

## Физические основы методов акустического каротажа

Средние характеристики распространения волны для скелета породы

Горная порода	Скорость волны в скелете породы, м/с	Время пробега волны, $\Delta t_{ск}$ , мкс/м
Вода	1500 – 1700	660 – 600
Песчаники	5500 – 6400	182 – 156
Известняк	6400 – 7000	156 – 143
Доломит	7000	142,5
Ангидрит	6100	164
Соль	4580	220

Связь скорости распространения волны с пористостью породы в акустическом каротаже описывается уравнением:

$$\frac{1}{v_p} = \frac{k_n}{v_{ж}} + \frac{(1 - k_n)}{v_{ск}}$$

или через интервальное время:

$$k_n = \frac{\Delta t - \Delta t_{ск}}{\Delta t_{ж} - \Delta t_{ск}}$$

где  $\Delta t$  – интервальное время в пласте, мкс/м;

$\Delta t_{ск}$  – интервальное время в скелет породы, мкс/м;

$\Delta t_{ж}$  – интервальное время в жидкости (воде), мкс/м.

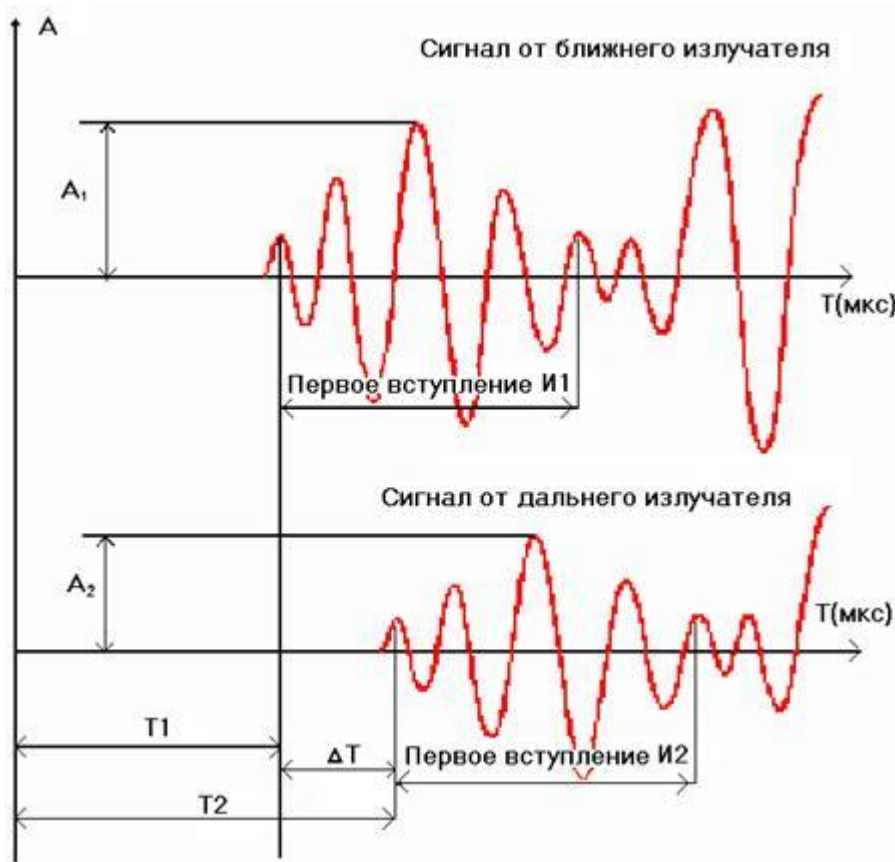
Коэффициент поглощения энергии (параметр затухания)  $\alpha$  на участке горной породы между элементами измерительной установки определяется выражением:

$$\alpha = \frac{1}{l} \ln \frac{A_1}{A_2}$$

где  $l$  – база зонда (расстояние между сближенными элементами);

$A_1, A_2$  – амплитуды колебаний, принятых первым и вторым приемниками;

$\alpha$  – выражается в 1/м.



