

УДК 549

В.О. Ли¹, М.Л. Владов²

АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ 2D СЕЙСМОРАЗВЕДКИ МЕТОДОМ ОГТ ПРИ ИЗУЧЕНИИ ПРИПОВЕРХНОСТНОЙ ЧАСТИ РАЗРЕЗА

Все наземные сейсмические работы при поиске нефти и газа как на суше, так и на акваториях, выполняются методом ОГТ. Применение стандартных методик получения материала и стандартного графа обработки, принятого в нефтегазовой сейсморазведке, часто оказывается неэффективно при решении инженерно-строительных задач.

С помощью решения прямой задачи методом лучевого моделирования на выбранных сейсмогеологических моделях реальной среды предпринята попытка получить количественные оценки эффективности метода ОГТ при разных параметрах модели.

Ключевые слова: скоростной анализ ОГТ, среднеквадратичная скорость, соотношение H/λ , длина голографа ОГТ, кинематические поправки, разрешающая способность, зоны Френеля, условия возбуждения и приема колебаний.

Today all seismic oil and gas exploration works are realized with CDP method. Meanwhile, direct application the standard methods of data acquisition and processing often turns out to be inefficient for shallow seismic purposes.

There is an attempt to get CDP efficiency estimation solving direct problem by means of ray-path modeling under varying model parameters.

Key words: CDP velocity analysis, root mean square velocity, H/λ parameter, length of CDP hodograph, normal moveout correction, resolution, Fresnel zone, shot and receiver environment.

Введение. Как известно, метод общей глубинной точки (МОГТ) — самый распространенный сейсмический метод, разработанный в 1950 г. Р. Мейном. Метод вскоре стали широко применять при разведочно-поисковых производственных работах, а к концу XX в. была развита уже и его трехмерная (3D) модификация.

Сейчас все наземные сейсмические работы при поиске нефти и газа, как на суше, так и на акваториях, выполняются методом ОГТ.

Однако в малоглубинной сейсморазведке при решении инженерно-геологических задач не только не развит 3D-подход, но и метод отраженных волн (МОВ), и метод общей глубинной точки занимают не столь доминирующие позиции. К сожалению, не всегда удается получить данные, которые можно обработать и интерпретировать, выделить на сейсмограммах отраженные волны и выполнить скоростной анализ МОГТ.

Поэтому представляется полезным рассмотреть возможности 2D МОГТ при малоглубинных исследованиях на примере геологических условий Москвы, где объем инженерных исследований постоянно увеличивается.

Непосредственное применение стандартных методик получения материала и стандартного графа обработки, принятого в нефтегазовой сейсморазведке, часто оказывается неэффективным при решении инженерно-строительных задач. Рассмотрим основные причины этого:

1) существенное многократное изменение глубины залегания объектов поиска при практически идентичном частотном составе (30–50 Гц для нефтегазовой и 50–100 Гц для инженерной геологии соответственно), т.е. отношение глубины залегания отражающей границы к преобладающей длине волны (H/λ).

Существует ряд оценок эффективности различных модификаций метода МОГТ в разных сейсмогеологических условиях. Например, в фундаментальном труде О. Уилмаза [Yilmaz, 2001] приведены оценки эффективности метода в зависимости от разных параметров. Однако все эти оценки получены для нефтегазовой сейсморазведки, где совершенно другие значения параметра H/λ ;

2) разный подход к сложнопостроенной толще, покрывающей целевую границу. Очевидно, что зона малых скоростей (ЗМС) есть везде, однако в нефтяной сейсморазведке она либо усредняется, либо ее изучают с точки зрения коррекции статических поправок. В инженерной сейсморазведке строение ЗМС — объект изучения;

3) низкое соотношение сигнал/помеха. Высокий уровень нерегулярного шума в черте города (метро, прочий транспорт, электромагнитные наводки, движение пешеходов);

4) выделение однократного отражения осложнено или невозможно из-за интерференции с цугом интенсивных поверхностных волн;

5) повышенные требования к разрешающей способности сейсморазведки при инженерно-строительных изысканиях к преобладающим длинам волн ($R/\lambda_{\text{суд}}$);

¹ ООО «Деко-Проект», геофизик; *e-mail:* vladlee.geo@gmail.com

² Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, геологический факультет, заведующий кафедрой сейсмологии и геоакустики, профессор, докт. физ.-мат. н.; *e-mail:* vladov@geol.msu.ru

б) нестабильность условий возбуждения и приема колебаний, что связано как с нестабильностью отдельных реализаций, так и с состоянием свободной поверхности;

7) ограниченность рабочего пространства. Работы нередко приходится проводить на небольших площадках (например, размером 40×40 м), что накладывает ограничения на расположение пунктов возбуждения (ПВ) и приема (ПП) и длину приемной линии.

Напомним, что ОГТ — существенно интегральный метод и суммирование по ОГТ — пространственный фильтр низких частот (ФНЧ), что повышает надежность и устойчивость метода к неоднородностям. В то же время именно эти неоднородности могут быть объектами поиска. Поэтому даже в случае успешного проведения обработки методом ОГТ необходимо иметь представление о возможностях и ограничениях метода, о его разрешающей способности, о классе задач, доступных методу ОГТ в области малых глубин.

Нами предпринята попытка получить количественные оценки исследуемых факторов с помощью решения прямой задачи методом лучевого моделирования на выбранных сейсмогеологических моделях реальной среды. Оценить относительную эффективность метода при разных условиях его применения.

