для насыщения разреза волнами требуемой частоты. В этом плане заслуживают внимания результаты, полученные в Саматлоре [5]. Спектральный анализ волновых полей показал, что уровень полезных волн на частотах 60-75 Гц невелик. Но сохранение их в полосе частот управляющего сигнала позволило получить лучшие результаты по сравнению с теми, которые наблюдались при сигналах с максимальной частотой 45-50 Гц.

Применение нелинейных разверток позволяет, в определенной степени, компенсировать затухание высоких частот, что очень важно при решении тонких задач. Практика применения нелинейных разверток подтверждает их эффективность, особенно при картировании средних по глубине отражающих горизонтов, в сочетании со специально подобранными управляющими сигналами для снижения уровня «звона» на корелограммах [4]. При работах с нелинейными развертками не следует применять сигналы с большим подъемом высоких частот, т.к. это ухудшает качество корелограмм, делая их более шумными и менее разрешенными.

Длительность управляющих сигналов определяет уровень возбуждаемых волн и отношение сигнал/помеха. С этих позиций целесообразно использовать длительные посылки. Однако они редко превышают 12-15 с и всегда существует стремление к их уменьшению. И лишь при региональных работах по изучению фундамента и более глубоких образований используют сигналы длительностью до 30-35с. Ограничения при выборе длительности управляющих сигналов обусловлены следующими причинами: снижение роста отношения сигнал/помеха (он пропорционален корню квадратному от длительности сигнала) и повышение вероятности регистрации интенсивных, ураганных помех. Поэтому при недостаточной интенсивности целевых волн целесообразно увеличивать число одновременно работающих установок, а не длительность управляющего сигнала.

Направление изменения частоты развертки от меньшей к большей (развертка вверх) или наоборот (развертка вниз) теоретически не должно влиять на качество материалов. Однако

на практике оно может быть различным. Обусловлено это тем, что недостаточная длительность управляющего сигнала при развертке вниз может приводить к тому, что образующиеся в процессе возбуждения колебаний нелинейные компоненты волнового поля (гармоники) будут регистрироваться на временах целевых горизонтов и перекрывать их [3]. Для исключения этого эффекта следует либо увеличивать длительность сигнала, либо разворачивать сигнал вверх по частоте. Во втором случае волны-гармоники уходят в отрицательную область времен и не искажают записи целевых волн. По этой причине чаще всего проводят работы с увеличивающимися по частоте сигналами (развертка вверх).

Знание посылаемых в среду сигналов позволяет направленно выбирать их параметры с учетом требуемой разрешенности целевых отраженных волн, особенностей их распространения в реальных средах и условий проведения работ. Эти подходы и возможности повышения эффективности работ реализованы в «адаптивной вибрационной сейсморазведке» [3].

Группирование вибраторов применяют для подавления регулярных помех и повышения отношения сигнал/помеха. Оптимальной является одновременная работа до 4-х, редко 5-ти вибраторов с одной установкой в резерве. Параметры группирования рассчитывают, исходя из кажущихся скоростей и спектрального состава регулярных волн-помех [5,7]. Чаще всего используют равномерные группы источников с ориентацией их по линии возбуждения. При высоком уровне регулярных помех и для их большего подавления применяют неравномерные, трапециевидные группы, которые сравнительно легко реализуются путем смещения вибраторов после одного - двух воздействий на интервал, равный или меньший расстоянию между установками. Определенное применение получили группы, ориентированные под определенным углом к линии возбуждения, которые позволяют снизить уровень боковых волн. Площадные группы нашли ограниченное использование из-за сложности их размещения на местности и увеличения затрат.

Синхронное накопление сигналов используют повсеместно для повышения отношения сигнал/нерегулярная помеха. Число накоплений, как правило, не превышает 10 - 12 из-за неэффективности увеличения числа слагаемых и снижения производительности работ. Поэтому целесообразно на этапе опытных работ выбирать оптимальное число накоплений, при котором еще наблюдается повышение уровня сигналов по отношению к нерегулярным помехам.