*Волновая картина, полученная при записи упругих колебаний приемниками трёхэлементного зонда*

## Акустические волны

В электротехнике существуют 4 диапазона частот:

1. Инфразвук (резонанс человеческого тела) частота меньше 16 Гц – военное дело. 7-10 Гц смертельная частота, 120 Дб – тошнота, 140 Дб – 2 мин смертельно. Два сигнала высокочастотных с разницей 5 – 7 Гц. Полицейские при разгоне демонстраций.

Буддийские монахи лечат.

2. Звуковая частота 16 – 16000 Гц – сейсмическая волна, АКШ.

3. Ультразвук 16 –  $10^7$  кГц – АК, САТ.

4. Гиперзвук более  $10^7$  кГц.

В акустическом каротаже различают следующие *типы волн*:

1. P – продольная pressure – волна давления, сжатия, распространяется в твердых телах, жидкости, газе.

2 S – поперечная shear – волна сдвига, образуется только в твердом теле.

3 L – лэмбовская волна – только в цилиндре распространяется в жидкости и газе.

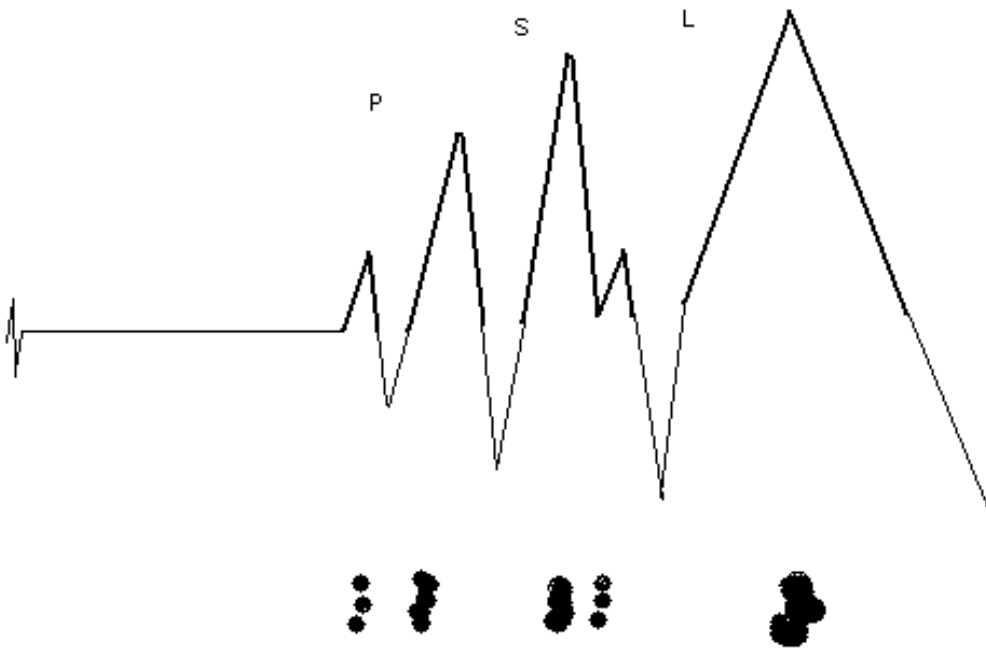
$\lambda_L > d_{\text{скв}}$ . Резонанс лембовской волны  $\lambda_L = 2 d_{\text{скв}}$ . Рассчитывается необходимая частота излучения акустической волны для скважинного прибора АК из следующего уравнения:

$\lambda_L = V/f = 1500/30\,000 = 5$  см. (для СПАК частота высокая 25 кГц, следовательно, лембовская волна не образуется).

