

Критерии оптимальности глубины погружения источника сейсмических колебаний.

С.А. Жгенти «СИ Техноподжи Инструментс», г. Геленджик

Уровень развития полевых регистрирующих систем, достигнутый в настоящее время, позволил значительно повысить производительность проведения сейсморазведочных работ и при этом резко сократить число управляемых параметров при оптимизации полевой методики. При составлении технического задания на проведение работ Заказчики, как правило, самостоятельно определяют эти параметры с требуемым «запасом прочности», причем без планирования проведения вспомогательных опытно-методических работ. Важнейшими показателями технического задания стали: кратность перекрытий, допустимое число неработающих каналов, показатели соотношения сигнал/помеха, допустимые нарушения геометрии систем приема, контрольные показатели производительности и, все реже, обоснованный выбор оптимальных условий возбуждения и приема колебаний, а также изучение строения ВЧР. К сожалению, такой запланированный «запас прочности» иногда все же бывает недостаточным. Он, однако, не может обеспечить стабильности динамических характеристик регистрируемых волн в рабочем диапазоне частот для успешного решения динамических задач или получение материала там, где он по физическим основам метода получить не может — к примеру, при работах на поперечных волнах в водонасыщенных болотистых грунтах. Разработка оптимальной методики полевых работ требует учета физических основ метода.

В основе сейсморазведки лежит искусственное возбуждение поля упругих колебаний, потому выбору оптимальных условий возбуждения всегда уделялось и уделяется большое внимание. Остановимся на рассмотрении оптимальных условий возбуждения сейсмических колебаний для источников, расположенных в верхней части разреза (ВЧР). Это по-прежнему актуально, поскольку: во-первых, взрывное возбуждение сейсмических волн, до сих пор широко применяется в практике производственных работ, и, во-вторых, в целях сохранения окружающей среды и повышения безопасности работ все чаще стали использоваться погружные «невзрывные» источники, такие как электроискровые или пневмоизлучатели.

Известно, что оптимальными условиями возбуждения можно считать такие условия, при которых возбуждаются колебания достаточной интенсивности в заданной полосе частот. Частотный диапазон возбуждаемых колебаний обычно выбирается достаточно широким, поскольку он, в конечном итоге, определяет ожидаемую временную разрешенность получаемых результатов.

При применении погружных источников возбуждения выбирают интенсивность воздействия на окружающую среду (тип и вес ВВ, емкость камеры пневмоизлучателя, или напряжение разряда при электроискровом источнике) и

глубину погружения источника. При этом существует обратная зависимость между интенсивностью воздействия и шириной возбуждаемого спектра частот, поэтому глубину погружения выбирают наименьшей, но обеспечивающей уверенную регистрацию отраженных волн от самых глубоких из исследуемых отражающих горизонтов. Часто для обеспечения возбуждения широкополосного сейсмического сигнала применяют рассредоточенные групповые воздействия малой интенсивности или вертикальное накопление воздействий.

Как показывает опыт и общение с коллегами, не все одинаково понимают «хрестоматийную» рекомендацию об оптимальной глубине погружения источника, как «на $1/4$ длины волны под подошву ЗМС», которая учитывает интерференционные явления, происходящие в ближней зоне источника, помещенного в неоднородную геологическую среду. На самом деле в такой рекомендации как минимум две неоднозначности: что такое «подошва ЗМС» и на $1/4$ длины какой именно волны необходимо погружать источник, — потому что возбуждаются колебания в широком диапазоне частот.

Действительно, при погружении источника в неоднородную геологическую среду, на границах изменения акустических свойств, расположенных в его ближней зоне, образуются волны-спутники (рис.1), которые, интерферируя между собой и с прямой волной, формируют суммарный, распространяющийся вглубь среды пакет колебаний — зондирующий сигнал. При выборе оптимальной глубины погружения источника достаточно учитывать только те волны-спутники, которые накладываются на прямую волну с задержкой, не превышающей длительность сейсмического импульса, и, таким образом, участвующие в формировании суммарного зондирующего сигнала. Волны-спутники с большими задержками уже не участвуют в формировании суммарного зондирующего сигнала и могут рассматривать-

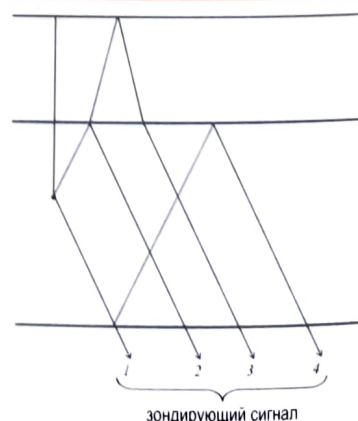


Рис. 1. Структурная схема интеллектуального датчика

ска как частично-кратные волны-помехи.

