



В. С. Черняк
С. А. Гриценко

ОАО "СИБНЕФТЕГЕОФИЗИКА", НОВОСИБИРСК
ВСЕГЕИ, САНКТ-ПЕТЕРБУРГ

СКОРОСТНОЙ АНАЛИЗ В УСЛОВИЯХ НЕОДНОРОДНОЙ ВЕРХНЕЙ ЧАСТИ РАЗРЕЗА, МИНИМИЗИРУЮЩИЙ ОСТАТОЧНЫЕ АНОМАЛИИ V_{CDP}

АННОТАЦИЯ. Предлагается алгоритм скоростного анализа с коррекцией времён годографа ОГТ в каждой его точке за неоднородность верхней части разреза. Расчёт проводится в эффективной модели по графику поправок в t_0 .

ABSTRACT. A velocity analysis technique is proposed for each CDP, with correction of the time curve for near-surface inhomogeneity. The calculations are made in a homogeneous earth model using the t_0 corrections diagram.

Ввод в сейсмограммы поправок за неоднородность верхней части разреза (ВЧР), в том числе и за присутствие многолетнемёрзлых пород (ММП), обычно проводится по вертикальной траектории луча в пласте неоднородности. При этом хорошо корректируются времена прослеживания горизонтов (линий t_0), но относительно скоростей V_{cdp} чаще всего не происходит удовлетворительного исправления. Вопрос об остаточных аномалиях V_{cdp} был поставлен в работе [1]. Нами эта проблема рассматривалась в работах [6, 7].

соб требовал задания модели средних скоростей. В настоящей работе это решение преобразовано в исключительно простую формулу, не содержащую скорость.

Итак, согласно работе [6]

$$dt_{cor} = dt / \left\{ \cos \left[\arg \operatorname{tg} (x / (2H)) \right] \right\}, \quad (1)$$

где dt и dt_{cor} - соответственно поправки за неоднородность в пункте взрыва или пункте приёма до и после их коррекции за наклон луча; x - расстояние взрыв-прибор; H - глубина до отражающей границы.

Учитывая равенство $\cos(\arg \operatorname{tg}(x)) = 1 / \sqrt{1+x^2}$, формулу (1) можно преобразовать к виду:

$$dt_{cor} = dt \sqrt{1+x^2 / (4H^2)}.$$

Поскольку, согласно уравнению годографа $t = t_0 \sqrt{1+x^2 / (4H^2)}$, $\sqrt{1+x^2 / (4H^2)} = t / t_0$, то формула (1) превращается в совершенно простое выражение:

$$dt_{cor} = dt(t/t_0). \quad (2)$$

Заметим, что теоретически наиболее верный путь исправления временного поля от искажающего влияния неоднородностей ВЧР представляет решение с помощью построения глубинной модели неоднородностей с последующим расчётом прямой задачи в двух вариантах: в присутствии и при исключении неоднородностей модели (способ замены слоя [3, 4]). Однако практика показывает, что для построения корректной модели неоднородностей не хватает достаточно точных и обоснованных данных. (Способы построения модели пласта ММП по сейсморазведочным данным обсуждались нами в работах [2, 5]). Обычно геофизики-интерпретаторы после расчёта поправок (по одному из способов, описанных в работе [2]) вводят их в сейсмограммы по правилу ввода статических поправок за рельеф, не учитывая наклон луча, что приводит к искажениям значений V_{cdp} .

Собственно, это выражение можно было бы написать сразу, глядя на эффективную модель среды (рис. 1), где $BE = dt$ в точке B профиля, MN - горизонтальная линия, аппроксимирующая подошву мерзлоты в точке E и пересекающая луч в точке D , а $BD = dt_{cor}$. Видно, что формула (2) следует из подобия треугольников BDE и OBC , если в последнем принять $OC = t_0/2$, а $BC = t/2$.