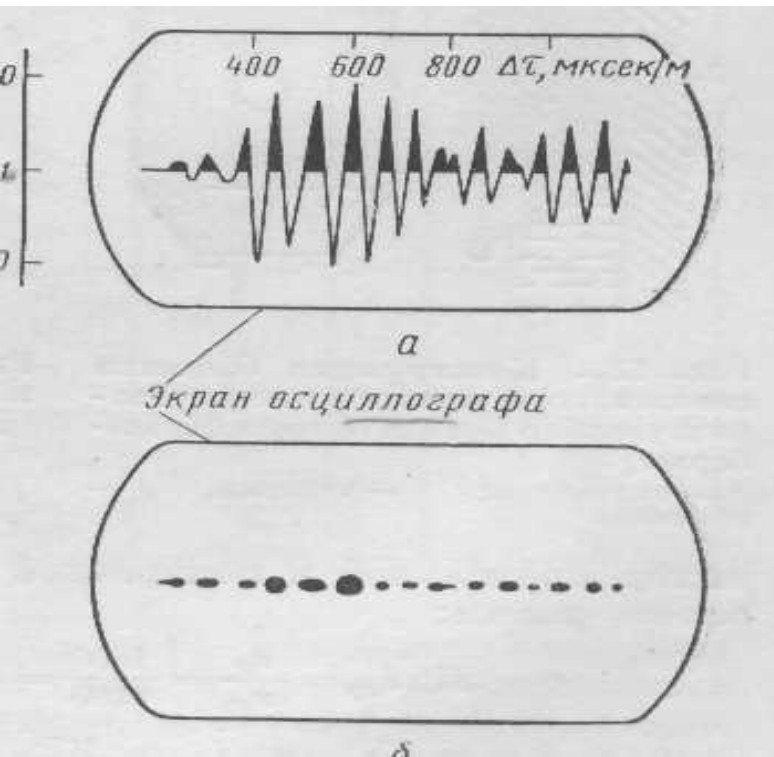
$\lambda_L = V/f = 1500/5\,000 = 30$  см. (для АКШ частота излучения от 3 кГц, следовательно, лембовская волна образуется). Волна L чувствительна к проницаемости.

4. Гидроволна – неинформативная волна.

5. Волны Стоунли и Рэлея не изучены.