Для анализа была выбрана сейсмогеологическая модель, в целом характерная для Московского региона — песчано-глинистая прослойка, покрывающая верхнекаменноугольные известняки (рис. 1, табл. 1) [Осипов и др., 1997].

При работе на отраженных волнах в разрезах такого типа обычно используется методика наблюдения, позволяющая регистрировать поперечные волны горизонтальной поляризации (*SH*-волны) [Скворцов, 2010].

Проанализируем синтетические волновые картины по следующим позициям:

- эффективности скоростного анализа в зависимости от соотношения параметров H, V, f ;
- оценке необходимого приращения времени годографа ОГТ по отношению к видимому периоду полезной волны;

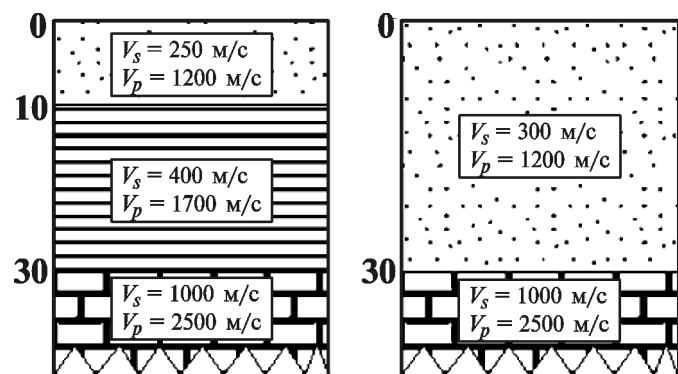


Рис. 1. Сейсмогеологические модели, характерные для Московского региона

Таблица 1

Сейсмогеологические модели, характерные для Московского региона

Скорость продольных волн, V_p , м/с	Скорость поперечных волн, V_s , м/с	Глубина залегания, h , м	Угол наклона, ϕ , град.	Порода
$V_{p1} = 1200$	$V_{s1} = 250$	$h_1 = 10$	$\phi_1 = 0$	Песок
$V_{p2} = 1700$	$V_{s2} = 400$	$h_2 = 30$	$\phi_2 = 0$	Глина
$V_{p3} = 2500$	$V_{s3} = 1000$	$h_3 = \infty$	—	Известняк
$V_{p1} = 1200$	$V_{s1} = 300$	$h_1 = 30$	$\phi_1 = 0$	Песок / песок + глина
$V_{p2} = 2500$	$V_{s2} = 1000$	$h_2 = \infty$	—	Известняк

— оценке растяжения импульса при введении кинематических поправок;

— исследованию разрешающей способности метода ОГТ: размеры первой зоны Френеля, ее зависимость от базы наблюдения;

— влиянию нестабильности условий возбуждения и приема.

Первый шаг — выяснение кинематических возможностей метода в наиболее простых ситуациях. В то же время необходимо рассмотреть некоторые моменты, связанные с анализом динамических характеристик, сюда относится анализ нестабильности условий возбуждения и приема колебаний.

Рассмотрим с указанных позиций возможности метода ОГТ для решения двух основных задач: 1) получение временного разреза с высокой амплитудной разрешенностью, 2) независимое определение скоростной характеристики разреза. (В классической постановке метода ОГТ третья основная задача — подавление кратных волн, однако в инженерной сейсморазведке это неактуально.)

Отметим также, что сравнительно низкая эффективность метода ОГТ может быть вызвана и рядом субъективных причин, однако это относится к контролю за качеством сейсмических наблюдений (QC) и здесь не рассматривается.

Эффективность скоростного анализа в зависимости от соотношения параметров H (глубина залегания границы), V (скорость в покрывающем слое), f (центральная частота спектра сигнала). Целесообразно рассмотреть эффективность применения метода ОГТ в зависимости от отношения H/λ , где $\lambda = V/f$. Рассмотрим влияние отношения H/λ на результат скоростного анализа для модели однородного слоя на полупространстве с горизонтальной и плоской границей раздела (т.е. годографы отраженных волн представляют собой теоретические гиперболы). Будем изменять параметры H, V, f , для каждой модели с определенным набором их значений рассчитаем вертикальный спектр скорости в программе RadExPro 3.9.

Попытаемся количественно оценить влияние соотношения H/λ на погрешность определения скорости, для этого оценим размеры областей с повы-

шенными значениями функции когерентности вблизи максимума на рассчитанных вертикальных спектрах скорости по оси t_0 и оси V_{RMS} (рис. 2, а).

Оценка зависимости погрешности скоростного анализа от соотношения H/λ проведена для двух выбранных длин расстановок — с добавлением за критической части и без нее. Результаты приведены в табл. 2, 3.

