Записки Ленинградского ордена Ленина, ордена Октябрьской Революции
и ордена Трудового Красного Знамени горного института им. Г.В.Плеханова,
т. /XXYI, 1978 г.

ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ АЗИМУТАЛЬНЫХ НАБЛЮДЕНИЙ В УСЛОВИЯХ ПЕЧЕНГСКОГО РАЙОНА

Е.Р.ЛИТВИНЕНКО, М.Д.ЛИЗИНСКИЙ

В течение ряда лет при проведении сейсморазведочных работ методом отраженных волн (МОВ) в Печенгском районе применяются наземные азимутальные установки, а с 1976 г. – и скважинные – при работах методом вертикального сейсмического профилирования (ВСП). Регистрируемые волновые поля отличаются большой сложностью за счет интерференции многочисленных отраженных волн различных типов. Доминирующее значение, по-видимому, имеют монотипные продольные волны, однако наряду с ними наблюдаются поперечные и обменные отражения [7]. В этих условиях очень важно правильно определять тип волн, что требует постановки специальных исследований, в частности азимутальных.

Применяемая в Ленинградском горном институте азимутальная наземная установка включает 16 сейсмоприемников типа С-10, наклоненных под углом $\varphi = 45^{\circ}$, и вертикальный прибор. Скважинный зонд состоит из трех взаимно перпендикулярных и вертикального приборов типа СМВ-30 (так называемая "однородная" установка).

Методика полевых наблюдений и интерпретации данных разработана для платформенных районов [1], отличительной особенностью которых является наличие мощной зоны малой скорости (ЗМС). Восходящие волны, преломляясь на подошве ЗМС, приобретают почти вертикальное направление лучей. Это определяет основной принцип диагностики типа линейно поляризованных волн: на азимутальной сейсмограмме поперечные отличаются от продольных обращением фазы колебаний.

В Печенгском районе мощность ЗМС невелика (около 1/10 длины волны) и, по-видимому, не вызывает заметного изменения хода лучей [2, 3], вследствие чего они подходят к дневной поверхности не вертикально, а под углами e, определяемыми кинематикой волн, типом отражений, скоростью в среде. Вследствие этого отраженные волны любого типа могут регистрироваться на азимутограмме как с обращением фазы колебаний, так и без него.

Знак проекций вектора смещения на все оси сейсмоприемников будет одинаков при условии, что $e > 90^{\circ} - \varphi$ для продольной волны и $e < \varphi$ для поперечной волны.

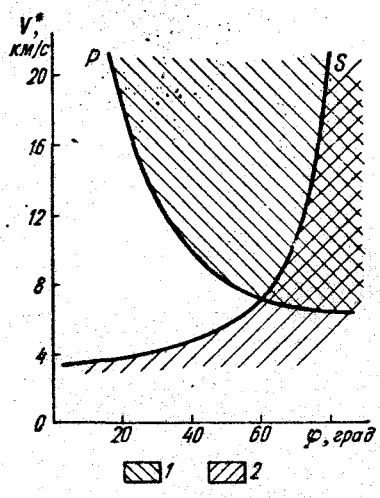


Рис.1. Интервалы кажущейся скорости продольных (1) и поперечных (2) волн, для которых не наблюдается смены полярности на азимутальной сейсмограмме

Для средней скорости продольных P и поперечных S волн в верхней части разреза Печенгской структуры, равных 6,2 и 3,5 км/с, можно определить кажущиеся скорости волн, соответствующие углам подхода e. Таким образом определены диапазоны кажущейся скорости отраженных волн, в которых возможно разделение продольных и поперечных колебаний для установок с любыми углами наклона приборов.

Графики на рис.1 позволяют определить "разрешающую способность" установки в зависимости от наклона в ней сейсмоприемников. В частности, при $\varphi = 45^{\circ}$ тип отражений можно определить при их кажущейся скорости больше 8,5 км/с. При меньших скоростях и продольные и поперечные волны имеют на азимутограмме смену полярности. С этой точки зрения оптимальной для данного скоростного разреза является азимутальная установка с углами наклона к горизонту $\varphi = 60^{\circ}$. Тогда поперечные волны характеризуются обращением фазы при кажущейся скорости больше 6,8 км/с, а продольные – при меньших скоростях.

Таким образом, становится очевидным, что при работе с азимутальными установками в Печенгском районе (как и во всех районах со слабо развитой ЗМС) необходимо использовать позиционные наблюдения, а также данные о средней скорости в среде.

Прямые, точнее слабопреломленные продольные и поперечные волны, изучались при наблюдениях методами отраженных волн и вертикального сейсмического профилирования [5-7]. Анализ этих волн представляет значительный интерес, так как прямые волны определяют волновое поле в целом, формируют сейсмограмму.

На азимутограмме, полученной при наземных наблюдениях, и продольная и поперечная волны характеризуются постоянными по знаку и величине колебаниями, что свидетельствует о вертикальном положении вектора смещения (рис.2).

Вертикальный подход продольной волны к сейсмоприемникам объясняется наличием значительного градиента скорости в приповерхностном слое [5]. По скважинным азимутальным наблюдениям составлено поле направлений смещений [3], подтверждающее градиентный характер среды.

