

ОЦЕНКА СРЕДНЕЙ СКОРОСТИ НА 10-И МЕТРОВОЙ ГЛУБИНЕ ДЛЯ РАЗРЕЗОВ С ВЫСОКОСКОРОСТНЫМ ВЕРХНИМ СЛОЕМ ПРИ МИКРОРАЙОНИРОВАНИИ

Никольский А.А.

Томский политехнический университет, Томск

Описываются способы оценки средней скорости поперечной волны на 10-и метровой глубине для разрезов, верхняя часть которых представлена уплотненным насыпным грунтом или мерзлыми породами.

Введение

При микрорайонировании обязательным является вычисление приращений со-трясаемости методом акустических жесткостей. Для реализации этого метода необходимо знание средней скорости поперечной волны на 10-и метровой глубине. Обычно, для ее определения проводятся работы методом МПВ, с установкой горизонтальных сейсмоприемников ортогонально профилю с разнополярными ($\pm Y$) возбуждениями поперечной волны.

Верхняя часть разреза в Западносибирском регионе преимущественно представлена песками, супесями, суглинками и глинами различной консистенции и влажности. Скорость поперечной волны для таких инженерно-геологических элементов (ИГЭ) в основном определяется степенью уплотнения грунтов, которое, в свою очередь, зависит от глубины их залегания. В большинстве случаев наблюдается плавное возрастание скорости с глубиной. При исследовании таких разрезов обычно проблем не возникает, и скорости уверенно определяются методами рефрагированных волн или t_0 [1, 2].

Проблемы возникают при исследовании территорий старой застройки (например, микрорайон проектируется на месте бывшего промпредприятия) или в зимний период. В этих случаях верхний слой разреза представлен уплотненным насыпным или промерзшим грунтом. И в том, и другом случаях скорость поперечной волны в подстилающей толще оказывается меньше, чем в верхнем слое. По понятным причинам в таких разрезах ни преломленные, ни рефрагированные волны зарегистрированы быть не могут и задача определения средней скорости поперечной волны на 10-метровой глубине методом МПВ становится, на первый взгляд, неразрешимой.

Ниже приводятся способы оценки средней скорости поперечной волны на 10-и метровой глубине для разрезов с уплотненным насыпным грунтом.

Анализ волнового поля

На рис. 1 приведен пример сейсмограммы, полученной на участке, где ранее располагалось промышленное предприятие. Работы проводились 24-х канальной сеймостанцией Лакколит. Расстояние между каналами составляло 2 м, вынос – 2 м.

На рис. 1, а и рис. 1, б представлены сейсмограммы, полученные при $+Y$ и $-Y$ возбуждениях, а на рис. 1, в – результат наложения этих сейсмограмм.

На первых 10–12 каналах по первым вступлениям уверенно выделяется прямая волна, которая распространяется в насыпном уплотненном грунте. Скорости поперечной волны в этом слое ≈ 225 м/с. Далее, прямая волна затухает и, в следствии меньших скоростей в подстилающей толще, чем в насыпном грунте, головная волны от ниже расположенных границ в первых вступлениях не выделяется.

Вторая волна, которая выделяется на сейсмограмме – отраженная волна. На приведенной сейсмограмме она прослеживается, начиная с 4-го канала (при увеличении усиления эта волна прослеживается и на первых каналах) на времени ≈ 180 мс и уверенно коррелируется до 24-го канала на времени ≈ 280 мс. Идентифицировать данную волну как отраженную, позволяет гиперболичность оси синфазности и отсутствие «мертвой зоны».