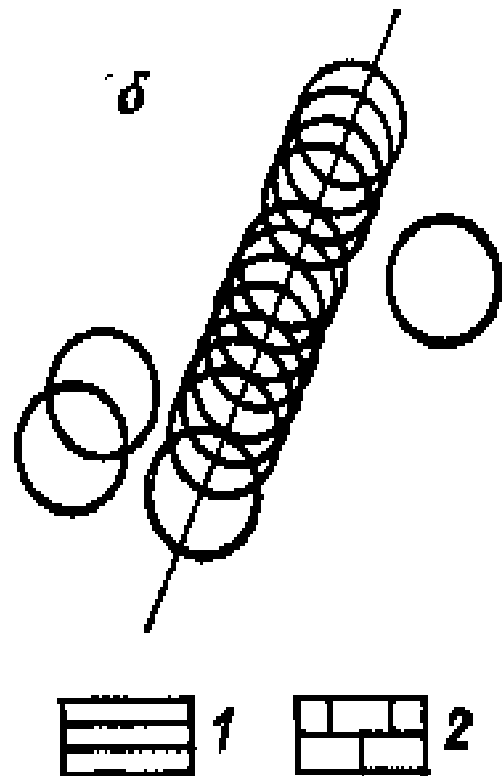
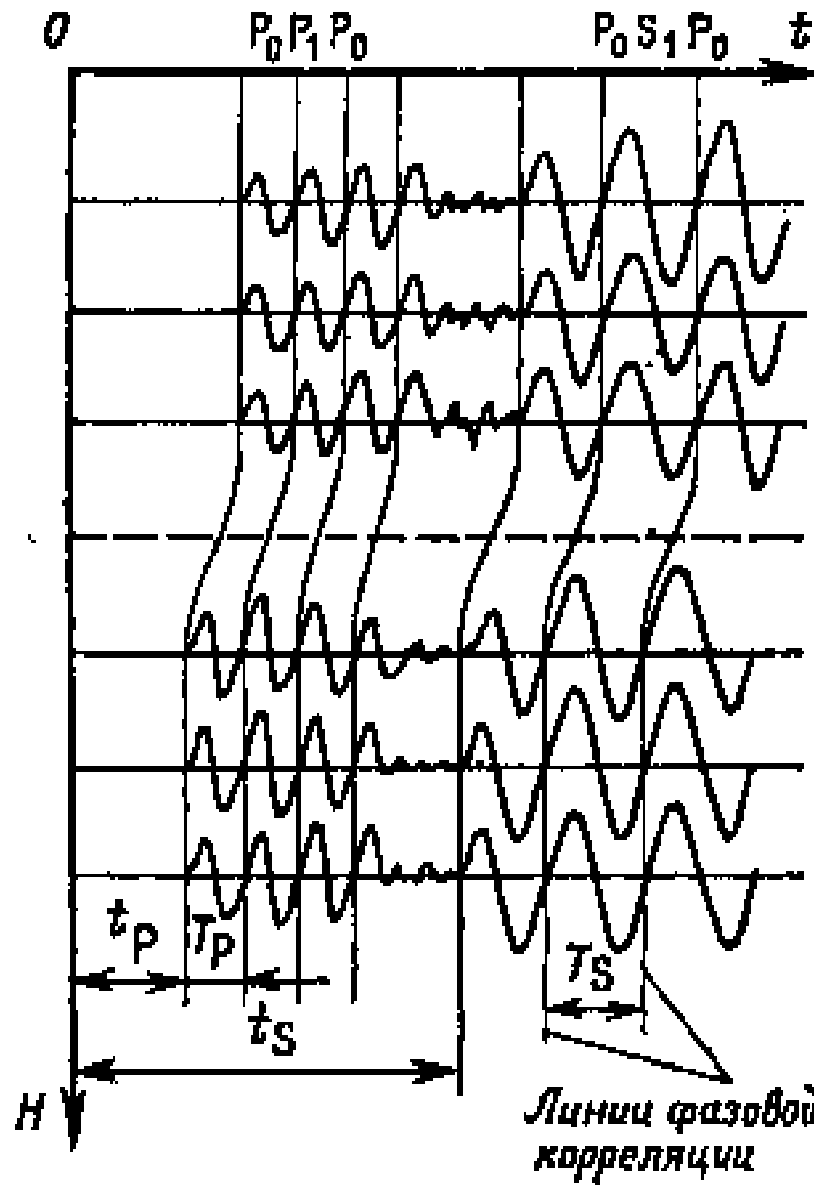
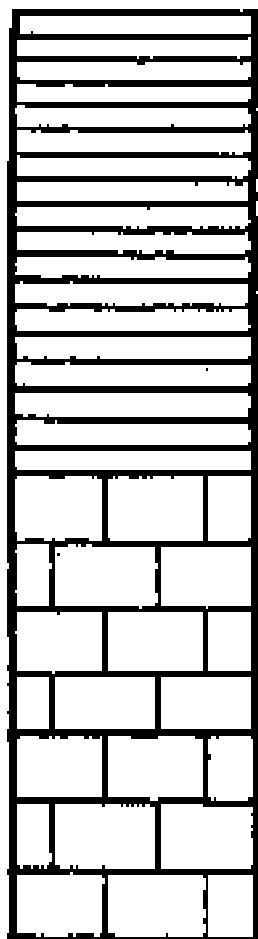


Регистрация волновой картинке с помощью ФКД



Пример преобразования волновой картинке в ФКД на экране осциллографа

**a**



### *Свойства упругих волн:*

1. Затухание упругой волны – потеря  $E$ ;
2. Преломление акустической волны возникает на границе двух сред, когда скорость распространения волны во второй среде  $V_2 > V_1$ , то  $\beta > \alpha$ .
3. Отражение акустической волны возникает, когда длина волны меньше изучаемого объекта  $\lambda < H$ .
4. Дифракция (огибание), когда  $\lambda > H$ , например, размер головы меньше, чем длина волны, поэтому слышен звук всеми в помещении.
5. Рефракция – разновидность преломления, т.е. изменение направления движения волны.
6. Обмен – меняются местами типы волн,  $P$  на  $S$  и наоборот.
7. Рассеивание – изменяется направление движения волны с одновременной потерей энергии.

