

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ АНИЗОТРОПИИ СКОРОСТИ
ПО ДАННЫМ СЕЙСМИЧЕСКИХ НАБЛЮДЕНИЙ В СКВАЖИНЕ
МЕТОДОМ ВСП**

А.Н.Касимов*, В.А.Редекоп**

*ООО «МегаПоинт», г.Москва, **ООО «ВимСейс Технология», г.Москва

**DETERMINATION OF ANISOTROPY
ACCORDING TO SEISMIC SUPERVISION IN THE WELL BY VSP
METHOD**

A.N.Kasimov *, V. A. Redekop**

*«MegaPoint» Ltd., Moscow, **«VimSeis Technology» Ltd., Moscow.

Аннотация. В докладе рассмотрены возможности определения пластовой анизотропии по данным наблюдений в скважине методом ВСП из нескольких пунктов возбуждения. Рассмотрены способы расчета определения параметров анизотропии для пластов с поперечно изотропной и ортотропной моделями симметрии.

Abstract. In the report possibilities of determination of sheeted anisotropy according to supervision in a well by the VSP method from several points of excitement are considered. Ways of calculation of determination of parameters of anisotropy for layers with transversely isotropic and ortotropny models of symmetry are considered.

Abstract.

«ВСП – метод экспериментального изучения процесса распространения сейсмических волн в реальных средах, основанный на наблюдениях во внутренних точках среды (скважинах)» Е.И.Гальперин.

Практика наблюдений сейсмических волн в скважинах показывает, что метод ВСП в его не продольной модификации (НВСП), в том случае, если расположить пункты возбуждения (ПВ) в разных азимутах и на различных удалениях от скважины, позволяет наблюдать сейсмические волны, подходящие к точке наблюдения с разных сферических направлений. Тип волн (Р или S) на сейсмограммах ВСП достаточно уверенно идентифицируется, а направления подхода волн можно измерить, если использовать трехкомпонентную регистрацию колебаний, по поляризационным характеристикам выделенных волн. Кажущиеся скорости выделенных сейсмических волн можно определить по их годографам, если они достаточно уверенно прослеживаются на записях

НВСП. Все выше сказанное создает предпосылку определения параметров анизотропии по данным НВСП.

Для подготовки исходных данных, которые будем использовать для определения анизотропии, по сейсмограммам НВСП проведем некоторую предварительную обработку:

1. Выделим и идентифицируем наиболее регулярные волны, как падающие, так и отраженные.
2. По фазам выделенных волн проложим годографы, а по годографам рассчитаем кажущуюся скорость.
3. По трехкомпонентным записям определим вектор скорости смещений, направление распространения выделенной волны и скорость вдоль этого направления. По трехкомпонентным данным можно определить составляющую вектора медленности V_z и вектор поляризации. Направление вектора поляризации для продольной волны мало отличается от вектора поляризации, поэтому на основании указанных данных может быть приблизительно оценена скорость волны в анизотропной среде в зависимости от угла подхода волны к скважине. Таким образом, получили оценку следующих параметров:
 - направление движения волны;
 - скорость волны вдоль направления вектора поляризации;
 - скорости смещений по компонентам X, Y, Z .

Следует отметить, что за направление волны мы рассчитали по направлениям вектора поляризации (вектор k на рисунке 1). Этот вектор совпадает (при любом направлении) с векторами нормальных и лучевых скоростей (V_n, V_l) в изотропной среде, а в анизотропной среде направления векторов совпадает только вдоль главных направлений.

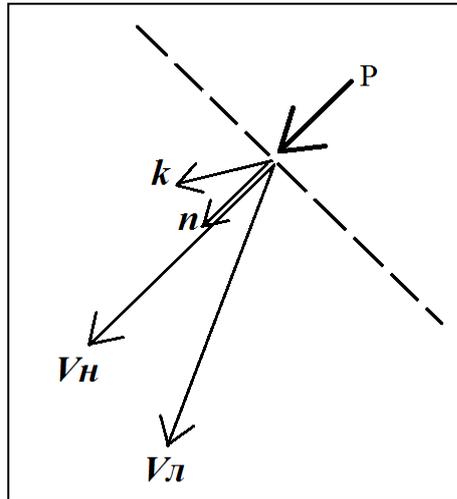


Рис.1. Схема векторов для P волны. Пунктирной линией обозначен фронт волны. Схема качественно отражает положение векторов в том случае, когда акустическая жесткость по вертикали больше, чем акустическая жесткость по горизонтали.

k - вектор смещения P волны; n – нормаль к фронту волны.
 V_n – нормальная скорость; V_l – лучевая скорость.

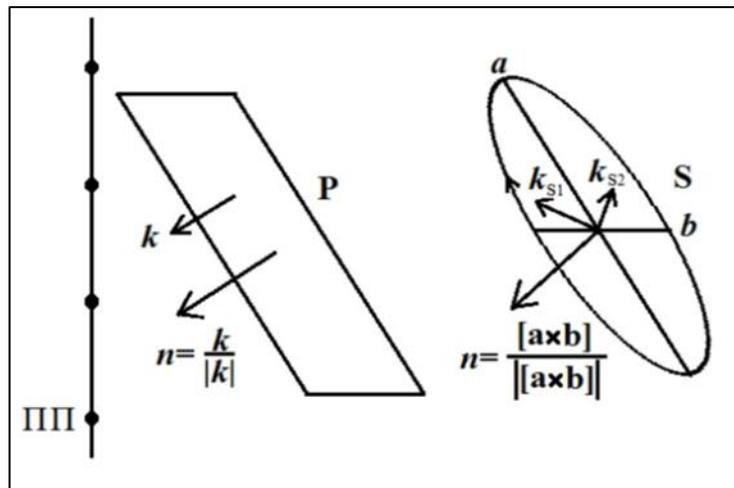


Рис.2. Принятая нами схема распространения для P и S волн.
 n – нормаль к фронту волны. k_{s1} и k_{s2} - вектора смещений S волны.