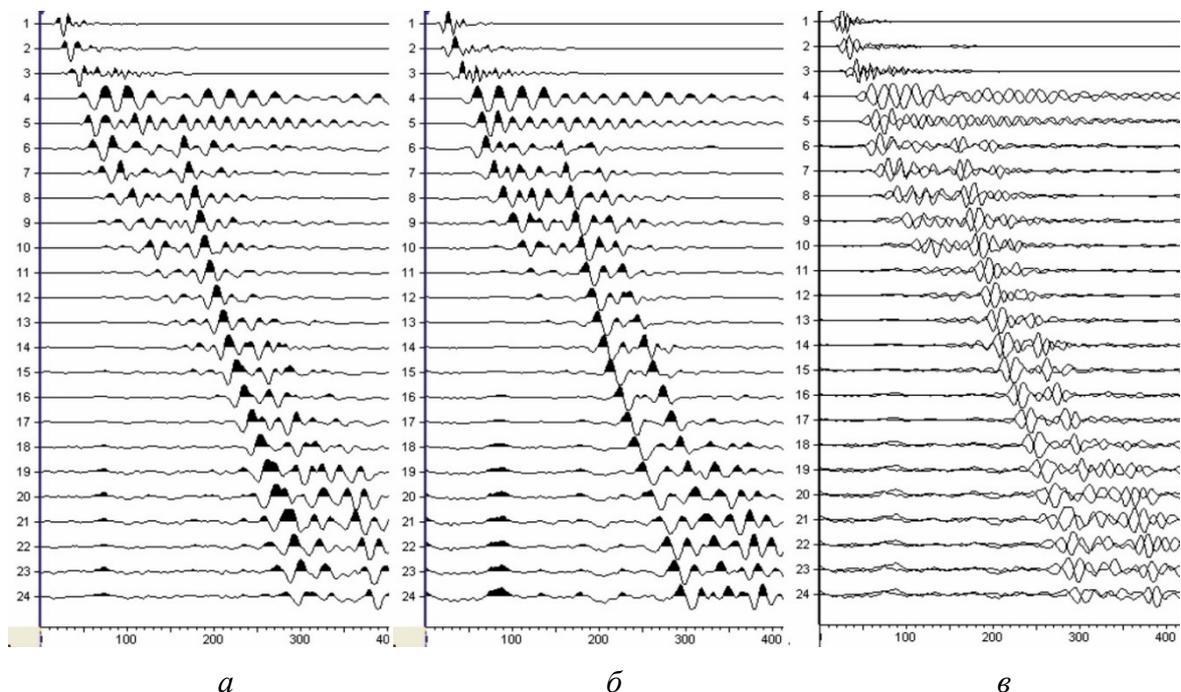


Рис. 1. Сейсмограммы, полученные при +Y (а), -Y (б) возбуждениях и результат их наложения (в)

На рис. 2. представлены годографы прямой и отраженной волн, полученные в результате корреляции. Обработка годографов отраженных волн осуществлялась методом постоянной разности, который заключается в вычислении

$$U(x) = t^2(x + m) - t^2(x),$$

при постоянном значении m (при расчетах $m = 16$ м). Функция $U(x)$ на графике представляет собой прямую линию (рис. 2).

Эффективная скорость определяется из выражения

$$V_{\text{эф}} = \sqrt{2m \frac{\Delta x}{\Delta t}}$$

Для рассматриваемого случая

$$V_{\text{эф}} = \sqrt{2 \cdot 16 \cdot 2047,4} \approx 256 \text{ м/с.}$$

Глубина до отражающей границы равна

$$h = \frac{t_0}{2} \cdot V = 0,059 \cdot 256 = 15,1 \text{ м.}$$

Скорость в верхнем уплотненном насыпном грунте, определенная по годографу прямой волны ≈ 225 м/с.

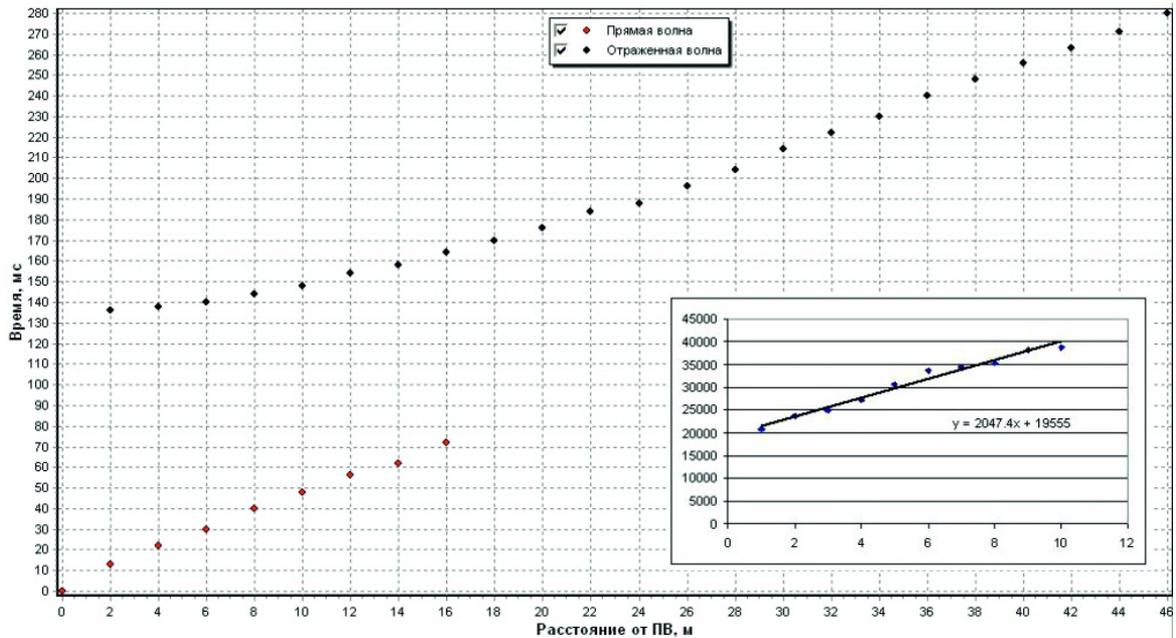


Рис. 2. Годографы прямой и отраженной волн и результат аппроксимации постоянной разности

Таким образом, при обработке, для приведенной сейсмограммы представляется возможным определить лишь скорость в насыпном грунте по годографу прямой волны, а также эффективную скорость и глубину залегания отражающей границы по годографу отраженной волны. Причем, эффективная скорость, в следствии градиентности толщи до отражающей границы (лучи не прямолинейны) несколько завышена относительно средней скорости.

