Записки Ленинградского ордена Ленина, ордена Октябрьской Революции
и ордена Трудового Красного Знамени горного института им. Г.В.Плеханова,
т. XCII, 1982 г.

УДК 550.834.01

# ОПЫТНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ МЕТОДОМ АКУСТИЧЕСКОГО КАРОТАЖА В ПЕЧЕНГСКОМ РУДНОМ ПОЛЕ

В.Г.ТЕРЕНТЬЕВ, В.П.СИНЕЛЬНИКОВ

Во время полевых работ 1979 г. впервые в Печенгском рудном поле был опробован малогабаритный макет акустического скважинного прибора, изготовленный во Всесоюзном научно-исследовательском институте геофизических исследований скважин (ВНИИГИС) с участием Ленинградского горного института [3]. Акустические исследования проведены в трех скважинах, пробуренных в пределах IУ вулканогенной и продуктивной толщи. В этих скважинах ранее были выполнены наблюдения методом вертикального сейсмопрофилирования, а методом АК изучалась скорость продольных волн.

А п п а р а т у р а  и  м е т о д и к а  р а б о т. Аппаратура состоит из скважинного прибора и наземных блоков, установленных на стенде каротажной лаборатории. Использован временной пульт от серийно выпускаемой установки СПАК-4, предварительно переделанный для приема импульсов момента излучения от скважинного прибора. Запись измеряемых параметров: времени распределения упругого импульса от первого $T_1$ и второго $T_2$ излучателей и разность между ними $\Delta T$ – велась непрерывно по всему стволу скважины в аналоговой форме и регистрировалась каротажной станцией СК-I с фоторегистратором НО-I5.

Диаметр скважинного прибора 48 мм. Размеры зонда $И_1$ 0,25 $И_2$0,75П, где $И_1$ и $И_2$ – излучатели; П – приемник. Частота колебаний излучателей 30 кГц, частота следования импульсов I2,5 Гц. Сравнительно высокая частота излучения обеспечила достаточную разрешающую способность записи волн и увеличила точность отсчета времени их распространения.

Длина зонда $L = 0{,}9$ м удовлетворяла условию [I]:

$$L_{min} \geq (d_c - d_з)\sqrt{\frac{1+m}{1-m}},$$

где $d_c$ и $d_з$ – диаметр скважины и зонда соответственно; $m = v_0/v_1$; $v_0$ и $v_1$ – скорость в скважинной жидкости и в породах соответственно.

Выбранные параметры зонда позволили получить информацию о свойствах среды на расстоянии 30–40 см от оси скважины (около шести диаметров сква-

жины) и обеспечили прохождение сигнала за градиентной зоной с измененными в процессе бурения физико-механическими свойствами пород [2].

Масштаб записи был выбран с учетом геологического разреза Печенгского рудного поля и составлял для $T_1$ и $T_2$ 50 мкс/см, а для $\Delta T$ был равен 20 мкс/см. В процессе записи постоянно контролировалась работа аппаратуры путем визуального наблюдения волновой картины и момента срабатывания каналов $T_1$ и $T_2$ на экране электронного осциллографа.

Масштаб глубин составлял I:200 и I:500. Запись велась со скоростью 1000 м/с; в отдельных случаях, когда при перемещении прибора по скважине повышался уровень шумов, скорость его движения снималась до 500-600 м/ч. Для контроля полученных диаграмм АК производилась повторная запись по всему стволу скважины. Сопоставление диаграмм при основной и повторной записях показало их хорошее совпадение (с погрешностью до I,5-2 %).

И н т е р п р е т а ц и я и р е з у л ь т а т ы р а б о т. Интерпретация данных АК проводилась по общепринятой методике. При определении глубин за точки записи для диаграмм $T_1$ и $T_2$ принималась середина расстояния между ближним и дальним излучателями и приемником, а для диаграмм $\Delta T$ – середина расстояния между излучателями $S$.

Пласты с аномальными упругими свойствами выделены на диаграммах $\Delta T$ по симметричным аномалиям, максимумы которых соответствуют истинному значению $\Delta T$ пластов, если их мощность больше длины зона ($h \geq L$). При $h < L$ значения $\Delta T_{max}$ оказываются заниженными по сравнению с истинными.