Колебания, по времени прихода соответствующие поперечной волне, по характеру записи могут принадлежать только продольной волне или горизонтально распространяющейся волне типа SV. Последнее предположение маловероятно, так как требует отсутствия вертикального градиента для поперечных волн. Но во внутренних точках среды уже на глубинах 20-40 м направления смещений обеих прямых волн практически взаимно перпендикулярны, т.е. пути рас-

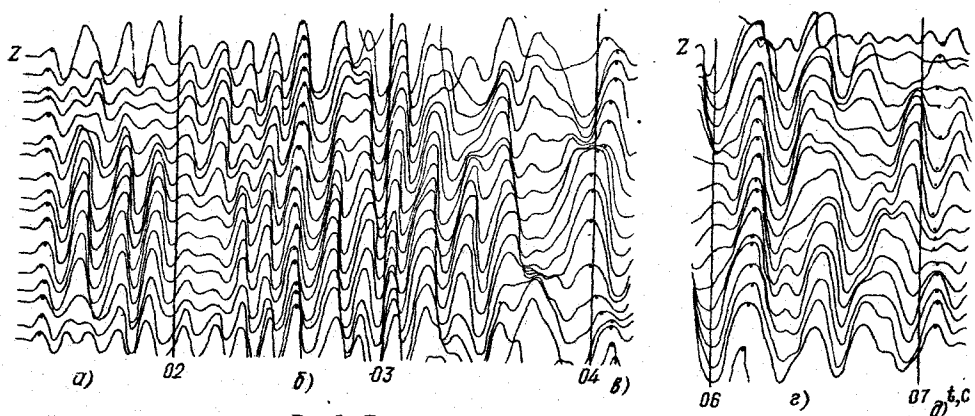


Рис.2. Примеры азимутальных сейсмограмм
а – прямая продольная волна; б – прямая поперечная волна; в – волна Релея; г, д – отраженные волны; верхний канал z соответствует вертикальному прибору

пространения этих волн одинаковы; следовательно, вертикальный градиент скорости существует как для продольных, так и для поперечных волн. Кроме того, наличие градиента для поперечных волн подтверждается особенностью вертикальных годографов (минимумы в верхней части разреза).

Предположение об обмене волны S на волну P на подошве ЗМС представляется более вероятным. Тогда возможность обмена существует и для вторичных волн. Это обстоятельство указывает на неоднозначность интерпретации наземных азимутальных наблюдений без комплексирования с позиционными работами и скважинными измерениями.

О поляризации прямой поперечной волны можно судить только по результатам скважинных работ. Вектор ее смещения ориентирован различным образом в плоскости, перпендикулярной направлению луча. По-видимому, поперечная волна эллиптически поляризована, что связано с наложением волн SV и SH. Нелинейность ее поляризации подтверждается некоторой криволинейностью оси синфазности на наземной азимутограмме [3]. Однако с удалением от пункта взрыва, т.е. с увеличением числа преломлений на промежуточных границах, эллипс поляризации несколько вытягивается, поляризация поперечной волны становится более определенной, приближаясь к типу SV. Это явление может быть объяснено законом Брюстера [4], согласно которому при преломлении световых колебаний на границе имеет место частичная поляризация и притом такая, что преимущественное направление колебаний лежит в плоскости падения.

В последующей части записи наблюдается волна Релея и отраженные волны (см. рис.2).

Наземные азимутальные работы позволили проследить изменчивость угла выхода отраженных волн вдоль профиля. Для одной из волн, связанной с горизонтом туфов в диабазах, азимут вектора смещения меняется от 45 до 360°, а угол выхода – от 35 до 70°, т.е. поляризация волны не является постоянной. По этим наблюдениям определено пространственное положение соответ-

ствующих отражающих элементов. Проекции построенных площадок отклоняются от линии профиля более чем на километр, а углы наклона в плоскости разреза отличаются от наклона границы, построенной способом полей, в среднем на 30–40°. Полученные результаты свидетельствуют, скорее всего, о сложности рельефа границы, ее складчатости, что согласуется с геологическими данными, а также, видимо, о значительных случайных ошибках построения.

Проведенный анализ данных азимутальных наблюдений подтверждает их значительные возможности.

Выводы

1. В рудных районах со слабым развитием ЗМС при определении типа отраженных волн следует учитывать сведения о кинематике отражений, строении ЗМС и средней скорости в среде.

2. Прямая поперечная волна характеризуется сложной нелинейной поляризацией; возможно, она претерпевает обмен на подошве ЗМС. Аналогичные явления могут быть присущи и отраженным поперечным и обменным волнам, что усложняет их диагностику.

3. Азимутальные наблюдения в рудном районе должны обрабатываться только в комплексе с материалами МОВ, ВСП, пространственных наблюдений и с учетом геологических данных. Анализ полученных сведений о детальной структуре волнового поля указывает на необходимость продолжения и расширения этих работ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гальперин Е.И. Азимутальный метод сейсмических наблюдений. М., Гостехиздат, 1955.
2. Гальперин Е.И. Вертикальное сейсмическое профилирование. М., Недра, 1971.
3. Гальперин Е.И. Поляризационный метод сейсмических наблюдений. М., Недра, 1977.
4. Ландсберг Г.С. Оптика. М., Наука, 1976.
5. Ленина И.С. Рефрагированные волны в изучении скоростного разреза Печенгского района. – Зап. ЛГИ, 1963, т. 46, вып. 2.
6. Литвиненко И.В., Шопин Ю.Г., Литвиненко Е.Р. и др. Методика изучения никеленосных ультраосновных массивов с помощью наземных и скважинных наблюдений. – В кн.: Состояние и развитие рудной сейсморазведки. М., 1973.
7. Шопин Ю.Г., Гавловская Т.Б., Литвиненко Е.Р. и др. Сейсморазведка при изучении никеленосных ультраосновных массивов Печенгского района. – Разведка и охрана недр, 1974, № 9.