Определение средней скорости на глубине 10 м

Для определения средней скорости на глубине 10 метров нами предлагается два способа.

Первый способ предполагает знание градиента средней скорости поперечной волны на глубинах более 5-и метров. По данным многочисленных исследований в Томской, Кемеровской и Новосибирской областях он составляет от 3,2 до 4,0 $\frac{\text{м/с}}{\text{м}}$.

Для исследуемого участка градиент составляет $\approx 3,7 \frac{\text{м/с}}{\text{м}}$ (рис. 3, а). Тогда, введя поправку за глубину

$$V_{\text{ср}} = 256 - (15,1 - 10) \cdot 3,7 = 237 \frac{\text{м}}{\text{с}},$$

получим оценку средней скорости на 10-и метровой глубине. Величина завышения скорости зависит от степени градиентности среды. Чем выше градиент, тем больше отклонение луча от прямой линии и, соответственно, выше скорость. Расчеты показали, что для разреза, характерного для исследуемой площади, завышение не превышает 5 %. В этом случае прогнозируемая скорость на 10-и метровой глубине, вычисленная по годографу отраженной волны, составляет около 225 м/с.

Основой *второго метода* является наличие годографа рефрагированной волны на территории исследования или вблизи от нее и предположение о скоростной однородности разреза до 10-и метровой глубины, что для исследуемой площади (исключая насыпной грунт) с сейсмической точки зрения является вполне справедливым.

Суть метода заключается в следующем. Берем за основу распределение скоростей, полученное в результате обработки рефрагированной волны (рис. 3, а). Заменяем верхнюю часть на графике пластовых скоростей на скорость в насыпном грунте, определенную по прямой волне. Тогда пересчет средней скорости на глубину 10 м при мощности насыпного уплотненного грунта 3,1 м равен 215 м (рис. 3, б).

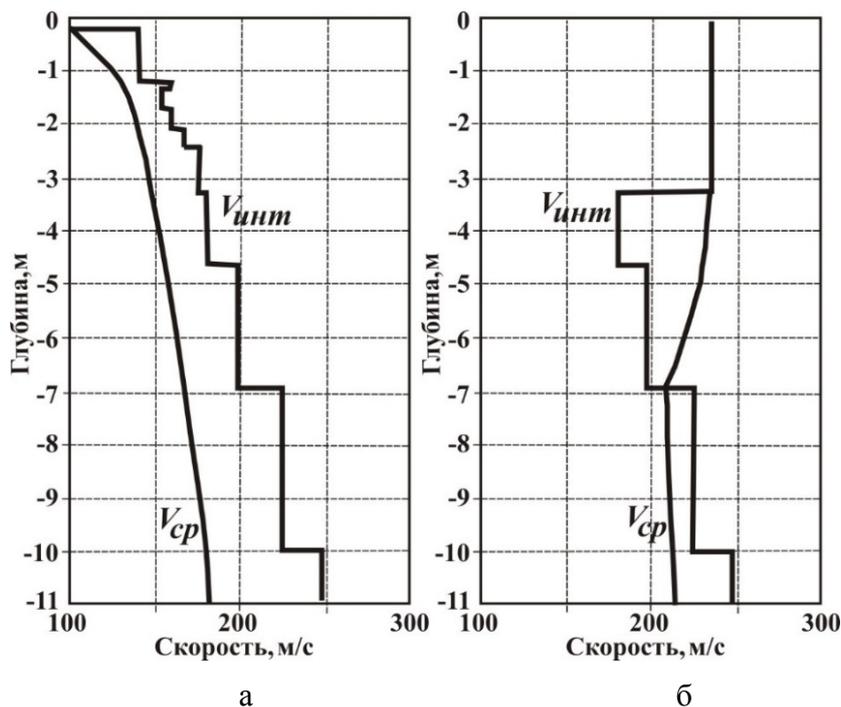


Рис. 3. Замена верхней части разреза насыпным уплотненным грунтом:
а – без насыпного грунта, б – мощность насыпи 3,1 м

Заключение

Сравнение скоростей, полученных разными способами, показывает хорошую их сходимость. Расчетные значения приращений сотрясаемости составили: для скорости, рассчитанной по отраженной волне – 0,07 балла, а по рефрагированной – 0,03 балла. Во избежание занижения расчетной интенсивности приращений, в качестве средней скорости поперечной волны в 10-и метровой толще принимается меньшее значение из двух рассчитанных.

Литература

1. Пузырев Н.Н., Мишенькина З.Р. Приближенные способы интерпретации годографов рефрагированных волн. Методика сейсмических исследований. – М.: «Наука», 1969.
2. Боганик Г.Н., Гурвич И.И. Сейсморазведка: учебник для вузов. – Тверь: Издательство АИС, 2006.