В работе [6] был предложен довольно простой алгоритм исправления остаточных аномалий, в котором, по существу, решение проводится в эффективной модели однородной среды. При этом параметры неоднородности в окрестности точки взрыва или точки приёма аппроксимируются постоянными значениями. Этот спо-

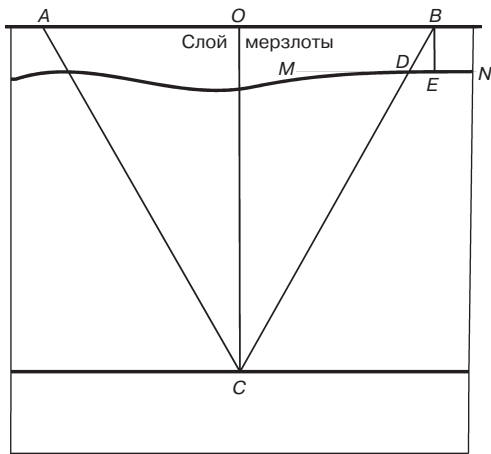


Рис. 1. К выводу формулы поправок за ММП с учётом угла наклона луча

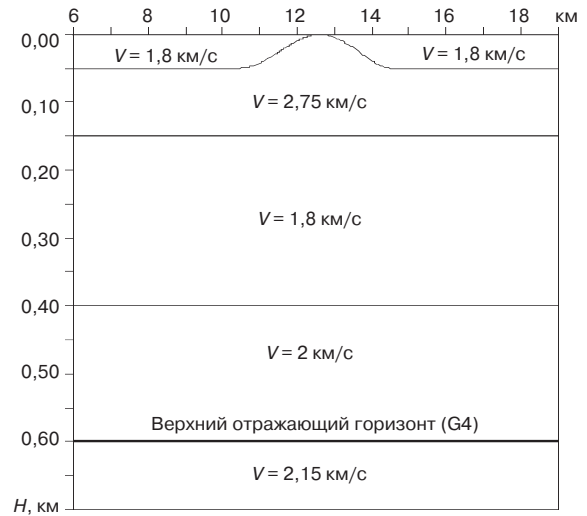


Рис. 2. Модель верхней части разреза

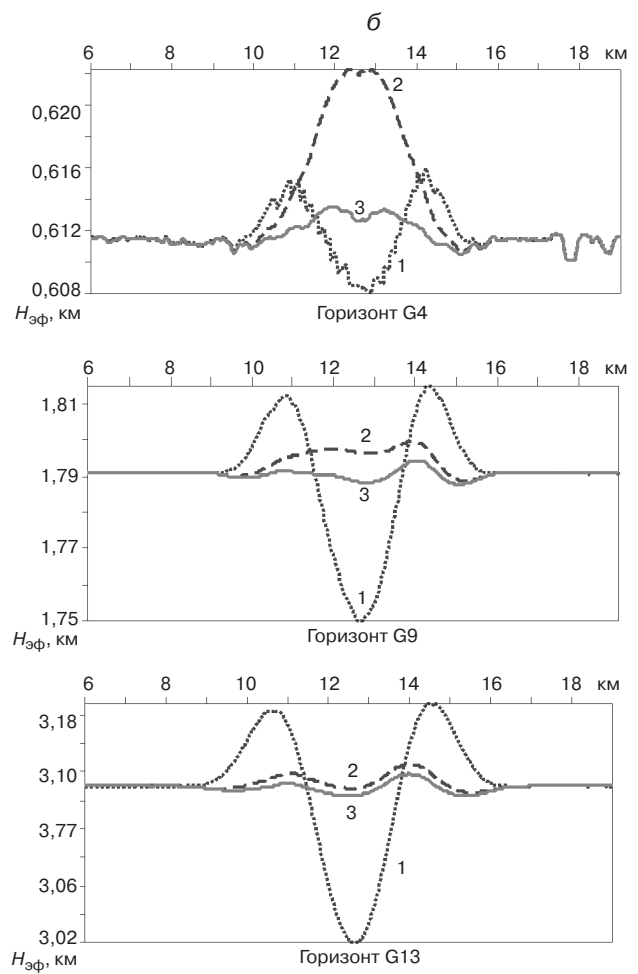
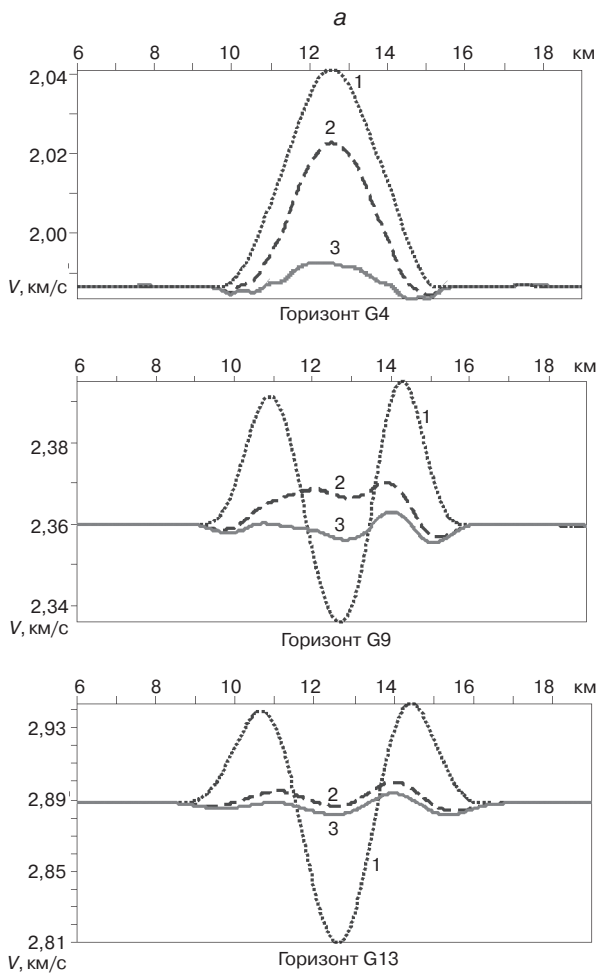


Рис. 3. Графики скоростей $V_{сдр}$ (а) и эффективных глубин $H_{эф}$ (б): результаты математического моделирования: 1 - по исходным сейсмограммам, 2 - по сейсмограммам после ввода статических поправок за ММП, 3 - с учётом наклона луча в пласте ММП

Согласно формуле (2) поправка за неоднородность ВЧР (в т. ч. и за ММП) в пункте взрыва или в пункте приёма при любом значении x определяется по соотношению t_0 и времени t , рассчитанного по гиперболе, определяющей траекторию окна анализа скоростей (с помощью очередного значения скорости из заданного диапазона их перебора). Этот способ коррекции поправок за наклон луча не требует ввода дополнительной информации (на входе только график поправок за