Современные вибраторы позволяют менять величину усилия на грунт в диапазоне от 50% до 90% от максимальной, что обеспечивает устойчивую и эффективную работу установок на различных грунтах с минимально возможными искажениями. Из теории и практики невзрывной сейсморазведки [7] следует, что зависимость между усилиями, развиваемыми источниками, и амплитудами возбуждаемых колебаний носит, как правило, нелинейный характер. Это предопределяет целесообразность выбора силового параметра по результатам опытных работ в той области значений, в которой еще наблюдается рост амплитуд отраженных волн без заметного снижения частоты регистрируемых целевых волн. Последнее обусловлено тем, что с увеличением силового воздействия на грунт снижается частота собственных колебаний и резонанса.

Проведение работ с вибрационными источниками колебаний основано на инструменталь-



ТЕХНИЧЕСКИЕ ПРЕЗЕНТАЦИИ: НОВЕЙШИЕ РАЗРАБОТКИ РОССИЙСКИХ СПЕЦИАЛИСТОВ

МОИ УНИВЕРСИТЕТЫ



ном контроле параметров каждого излучателя в группе. Это реализуется с помощью специальных систем контроля, которые позволяют оценивать параметры каждого вибровоздействия от всех излучателей в группе и информировать об этом оператора сейсмостанции, который принимает решение о выводе той или иной установки из группы и направлении ее на ремонт. На ее место ставится запасная установка и процесс отработки профиля или площади продолжается.

Принятая производственная технология проведения работ с вибрационными источниками колебаний предусматривает проведение корреляции виброграмм с электрическим аналогом управляющего сигнала в поле, на сейсмостанции. Прокоррелированные записи (коррелограммы) передаются на вычислительный центр для последующей обработки. Корреляция в поле снижает нагрузку на центр, но ограничивает, в определенной степени, возможности производителя работ по улучшению качества получаемых материалов за счет оптимизации параметров управляющего сигнала, а так же по разработке и применению перспективных технологий вибрационной сейсморазведки. В этой связи отметим появление статьи [8], в которой показана эффективность забытого вибросейсмического отбеливания, заключающегося в применении АРУ до корреляции. Авторы отмечают, что при этом наблюдается расширение спектра отраженных волн, сопровождающееся улучшением их прослеживаемости и повышением отношением сигнал/помеха. Поэтому полезно часть полевых записей, в первую очередь опытных работ, передавать на вычислительные центры в виде виброграмм для оптимизации параметров обработки и возможности развития метода.

Опыт применения вибрационной сейсморазведки при решении различных задач по изучению глубинного строения земной коры, поиску и разведке полезных ископаемых показывает, что практически повсеместно соответствующий выбор технических и методических средств обеспечивает получение качественных, пригодных для обработки полевых материалов. Исключение составляют лишь районы и участки, в пределах которых возникают трудности с передачей нагрузок от плиты вибратора к грунту (болота, непромерзающие зимой топи и др.) и перемещением установок по местности.

Таким образом, на современном уровне развития вибрационная сейсморазведка эффективна, обоснована теоретически и экспериментально и оснащена необходимыми аппаратурой и оборудованием. Естественно, что она будет развиваться и совершенствоваться по мере создания новых и совершенствования существующих технических средств, а также возрастания требований к качеству и полноте получаемых результатов. Можно говорить о двух направлениях этого процесса. Первый – традиционный, в рамках стандартных технологий метода, и второй – нетрадиционный, на основе особенностей метода, знания посылаемых в среду сигналов и корреляционной обработки сигналов.

По первому направлению можно выделить вибрационные источники, разработанные и выпускаемые ЗАО «Геосвип» (установка «Русич» и др.). В данных источниках, а так же в устройствах управления и текущего контроля параметров излучаемых колебаний, реализованы высокие эксплуатационные и технологические характеристики. Определенный интерес представляют зарубежные публикации, в которых расс-