Таблица 2

Точность определения скоростной характеристики при разных значениях H/λ (только докритическая область годографов)

V , м/с	H , м	$L_{докр}$, м	f_0 , Гц	T_0 , мс	H/λ	$T_0_bracket$, мс	$V_{RMS_bracket}$, м/с	rel_Err , %
300	10	30	50	67	1,7	47–82	156–∞	∞
300	15	26	50	100	2,5	87–112	194–∞	∞
300	20	24	50	133	3,3	120–144	221–∞	∞
300	25	20	50	167	4,17	152–180	228–573	115
300	30	18	50	200	5	184–211	235–405	56,7
300	35	14	50	233	5,83	220–245	248–402	51,3
300	40	10	50	266	6,7	254–277	252–390	46,2
300	45	8	50	300	7,5	287–309	262–384	40,7
300	50	4	50	333	8,3	323–343	272–375	34,3

Таблица 3

Точность определения скоростной характеристики при разных значениях H/λ (с добавлением закритической области годографов)

V , м/с	H , м	f_0 , Гц	T_0 , мс	H/λ	$T_0_bracket$, мс	$V_{RMS_bracket}$, м/с	rel_Err , %
300	10	50	67	1,7	64–72	235–350	17
300	15	50	100	2,5	96–104	265–320	12
300	20	50	133	3,3	130–136	275–315	8,3
300	25	50	167	4,17	165–170	278–310	7,3
300	30	50	200	5,0	198–202	281–307	6,3
300	35	50	233	5,83	232–236	291–307	3
300	40	50	266	6,7	265–268	294–307	2,3
300	45	50	300	7,5	298–302	294–301	2
300	50	50	333	8,3	332–337	297–301	1

На рис. 2, б приведен график зависимости относительной погрешности скорости от соотношения H/λ при добавлении закритической части. Выделен интервал значений параметра H/λ , при котором относительная ошибка определения скорости достигает 10%, что в геофизике традиционно принимается за некоторое критическое значение. Итак, соотношение H/λ — некоторый обобщенный критерий. Можно сделать вывод о том, что чем это соотношение больше, тем точнее результаты скоростного анализа.

Как видно из данных табл. 2, 3, при увеличении глубины залегания границы неоднозначность определения скоростной характеристики становится меньше. Однако при этом необходимо увеличивать длину приемной расстановки, следовательно, учитывать снижение горизонтальной разрешающей способности в связи с увеличением размеров зон Френеля. В то же время вместе с повышением точ-

ности определения скорости снижается надежность определения скорости.

На рис. 3 представлены три вертикальных спектра скорости, соответствующих данным с разным значением соотношения H/λ при одинаковой нестабильности условий возбуждения и приема, а также уровня случайных помех. В качестве случайных помех использовался белый шум с равномерной частотной характеристикой. Таким образом, данные с более низким соотношением H/λ устойчивы в реальных условиях.

Длина докритической области годографа существенно различается в нефтяной и малоглубинной сейсморазведке. Если оценить докритическую область примерно в половину глубины залегания отражающей границы ($L \approx 0,4 \div 0,5H$, где L — длина докритической части годографа), то в нефтяной сейсморазведке это несколько сотен метров или несколько километров, а в инженерной — несколько метров или десятков метров.

Как известно, при классическом применении метода ОГТ в процедуре скоростного анализа участвует только докритическая часть годографа, что накладывает ограничение на полезную длину расстановки ($L \approx 0,4 \div 0,5H$), однако в инженерной сейсморазведке с учетом значительно меньших глубин это неприемлемо. Длина докритической части годографа не обеспечивает удовлетворительную точность скоростного анализа (табл. 2). На основе этих оценок можно сделать вывод о том, что добавление части сейсмограммы, полученной при значениях угла падения больше критического (закритических), может снизить неоднозначность определения скоростной характеристики, но в реальных ситуациях редко удается получить качественные записи отраженных волн в закритической области.

Оценка приращения времени по годографу ОГТ по отношению к видимому периоду полезной волны. Этот критерий определяет минимально допустимую длину приемной расстановки. Ранее был сделан вывод о том, что при увеличении глубины залегания границы увеличивается точность определения скоростного закона посредством скоростного анализа.

Однако при увеличении глубины залегания целевой границы необходимо увеличить и длину приемной расстановки. При инженерно-строительных изысканиях часто приходится сталкиваться с ограниченностью рабочего пространства, поэтому представляется целесообразным получить количественную оценку этого фактора.

Для упрощения сделаны следующие допущения: в качестве сигнала был принят один период синуса с частотой 50 Гц, форма и амплитуда сигнала от трассы к трассе неизменны.

Затем при неизменных параметрах модели (H , V , f , шаг между пунктами приема — 2 м) рассчитаны вертикальные спектры скорости для сейсмограмм с разным числом сеймотрасс. Максимальное удаление