Поэтому, вычисления по приведенным ниже формулам, в которые входит параметр V_l , будут содержать систематические погрешности, но, тем не менее, мы предполагаем, что эти погрешности будут небольшие, а направления главных осей симметрии и параметры вдоль главных осей будут определены корректно. Полученные в результате обработки сведения о направлении волн и скоростях смещений на компонентах используем в качестве исходных данных для оценки анизотропии среды и вычисления

параметров, характеризующих анизотропию. Рассмотрим один из возможных подходов к оценке анизотропии среды.

Функцию скорости наблюдаемой с разных направлений выделенной волны, аппроксимируем трехосным эллипсоидом и составим систему уравнений (1).

где V_{xi} , V_{yi} , V_{zi} - составляющие вектора скорости вдоль направления n_i (рис.2). Желательно (чтобы оценить точность аппроксимации), для определения и проверки искомым коэффициентов $A-F$ число уравнений k должно быть больше шести ($k > 6$). Схема наблюдений НВСП позволяющая составить, достаточную для расчетов систему уравнений, показана на рисунке 3. Как показано на рисунке 3 для определения составляющих вектора скорости, которые необходимы для составления системы уравнений можно использовать как падающие, так и отраженные волны. При этом необходимо обеспечить как можно более широкий диапазон углов подхода волн к сейсмоприемникам в скважине.

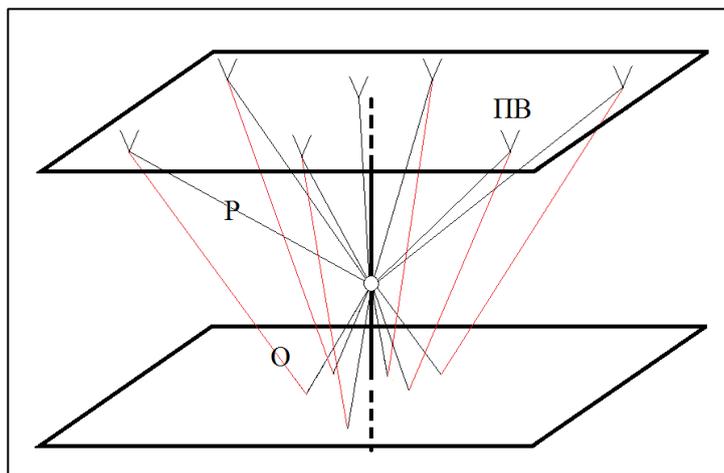


Рис.3. Схема подхода лучей к сейсмоприемнику в скважине.
ПВ - пункты возбуждения на поверхности; Р - падающие лучи, О - отраженные лучи.

Коэффициенты для переопределенной системы уравнений $A-F$ найдем одним из способов решения линейной системы уравнений с приближенно

заданной правой частью. Например, используя метод наименьших квадратов.

Полученные в результате решения системы уравнений (1) коэффициенты $A-F$ запишем в виде матрицы (2).

Для матрицы (2) найдем собственные значения и собственные векторы. Собственные значения (L) матрицы (2) дадут нам величины медленности (M) или скорости (V) вдоль направления осей эллипсоида $M_i=(L_i)^{1/2}$, $V_i=(1/L_i)^{1/2}$, где $i=\{1,2,3\}$ номер направления, а собственные векторы покажут направления осей.

Для оценки точности аппроксимации подставим найденные коэффициенты в уравнение (1) и найдем вектор невязок - отклонение каждого уравнения (1) от единицы. Этот вектор невязок покажет нам насколько предположение об эллиптической аппроксимации скорости правомерно в данном случае. Если невязки не превышают первых процентов, а точность определения интервальной скорости по данным ВСП может быть и ниже, то можно считать, что в нашем диапазоне углов распределение скорости может быть описано эллипсоидом.

В таблице приведены результаты такой оценки при расчете эллипсоида скорости по вектору поляризации падающей волны, которую наблюдали из 8-ми ПВ.

Таблица. Оценка точности аппроксимации зависимости скорости P волн от направления эллипсоидом.

№ПВ	Удаление, м	Азимут, °	Угол, °	Визм	Вэл	Вэл-Визм	%
1	1410	35	39	4088	4103	-15	-0.4
2	1440	80	36	4064	4066	-2	0.0
3	1450	125	34	4168	4116	52	1.2
4	1500	168	32	4053	4155	-102	-2.5
5	1450	215	34	4150	4103	47	1.1
6	1460	260	40	4047	4066	-19	-0.5
7	1500	305	46	4057	4116	-59	-1.5
8	1220	335	36	4235	4152	83	2.0

Судя по оценкам погрешностей приведенных в таблице, зависимость скорости от направления может быть описана эллипсоидом с точностью до 2.5 процентов в диапазоне углов до 46 градусов.

Скорости вдоль осей эллипсоида:

3773м/с, 3933м/с, 4295м/с.

Большая ось (4295) – направлена вверх,
отклонение от вертикали примерно 5 градусов.

Азимут оси 3933 – -18 градусов.

Коэффициенты анизотропии:

В направлении юг-север (вдоль оси 3933) - 0.88;

В направлении запад-восток (вдоль оси 3773) - 0.91

Выводы

- Наблюдения НВСП позволяют определять параметры анизотропии.
- Для вычисления параметров анизотропии необходима регистрация наблюдений из нескольких ПВ, обеспечивающих подход волн к точкам приема под разными пространственными углами.
- Для определения параметров анизотропии могут быть использованы особенности как продольных, так и поперечных волн, как падающих, так и восходящих.