матриваются возможности расширения частотного диапазона вибраторов в сторону высоких и низких частот. В [8, 12] отмечается, что ограничение при возбуждении высоких частот связано с недостаточным частотным диапазоном электрогидравлического преобразователя, изгибами рабочей излучающей плиты и ненадежностью ее контакта с грунтом. Для преодоления этих недостатков предложены новый преобразователь с повышенным числом степеней контроля, позволяющий получить более равномерную амплитудно-частотную характеристику, лишенную резонанса в области высоких частот и более жесткая плита. При проведении ригидных работ, а также при решении ряда разведочных задач возникает необходимость в возбуждении низкочастотных колебаний в полосе частот ниже 6 – 8 Гц. Однако, конструктивные особенности современных вибраторов не обеспечивают их устойчивую работу в этом частотном диапазоне. Эти ограничения связаны с большими перемещениями поршня относительно инерционной массы, отрывом плиты от грунта, повышением уровня гармоник и др. На основе моделирования показано [10], что утяжеление инерционной массы позволяет несколько расширить частотный диапазон вибратора в сторону низких частот. Для возбуждения низких частот вибратор должен иметь увеличенный ход поршня, тяжелую инерционную массу и силу прижима плиты к грунту, исключающую ее отрыв от поверхности земли. В [10] рассмотрены возможности снижения начальной частоты возбуждаемых колебаний на основе оптимизации силового сигнала вибратора и применения переменного по скорости изменения частоты управляющего сигнала. Предложенным решениям было дано название «свип с максимальным смещением», и их реализация позволила повысить уровень излучаемых колебаний на частотах ниже 8-10 Гц без увеличения величины гармоник.

Повышение производительности работ было и остается одной из актуальной задач сейсморазведки. За рубежом она решается путем работы двух и даже трех групп вибраторов на одну расстановку сейсмоприемников, возбуждающих колебания с определенными сдвигами по частот и по времени. В связи с тем, что параметры заданных сигналов известны, их можно разделить при корреляционной обработке зарегистрированных данных [11]. Эта технология получила название «скользящий свип», и она при благоприятных условиях позволяет значительно повысить производительность работ.

Повышение требований к качеству получаемых материалов поставило на повестку дня отказ от группирования источников и приемников колебаний и переход к возбуждению волн в вибрационной сейсморазведке одиночными вибраторами, т.е. без их группирования. В реализации этого направления интерес представляет решение, приведенное в [12]. На основе технологии «скользящий свип» фирма CGGVeritas предложила отказаться от группирования вибраторов и перейти на одноточечное возбуждение колебаний одиночными вибраторами. Для достижения необходимого уровня возбуждаемых колебаний увеличивается длительность свипа до 40 с и число одновременно работающих вибраторов. На профиле работает от восьми до двенадцати установок, которые начинают вибрировать с определенной задержкой во времени, определяемой временем, необходимым для переезда вибратора с одной точки на другую. Отмечено, что три проекта по этой

технологии, выполненные в Египте и Саудовской Аравии, подтвердили перспективность предложенной методики работ, которая при хорошем качестве материалов позволила существенно повысить производительность работ.

Второе направление развития вибрационной сейсморазведки мы связываем со следующими исследованиями [9]: использование нелинейных компонент вибросейсмических волновых полей для получения дополнительной информации о строении среды и прогноза наличия/отсутствия углеводородов в разрезе отложений; применение чисто гармонических колебаний и кодовых импульсных последовательностей в качестве управляющих сигналов.

«Прямые поиски» углеводородов были и остаются одним из актуальных направлений современной геофизики. Несмотря на определенные положительные результаты, эта проблема далека от завершения. Одним из возможных решений этой проблемы является использование нелинейных явлений, возникающих при распространении волн в реальных, многофазных средах-коллекторах месторождений углеводородов, а также при возбуждении волн вибрационными источниками колебаний. При этом два положения являются основополагающими:

- наличие в пределах месторождений и резервуаров углеводородов областей и участков с нелинейными свойствами;
- образование гармонических составляющих волн (гармоник) при возбуждении волн вибрационными источниками колебаний. Отсюда следует, что уровень нелинейности нефтегазонасыщенных пород может быть выше, чем у вмещающих отложений, что должно приводить к появлению ряда фундаментальных признаков, характерных только для сред с нелинейными свойствами. А именно:
- взаимодействие, а не интерференция волн различного частотного состава;
- увеличение интенсивности волн с кратными частотами;
- нарушение линейной зависимости между амплитудами излучаемых и регистрируемых колебаний.

Вибрационная сейсморазведка, в силу ее специфических особенностей, позволяет однозначно выделять волны с суммарными и разностными частотами, волны с кратными частотами и контролировать уровень возбуждаемых вибраторами колебаний, что и определяет перспективность этого направления вибрационной сейсморазведки.