неоднородности) и без труда реализуется в программах скоростного анализа. Мы сделали это в своём программном пакете обработки полевых сейсморазведочных данных. Для проверки качества исключения остаточных аномалий проведены расчёты на моделях.

Теоретические сейсмограммы были рассчитаны по модели среды, содержащей пласт ММП переменной мощности со скоростью волн 2,75 км/с и четырнадцатью отражающими и преломляющими границами в диапазоне глубин 0,4 - 3,0 км. На рис. 2 приведена верхняя часть модели. Горизонтальный скоростной анализ был выполнен по трём отражающим горизонтам - G4 (глубина 0,6 км, $t_0 = 0,616$ с), G9 (глубина 1,75 км, $t_0 = 1,514$ с) и G13 (глубина 3,0 км, $t_0 = 2,172$ с).

На рис. 3 демонстрируются графики скоростей V_{cdp} и эффективных глубин $H_{эф} = t_0 V_{cdp} / 2$, рассчитанные по исходным сейсмограммам ОГТ, сейсмограммам после ввода поправок за ММП способом ввода статических поправок и при осуществлении ввода поправок с учётом наклона луча в пласте мерзлоты в каждой точке годографа по формуле (2). Графики приведены в разных масштабах, чтобы каждый раз был виден уровень малых отклонений расчётных значений от истинных (соответствующих полному исключению неоднородностей), которые в нашем случае имеют постоянные значения по профилю.