В работе [1] автором проведено исследование модели образования суммарного зондирующего сигнала при строении ближней зоны источника, приведенном на рис. 1, из которого следует, что внесет существенный вклад в формирование зондирующего сигнала вносят волны-спутники, образующиеся на акустически резких границах, расположенных выше и ниже источника. Классическим примером такого строения ближней зоны источника может служить мелководье (глубины, не превышающие 20 м), где обе границы [2] имеют высокие значения коэффициентов отражения. При исследованиях на суше обычно достаточно найти в ВЧР наиболее акустически резкую границу, под которую и поместить источник колебаний. Из-за поглощения энергии при распространении в реальных геологических средах и малых величинах коэффициентов отражения, волны-спутники от других границ не оказывают существенного влияния на формирование суммарного зондирующего сигнала.

Амплитудно-частотная характеристика сложения прямой волны и волны-спутника от границы, расположенной выше источника, может быть записана выражением:

$$P = \sqrt{1 + k^2 - 2k \cos\left(\frac{2h \cos \alpha}{\lambda}\right)}, \quad (1)$$

где

k - коэффициент отражения от акустически наиболее резкой границы;

h - глубина погружения источника под акустически наиболее резкую границу;

λ - рассматриваемая длина волны в слое, в который помещен источник (V/f)

α - рассматриваемый угол излучения.

Однако акустически наиболее резкая граница не всегда совпадает с подошвой ЗМС. Такой границей может быть дневная поверхность, граница уровня грунтовых вод, подошва почвенного слоя или подошва слоя вечной мерзлоты. Обычно для обнаружения наиболее акустически жесткой границы используют МСК, но получающиеся результаты не всегда позволяют определить положение акустически наиболее резкой границы, поскольку измеряются только скорости распространения волн и не учитываются плотность отложений и их поглощающие свойства. На практике МСК часто дополняют плотностным (гамма-гамма) каротажем (опыт работ «Краснодарнефтегеофизика»), что позволяет дифференцировать строение ВЧР по акустической жесткости, но неизвестными остаются поглощающие свойства отложений. Наилучший способ изучения ВЧР с целью выделения наиболее акустически жесткой границы - МСК при наблюдении возбуждаемых колебаний на дневной поверхности и во внутренней точке среды (МСК НВТС) [3]. Этот способ позволяет в динамике наблюдать образование волн-спутников, оценивать их интенсивность и интенсивность зондирующего сигнала при каждой глубине погружения источника. Такие наблюдения обычно проводят после изучения ВЧР в каждой из зон, отличающихся по строению.

В вопросе: на 1/4 длины какой волны погружать источник под выделенную границу? -

мнения коллег расходятся особенно широко, и, в основном, потому, что изменились и возможности регистрирующей аппаратуры и возможности самого метода. На самом деле, как видно из анализа выражения (1), такая глубина погружения источника обеспечивает синфазное сложение прямой волны и волны-спутника на выбранной частоте. Если в расчетах используется видимая (преобладающая) частота прямой волны, то погружение заряда на 1/4 длины такой волны обеспечивает использование энергии волны-спутника для усиления амплитуды зондирующего сигнала без изменения его формы (частоты), это - полностью синфазное сложение и энергетически самый выигрышный вариант. Использование такого подхода было оправдано при применении аналоговых систем регистрации с малым динамическим диапазоном, относительно короткими приемными расстановками, малыми значениями кратности перекрытий систем наблюдений, когда еще не стояла так остро задача повышения разрешающей способности метода. Позднее, когда широкое распространение получила цифровая регистрация данных, но её возможности были ограничены 16-ти разрядным АЦП, эта рекомендация предполагала использование в расчетах длины той частотной составляющей сложного колебания, «амплитуду которой необходимо усилить» [4]. При этом обычно ограничивались частотами 80 - 100 Гц, т.к. уверенной регистрации более высокочастотных составляющих препятствовала ограниченная величина мгновенного динамического диапазона, не превышающая 96 дБ. При современном развитии регистрирующих систем, имеющих 24-х разрядные АЦП с мгновенным динамическим диапазоном около 120 дБ, энергию волны-спутника целесообразно использовать для расширения всего спектра регистрируемых частот, что ограничивается применяемой частотой дискретизации. Расчет оптимальной глубины погружения источника при применении современных систем регистрации данных целесообразно проводить по правой граничной частоте применяемого частотного диапазона регистрации [5]. При этом подразумевается,