Возможность применения чисто гармонических колебаний для целей разведки теоретически и экспериментально доказана, известен алгоритм, обеспечивающий сжатие информации и выделение регулярных волн. Однако практические перспективы этой модификации вибрационной сейсморазведки не ясны. Использование ее позволит упростить конструкцию вибраторов и систему контроля за их работой, повысить уровень подавления волн-помех и оценить возможность выделения в разрезе слоев, резонирующих на разных частотах, что может привести к повышению эффективности вибрационной сейсморазведки.

Важность возвращения к работам по кодовым импульсным последовательностям заключается в том, что некоторые из них позволяют существенно уменьшить уровень корреляционных помех при сжатии виброграмм. Теорети-

чески этот вопрос имеет решение, но его практическая реализация и доведение до промышленного применения требует проведения специальных работ.

Наземная невзрывная сейсморазведка будет развиваться и совершенствоваться. Это веление времени, обусловленное необходимостью решения все более сложных задач по сохранению экологии среды и повышению уровня безопасности работ в условиях урбанизации страны и связанным с этим ограничением применения взрывчатых веществ для возбуждения сейсмических волн. Вопрос в том, как будет происходить этот процесс. Возможно два сценария [9].

Первый – спокойный, который будет основываться на восприятии зарубежных технологий и использовании их в наши геофизические организации.

Второй – интенсивный, который будет предусматривать проведение теоретических, экспериментальных, опытно-методических и конструкторских работ, направленных на развитие и совершенствование отечественной невзрывной сейсморазведки, создание и опробование новых технических средств, технологий и методов. Это направление позволит повысить эффективность метода и приведет к новым решениям и открытиям.

Литература

1. Анкушеев В.В., Гурьев С.В., Резвов В.И., Компания «Геосейс» представляет новый импульсный источник возбуждения «Геотон», в сб. «Приборы и системы разведочной геофизики», С. № 01(03)/2003, с.11-12
2. Высокоразрешающая сейсморазведка в Нижнем Поволжье РФ и во впадине Талиму в Китае / Колосов Б.М., Кобылкин И.А., Голиченко А.М., Ужакин Б.А./ в сб. «Приборы и системы разведочной геофизики» № 02(02)/ 2002 г., г. Саратов
3. Жуков А.П., Шнеерсон М.Б. Адаптивные и нелинейные методы вибрационной сейсморазведки. - М.: ООО «Бизнесцентр», 2000
4. Колосов С.В., Иноземцев А.Н., Потапов О.А. /Устранение «звона» при использовании нелинейных свипов // ЕАГО «Геофизика» №5, 2004
5. Кострыгин Ю.П. Сейсморазведка на сложных сигналах. - г. Тверь: Издательство ГЕРС, 2002. - 416с
6. Смирнов В.П. Электромагнитные источники сейсмических колебаний ряда «Енисей СЭМ, КЭМ», в сб. «Приборы и системы разведочной геофизики», С. № 01(03)/2003, с.21-25
7. Теория и практика наземной невзрывной сейсморазведки / Под редакцией М.Б. Шнеерсона. - М. «Издательство Недра», 1998
8. Череповский А.В., Бадейкин А.Н. / в сб. «Приборы и системы разведочной геофизики», С. 03/2004 г.
9. Шнеерсон М.Б., Жуков А.П., Настоящее и будущее вибрационной сейсморазведки/ в сб. «Приборы и системы разведочной геофизики» № 02/ 2007 г., г. Саратов
10. Bagani C. Low-frequency vibroseis data with maximum displacement sweeps/ в сб. «The Leading Edge, Vol. 27, № 5, 2008.
11. Mougnot D. Высокопроизводительный Вибро Сейс / в сб. «Приборы и системы разведочной геофизики», С. 03/2004 г.
12. V1: Implementation and application of single-vibrator acquisition работ с одним, J.J. Postel, J. Meunier, T.M. Bianchi, R. Taylor/ в сб. «The Leading Edge, Vol. 27, № 5, 2008.



ТЕХНИЧЕСКИЕ ПРЕЗЕНТАЦИИ: НОВЕЙШИЕ РАЗРАБОТКИ РОССИЙСКИХ СПЕЦИАЛИСТОВ МОИ УНИВЕРСИТЕТЫ