Сплошные линии на графиках отображают результат применения нашего алгоритма минимизации остаточных аномалий. При всех расчётах они показывают ошибку не более 7 м/с по скоростям и 5 м по глубинам. Отметим, что при углублении в нашей модели среды пласта мерзлоты на 100 м максимальная ошибка по скоростям несколько больше (10 м/с), а по глубинам - меньше (3 м). Дополнительные комментарии сводятся к следующему.

Исходные значения V_{cdp} и t_0 по верхнему отражающему горизонту дают ничтожные ошибки оценок глубин, что позволяет при правильном выборе такого горизонта (как это рекомендуется в работе [2]) использовать их для расчёта поправок за неоднородности ВЧР с

помощью замены толщи, перекрывающей верхний горизонт, пластом с постоянной скоростью (или изменяющейся по установленному закону). Остаточные аномалии скоростей после ввода поправок по способу ввода статистики могут давать большие отклонения, что приводит к значительным ошибкам вычисления глубин по исправленным временным разрезам. Расчёт же скоростей V_{cdp} в каждой точке скоростного анализа с помощью пересчёта поправок по формуле (2) даёт практически идеальный результат.

Остаточные аномалии V_{cdp} после ввода поправок в сейсмограммы обычным способом вниз по разрезу уменьшаются, становясь зачастую мало значимыми на больших глубинах, что отмечалось в работе [6]. Однако применение формулы (2), как показывают результаты наших вычислений, полезно для всего диапазона глубин отражающих горизонтов.

Предложенный способ коррекции неоднородностей ВЧР очень легко вписывается в программы скоростного анализа и рекомендуется для постоянного использования при изучении скоростной характеристики сейсмических сред.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бевзенко Ю. П., Долгих Ю. Н., Кориков А. П., 2004, Повышение точности - современная проблема нефтегазописковых сейсморазведочных работ: Сейсмические исследования земной коры. Материалы международной научной конференции, посвящённой 90-летию академика Н.Н. Пузырёва (полная электронная версия): Новосибирск, Издательство СО РАН, 209 - 216.
2. Гриценко С. А., Черняк В. С., 2006, Учёт неоднородностей ВЧР в сейсморазведке и детальный скоростной анализ: Технологии сейсморазведки, **4**, 24 - 32.
3. Жданович В. В., Ознобихин Ю. В., Монастырёв Б. В., 1997, Изучение и компенсация искажающих свойств верхней части разреза в сейсморазведке: Геофизика, **6**, 22 - 36.
4. Левит А. Н., 1989, Интерпретация данных сейсморазведки МОГТ при наличии горизонтальных неоднородностей в верхней части разреза: Автореферат кандидатской диссертации, Институт геологии и геофизики СО АН СССР: Новосибирск.
5. Черняк В. С., 2006, Отклик на аномалию мерзлоты в кинематических параметрах отражённых волн и оценка параметров мерзлотного пласта: Технологии сейсморазведки, **1**, 33 - 38.
6. Черняк В. С., 2006, Остаточные аномалии V_{cdp} после ввода поправок за многолетнемёрзлые породы и способ избавления от них: Технологии сейсморазведки, **3**, 43 - 46.
7. Черняк В. С., 2007, Ещё раз об остаточных аномалиях V_{cdp} после ввода поправок за мерзлоту: Технологии сейсморазведки, **1**, 51 - 54.

КОРОТКО ОБ АВТОРАХ

Владимир Степанович ЧЕРНЯК - главный геофизик партии интерпретации ГЭЦОИ ОАО "Сибнефтегеофизика", кандидат геол.-минер. наук.

Сергей Алексеевич ГРИЦЕНКО - заведующий лабораторией методических разработок в области интерпретации сейсмических материалов ВСЕГЕИ.