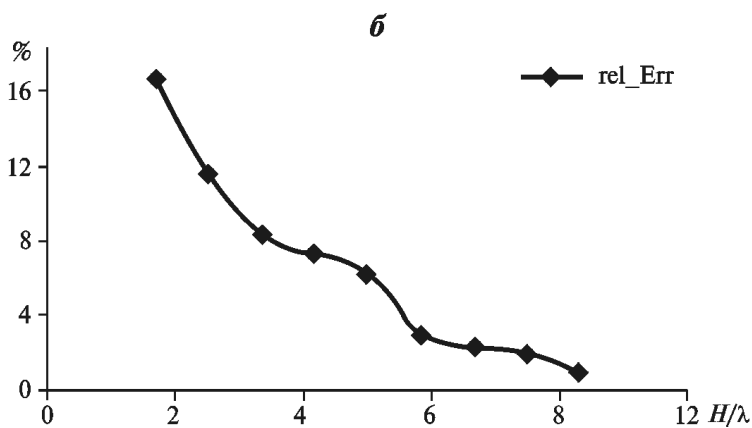
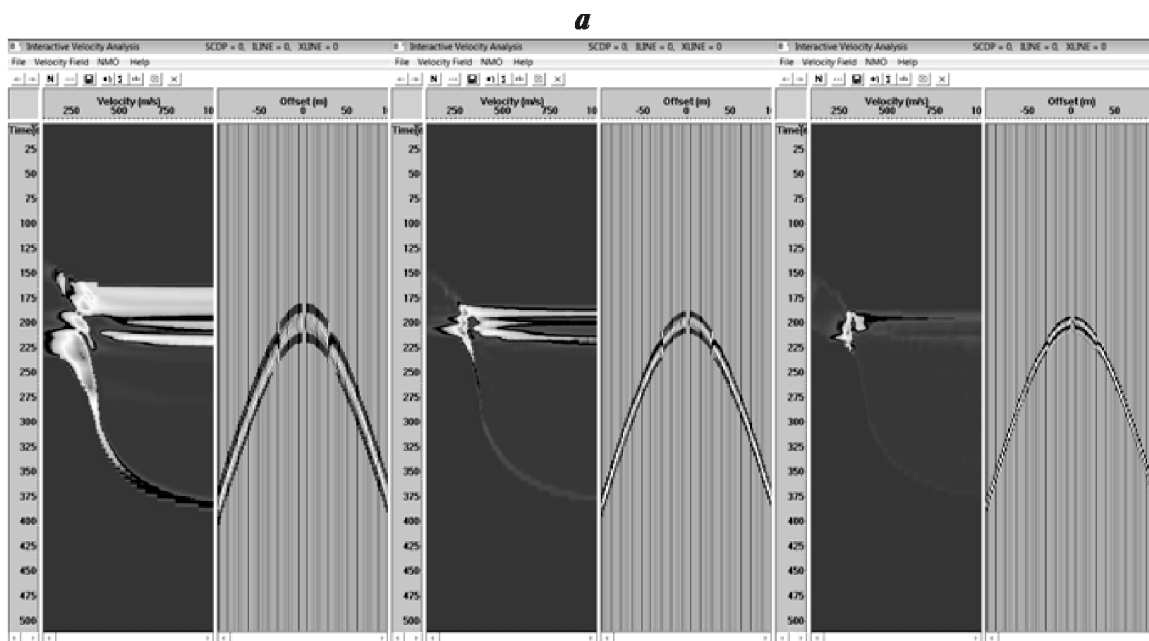


Рис. 2. Линейные размеры «пятна» вокруг максимума функции когерентности ($H = 30$ м, $V = 300$ м/с, $f_0 = 25, 50, 100$ Гц) (a) и зависимость относительной погрешности определения скорости от величины параметра H/λ (б)

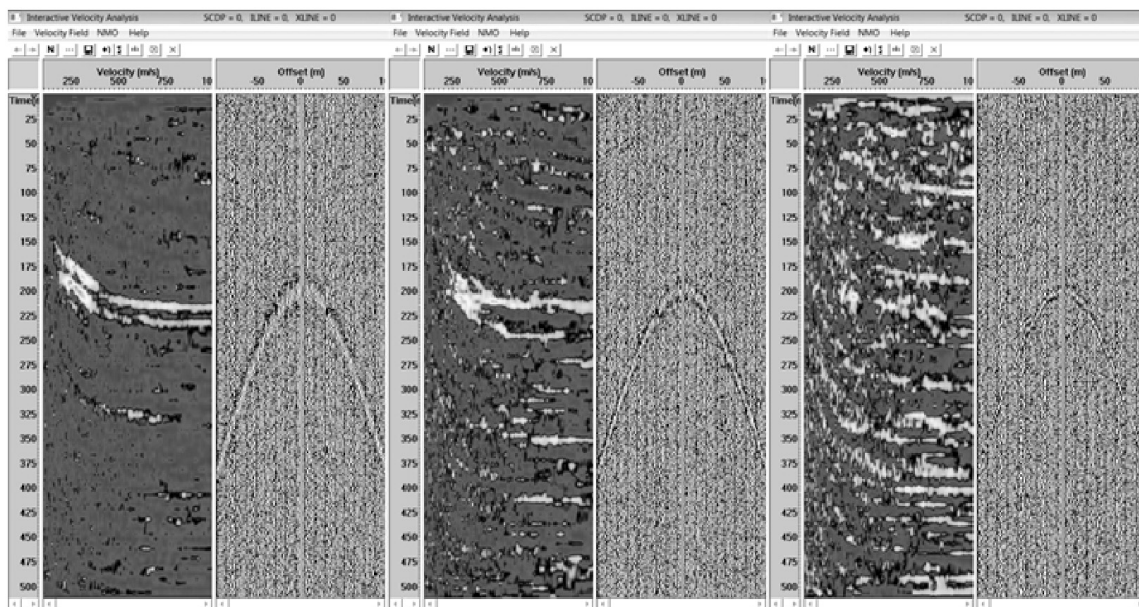


Рис. 3. Устойчивость данных с низким соотношением H/λ в реальных условиях (нестабильность условий возбуждения и приема, белый шум); $H/\lambda = 3; 5; 10$