### *Разновидности аппаратуры АК:*

- Только приемник – шумовой каротаж (ШК) диапазон 200 – 10 000 Гц.
- Приемник и излучатель – акустический каротаж цементации (АКЦ).
- Приемник и два излучателя, или наоборот – метод АК.
- Четырехэлементный АК – прибор «ПАРУС» рудная геофизика, для компенсации перекосов прибора при каротаже.
- Многозондовый, одиннадцать и больше излучателей и приемников – компенсированное влияние скважины.
- Сам изучает и затем фиксирует волну скважинный акустический телевизор.

### **На АК оказывают влияние:**

- Геологические параметры – литологический состав, пористость, насыщенность, проницаемость, глинистость.
- Литология – чем больше плотность, тем больше скорость (см. таб. 3).
- Пористость (см. формула 24).
- Насыщенность.
- Глинистость. Глинистость делится на два класса: скелетную и поровую, однако на поровую глинистость не воздействует давление, поэтому эта глинистость на АК не оказывает влияние.

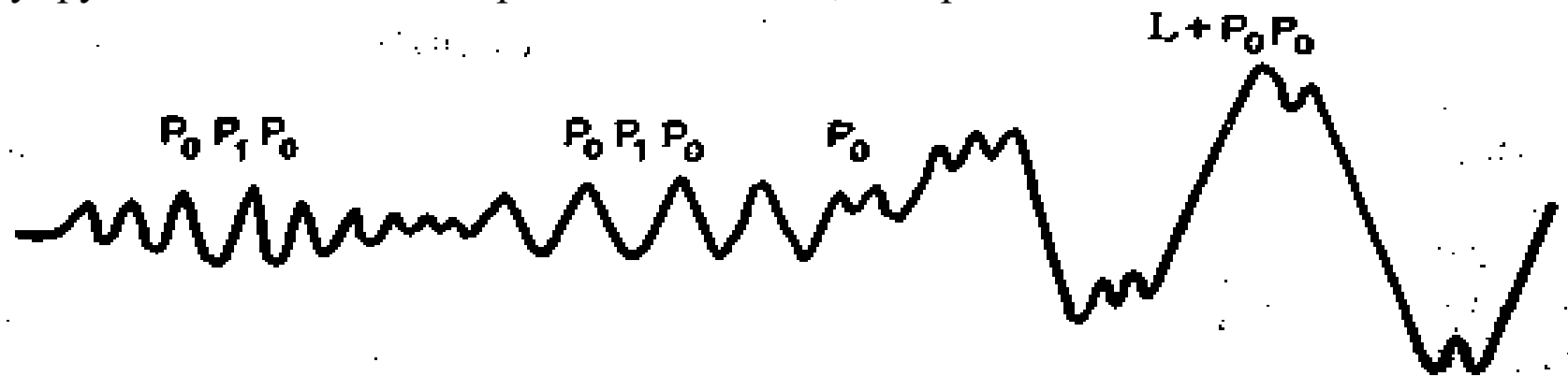
Основные элементы прибора АК:

1. *Излучатель*: Излучатель изготавливается из магнитострикционных материалов: никеля, пермендюра, кобальта. Для получения собственной частоты 3 – 80 кГц, излучатель собирают из пластин толщиной 0,1 – 0,2 мм, общей мощностью 0,1 диаметра излучателя. При подаче тока на обмотки возбуждения (частотой = 25 Гц) возникает магнитострикционный эффект, вызывающий **ультразвуковые колебания**.

2. *Приемники*: в основном сферические, пустотелые пьезокерамические приемники.

3. *Изоляторы*: резиновые, фторопластовые, прорезиненные.

Обычно измерительный зонд прибора АК содержит один монополюсный излучатель упругих колебаний и два разнесенных на 0,5 м приемника.



Волновая картина акустического поля в скважине