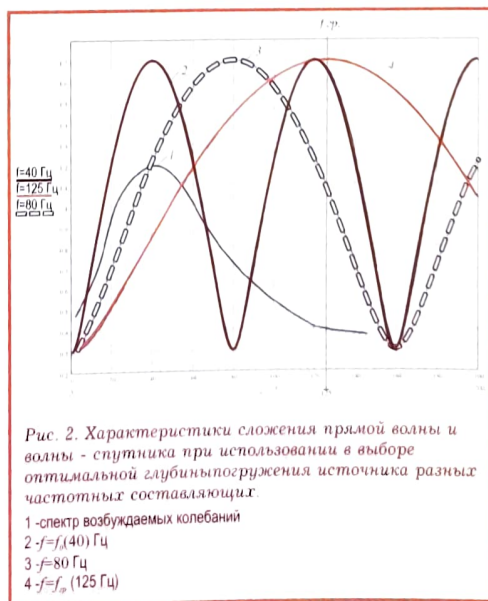


Рис. 2. Характеристики сложения прямой волны и волны - спутника при использовании в выборе оптимальной глубины погружения источника разных частотных составляющих.

- 1 - спектр возбуждаемых колебаний
- 2 - $f=f_d(40)$ Гц
- 3 - $f=80$ Гц
- 4 - $f=f_g(125)$ Гц

И СНОВА О СЕЙСМОПРИЕМНИКАХ... ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ

что в спектре возбуждаемых колебаний присутствуют высокие частоты и применяемый частотный диапазон регистрации согласуется с возможностями источника, т.е. выбран обоснованно.

На рис. 2 приведены спектр возбуждаемой прямой волны (1) и характеристики сложения прямой волны и волны спутника, рассчитанные с использованием видимой (преобладающей) частоты возбуждаемой волны (2), частоты, амплитуду, которой необходимо усилить и правой граничной частоты частотного диапазона регистрации (3).

Рассмотрение приведенных кривых покаивает, что при погружении источника на глубину, рассчитанную с использованием правой граничной частоты диапазона регистрации, амплитудно-частотная характеристика сложения прямой волны и волны-спутника значительно больше способствует формированию широкополосного зондирующего сигнала, т.е. энергия волны-спутника оптимально используется на расширение всего спектра регистрируемых частот. В то же время при «стандартно» рассчитанной глубине погружения источника с использованием преобладающей (видимой) частоты возбуждаемой волны, суммарный зондирующий сигнал будет характеризоваться более низкочастотным и изрезанным спектром. В этом случае, при наличии определенного уровня шума, когда применяемый мгновенный частотный диапазон уже не обеспечивает выделение сигнальной компоненты над уровнем шума, некоторые

частоты в зондирующем сигнале могут отсутствовать и полностью (еще и источник) пропадают перспективы обнаружения этих частотных составляющих и в спектре отраженных волн. Чего же тогда стоят любые интерпретационные заключения по частотам, которые не возбуждались источником, или возбуждались, но с меньшими амплитудами, меньшими уровня шума? Ответ понятен.

Вот такую трансформацию претерпевает хрестоматийная рекомендация об оптимальной глубине погружения источника - «на 1/4 длины волны под подошву ЗМС», в результате развития технических средств сейсморазведки.

Теперь оптимальная глубина погружения источника в ВЧР определяется так: 1/4 длины волны, соответствующей правой граничной частоте рабочего диапазона частот, глубже положения акустически наиболее жесткой границы в ВЧР.

Литература.

1. «Исследование методических приемов для повышения разрешающей способности метода отраженных волн при изучении физических свойств геологических разрезов» - Чернявский В. Е., Шехтман Г. А., Жгенти С. А. Сборник тезисов 126/81 ВНИИГЕОФИЗИКА, 1984 г.
2. Жгенти С. А. // Сбор сейсмических данных и телеметрия переходных зон. Приборы и системы разведочной геофизики. - Саратов: Издательство Полиграф-Депо, - 2005. - №3.
3. Способ сейсмической разведки. Авт. свид. СССР № 1104449, Чернявский В. Е., Жгенти С. А., 1984 г.
4. Краткие методические рекомендации по проведению полевых работ МСГП получения высокоразрешенных сейсмических разрезов. Чернявский В. Е., Жгенти С. А., МИНГЕО СССР, № 11-5/698, 1985 г.
5. Способ сейсмической разведки. Авт. свид. СССР № 1345843, Шехтман Г. А., 1992.

ООО «ФИРМА»ГЕОСЕЙС»

**Разработка,
производство,
продажа,
импульсных
источников
«ГЕОТОН».**

G

**Предоставление в
аренду
телеметрического
сейсморегистрирующего
оборудования.**

SE

E

N

X

**ШТАБ
ОПЕРАТИВНОЙ
ГЕОФИЗИЧЕСКОЙ
ПОМОЩИ**

O

**Продажа, сервисное
обслуживание
и предоставление
в аренду сейсмических
вибраторов.**

Адрес: 123104, г. Москва, Сытинский тупик, д. 3, оф. 2
Тел./факс: (495) 202 32 17, 202 32 27
e-mail: geoseis@col.ru, geoton@geoton.ru, http: www.geoton.ru