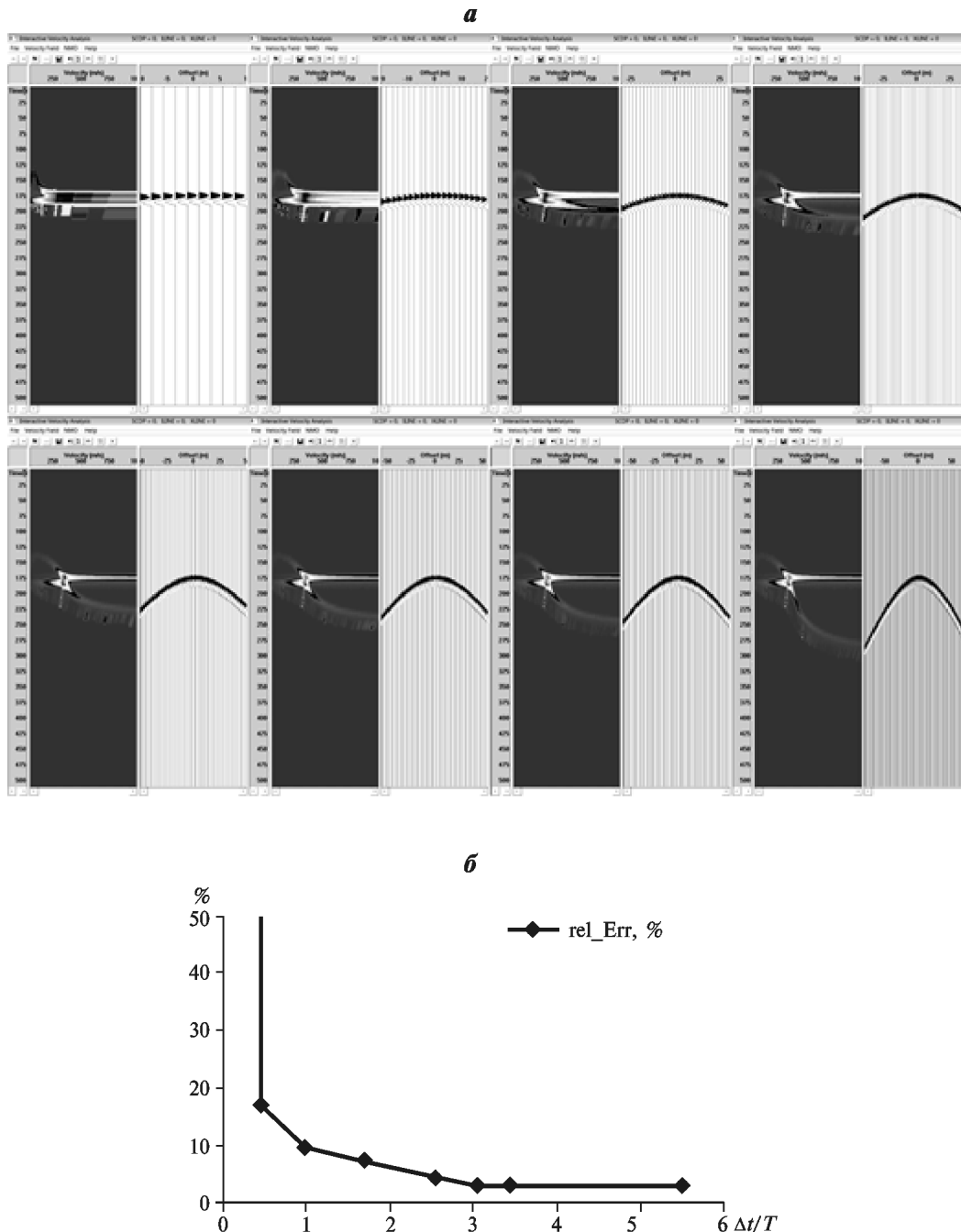


Рис. 4. Различные длины расстановок ($A_{offset} = 10, 20, 30, 40, 50, 56, 60, 80$) (а) и график зависимости относительной погрешности измерения скорости от приращения годографа ОГТ (б)

(т.е. длина расстановки) изменялось с 10 до 80 м. Для каждой сейсмограммы был рассчитан вертикальный спектр скорости и оценена его протяженность по оси скоростей (с целью определения относительной погрешности), рис. 4, а; табл. 4. Максимум функции когерентности для данной модели при $A_{offset} = 200$ м соответствует скорости равной 355 м/с. Для данной модели $V_{RMS} = 335$ м/с, Δt — приращение годографа отраженной волны, T — период колебаний (длительность импульса в модели). На рис. 4, б приведен график зависимости относительной погрешности скорости от приращения годографа ОГТ (т.е. от длины расстановки).

В качестве результата этого анализа отметим два пороговых значения: 1) при длине расстановки, не обеспечивающей условие $\Delta t/T > 1$, применение скоростного анализа ОГТ заведомо не эффективно; 2) значение параметра $\Delta t/T = 2,5$ является достаточным. Дальнейшее увеличение длины расстановки не ведет к значимому улучшению результатов.

В реальных условиях необходимо учитывать ограниченность рабочего пространства, а также то, что полезная длина годографа отраженной волны ограничена зоной интерференции с цугом интенсивных поверхностных волн. В области интерференции

Таблица 4

Точность определения скорости при разных соотношениях $\Delta t/T$

Длина выноса, <i>Offset</i> , м	Приращение по годографу ОГТ, $\Delta t = t_{\max} - t_0$, мс	Длина импульса, <i>T</i> , мс	$\Delta t/T$	Скорость ОГТ, V_{RMS} , м/с	<i>rel_Err</i> , %
10	2,3	20	0,115	230–∞	∞
20	9,2	20	0,46	290–395	17
30	20	20	1	313–380	9,5
40	34	20	1,7	330–375	7,14
50	51	20	2,55	340–365	4,3
56	61	20	3,05	340–360	2,9
60	69	20	3,45	340–358	2,9
80	110	20	5,5	344–358	2,9

выделение и прослеживание полезных отражений оказываются невозможными.

Оценка растяжения импульса при введении кинематических поправок. При проектировании наземной или акваторной нефтегазовой сейсморазведки для определения максимального удаления между источником и приемником рассчитываются кинематические поправки. Аналогичный подход может быть применен и в малоглубинной сейсморазведке.

Как известно [Мешбей, 1985], введение кинематических поправок вызывает растяжение сигнала во временной области. Связь скоростной характеристики, коэффициента растяжения импульса в результате введения кинематических поправок и длины расстановки может быть выражена следующей формулой [Боганик, Гурвич, 2006]:

$$t_0 = \frac{x}{V\sqrt{k^2(t) - 2K(t)}}, \quad (1)$$

где x — длина расстановки, t_0 — двойное время пробега по нормали, $k(t)$ — коэффициент растяжения импульса.

На практике при введении кинематических поправок принято обнулять трассы, на которых сигнал растягивается более чем на 30%. Это означает, что с точки зрения повышения соотношения сигнал-помеха (число суммируемых трасс) существует некоторая предельная длина расстановки. Дальнейшее ее удлинение не увеличивает число суммируемых трасс.

Рассмотрим ситуацию применительно к выбранной модели: после 30%-го мьютинга в суммировании участвуют трассы с расстоянием источник-приемник не более 50 м.

Отсюда следует вывод: наряду с оценкой приращения годографа расчет кинематических поправок позволяет оценить максимальную эффективную длину расстановки, при которой растяжение импульса не приводит к большим погрешностям при суммировании.

Исследование разрешающей способности метода ОГТ. Метод ОГТ — интегральный метод, поэтому даже в случае успешного определения скоростного закона в покрывающей толще очень важен вопрос о разрешающей способности метода. По сути, сумми-

рование по ОГТ — осреднение данных в некотором пространственном окне фильтрации. При этом повышается амплитуда отражений от целевой границы, но понижается временная разрешенность разреза — разрез усредняется.

В инженерной сейсморазведке неоднородности могут быть объектами поиска, поэтому целесообразно определение окна пространственной фильтрации, т.е. разрешающей способности метода. Определение размеров окна фильтрации также необходимо для понимания, какую горизонтальную разрешающую способность при каких выносах и глубине залегания целевой границы можно обеспечить.

Оценим линейные размеры первой зоны Френеля и их зависимость от базы наблюдения. Для этого рассмотрим зависимость на самой простой модели — однородный слой на однородном полупространстве, граница горизонтальная.

Пусть $V_1 = 300$ м/с, $h_1 = 30$ м, $f_0 = 50$ Гц (частота максимума спектра полезного сигнала). Как известно, в случае нормального падения луча на границу радиус первой зоны Френеля можно вычислить по формуле

$$R_1 = \sqrt{\lambda \left(h + \frac{\lambda}{4} \right)}, \quad (2)$$

где λ — преобладающая длина волны, h — глубина залегания границы. Система зон Френеля представляет собой систему концентрических окружностей. В случае же наклонного падения луча вместо окружностей будем иметь систему концентрических эллипсов. Их большие и малые оси можно вычислить по формулам

$$a_m = \frac{1}{\sin \psi} \sqrt{\frac{r\rho}{r+\rho}} \sqrt{\frac{m\pi}{k}}, \quad m = 1, 2, 3, \dots, \quad (3)$$

$$b_m = \sqrt{\frac{r\rho}{r+\rho}} \sqrt{\frac{m\pi}{k}}, \quad m = 1, 2, 3, \dots,$$

где $2a_m, 2b_m$ — большая и малая оси соответственно; ψ — угол отражения луча, отсчитываемый от границы; r — расстояние от приемника до точки отражения; ρ — расстояние от источника до точки отражения; k — волновое число.

Общий вид зависимости, очевидно, таков: чем меньше глубина до отражающей границы и чем больше длина выноса, тем лучше область отражающей поверхности участвует в переносе энергии, причем длина зон растет существенно быстрее ширины. Размеры этой области (половина первой зоны Френеля) будут служить окном пространственной фильтрации, которой и является метод ОГТ. Очевидно, что поиск неоднородностей с меньшими линейными размерами, чем размеры этой области, смысла не имеет.

Также необходимо помнить об изменении формы и увеличении размеров области, участвующей в переносе энергии при наклонной границе.

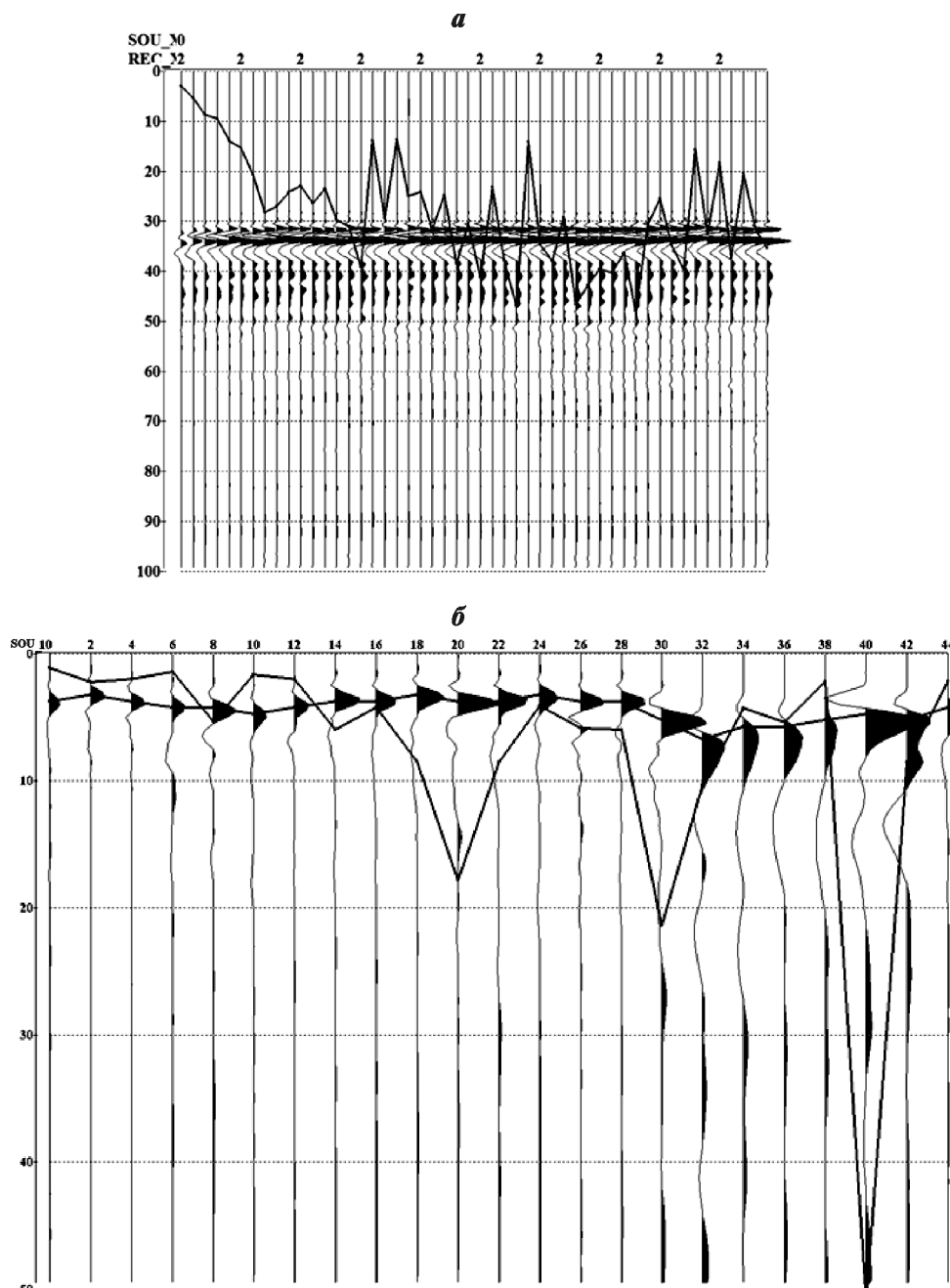


Рис. 5. Нестабильность реализаций на отдельном ПВ (а) и нестабильность условий возбуждения и приема; выборка по общему выносу 2 м (б); по горизонтальным осям отложены координаты ПП и ПВ соответственно (м), по вертикальным осям — время (мс)

Известно, что в случае наклонной границы даже в рамках лучевого приближения отражения приходят не от ОГТ, а от общей глубинной площадки (ОГП), причем с увеличением длины выноса точка отражения смещается по восстанию границы. Для определения размеров отражающей площадки необходимо воспользоваться известной формулой [Мешбей, 1985]:

$$\Delta L = \frac{x^2}{8h_0} \sin 2\varphi, \quad (4)$$

где x — расстояние между источником и приемником, h_0 — эхо (глубина), φ — угол наклона границы.

При импульсном возбуждении отражающая площадка трансформируется в объединение зон Френеля в соответствии со спектром сигнала. В случае наклонного падения лучей зоны Френеля трансформируются в эллипсы, и искомое окно пространственной фильтрации будет представлять собой объединение совокупности этих эллипсов.

Учет снижения горизонтальной разрешающей способности при увеличении длины приемной линии, а также при увеличении глубины залегания целевой границы — очень важный фактор при оценке эффективности метода ОГТ. В частности, это может быть одним из критериев выбора максимальной длины расстановки.

Влияние условий возбуждения и приема. Идеальные условия для использования метода ОГТ — неизменность амплитуды и формы сигнала от трассы к трассе в выборке ОГТ. Однако при проведении полевых работ геофизики сталкиваются как с нестабильностью условий приема (различные приповерхностные условия), так и с нестабильностью условий возбуждения (приповерхностные условия, человеческий фактор) (рис. 5, а).

Для получения количественной оценки нестабильности была сформирована выборка трасс вдоль линии профиля по общему удалению, равному 2 м, т.е. были выбраны трассы, ближайšie к источнику, но не с совмещенным источником и приемником. Использованы данные полевых работ по методике многократных перекрытий, выполненных на одном из объектов в Москве в 2010 г. Параметры методики полевых работ следующие:

- Y–Y расстановка,
- источник возбуждения колебаний — удары кувалдой массой 4 кг,
- шаг между пунктами возбуждения и приема колебаний — 2 м,
- время записи — 1024 мс,
- шаг квантования — 1 мс.

На рис. 5, б приведен график значения средней энергии сигнала в окне (7 мс). На рис. 3 показано влияние нестабильности условий возбуждения и приема на результат скоростного анализа.

Человеческий фактор (нестабильность реализации, нестабильность ударов, выполненных разными людьми) может быть нивелирован реализацией большого числа накоплений либо переходом к ударным установкам с большей стабильностью возбуждения. Гораздо более сложная проблема — влияние приповерхностных условий. Изменение приповерхностных условий приводит к непостоянству амплитуды и формы сигнала прямой волны вдоль профиля, что видно на рис. 5, б.

К стандартным способам борьбы с этим явлением относятся обычная частотная фильтрация и отбраковка трасс с явными выбросами амплитуд прямой волны, а также с явными искажениями формы сигнала.

Кроме того, состояние свободной поверхности существенно влияет на тип волновой картины (рис. 6). Проведение полевых работ по идентичной методике на инверсных разрезах, т.е. при наличии приповерхностного высокоскоростного слоя как летом (асфальт, бетон), так и зимой (промерзший слой), обеспечивает преимущества, например, увеличение скорости и снижение амплитуды поверхностных волн, повышение частотного состава записи и т.д. [Скворцов, 2010].

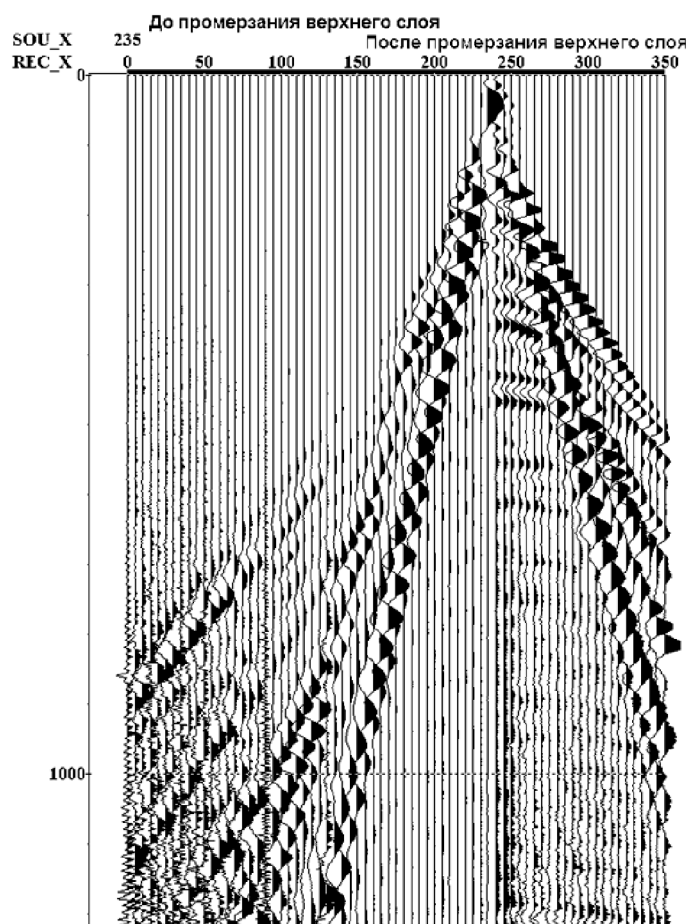


Рис. 6. Пример зависимости типа волновой картины от состояния свободной поверхности. По горизонтальной оси отложены координаты ПП и ПВ (м), по вертикальной оси — время (мс)

Сейсмограмма ОПВ, представленная на рис. 6, получена в разные полевые дни. Приемная линия 0–235 м — до промерзания верхнего слоя, т.е. сверху залегал размокший грунт, приемная линия 235–350 м — через 4 дня после промерзания верхнего слоя. На рис. 6 видно, что наличие инверсного слоя влияет на прослеживаемость отраженных волн. Все параметры методики и источник возбуждения (удары кувалдой массой 4 кг) оставались при этом неизменными.

Выводы. 1. На основании проделанной работы показано, что эффективность метода ОГТ в разных приложениях малоглубинной сейсморазведки может оказаться сравнительно невысокой.

2. Основная причина уменьшения эффективности метода ОГТ в реальных условиях — низкие значения параметра H/λ .

3. Соотношение H/λ — некоторый обобщенный критерий эффективности скоростного анализа ОГТ.

4. С помощью полученных количественных оценок рассмотренных факторов можно правильнее оценить эффективность метода ОГТ и спроектировать методику.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Боганик Г.Н., Гурвич И.И.* Сейсморазведка. Тверь, 2006.
- Мешбей В.И.* Методика многократных перекрытий в сейсморазведке. М.: Недра, 1985.
- Осипов В.И., Медведев О.П.* и др. Москва: геология и город. М.: Московские учебники и картолитогрaфия, 1997.
- Скворцов А.Г.* Высокоразрешающая сейсморазведка на поперечных волнах (ВСПВ) — физические основы, технология и опыт применения. Геленджик, 2010.
- Yilmaz O.* Seismic data analysis // Society of Exploration Geophysicists. Ch. 3. 2001.

Поступила в редакцию
16.02.2012