Границы пластов любой мощности отбиваются в точках, расположенных на расстоянии $0,5L$ от начала градиентного участка диаграммы [2].

Каверны отмечаются на диаграммах $\Delta T$ увеличением аномалия времен, а ее границы определяются как и границы обычного пласта.

После осреднения кривых $\Delta T$ по интервалам полученные графики были переведены в значения скорости упругих колебаний в горных породах и использованы для расчета вертикального годографа и вычисления интервальных скоростей.

Обработанные таким образом материалы АК были сопоставлены также с данными гамма-гамма-каротажа и осреднены.

Скважина 1 (рис.I) вскрыла до глубины 750 м разрез IУ вулканогенной толщи, представленной диабазами с прослоями туфов и туфитов. Нижняя часть разреза этой скважины (интервал 750-II50 м) сложена продуктивной толщей - графитистыми сланцами (филлитами), содержащими интрузии основных ультраосновных пород.

Скоростной разрез по скважине 1 оказался чрезвычайно сложным: он сильно расчленен и дифференцирован по скорости продольных волн $v_p$. Различия в значениях этой скорости для разных пород достигают 2000 м/с. Выявленная сложная тонкослоистая сейсмоакустическая структура оказалась характерной для всего вскрытого скважиной разреза. В диапазонах IУ вулканогенной толщи она обязана чередованию высокоскоростных массивных диабазов с маломощными низкоскоростными прослоями туфов, туфитов и рассланцованных пород.

Положение кровли продуктивной толщи определяется заметным общим понижением скорости $v_p$ до 5500-6000 м/с. В пределах этой толщи массивы ос-

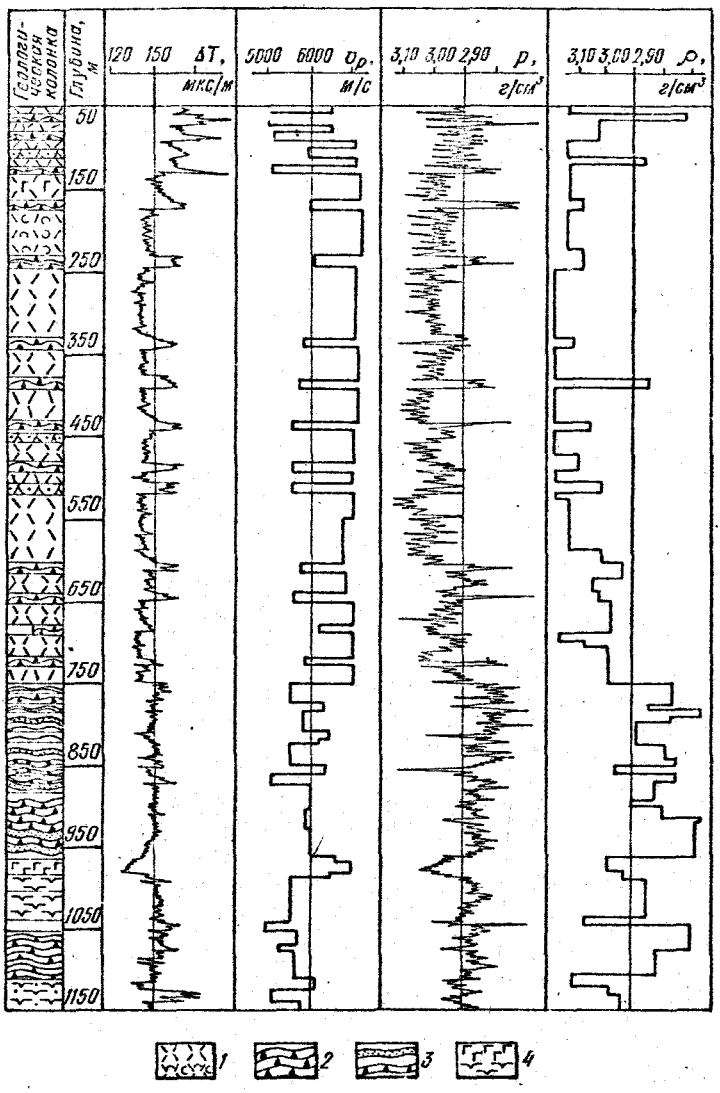



**Рис.1. Результаты акустического и плотностного каротажа по скважине 1**

**1 – диабазы; 2 – туфы, туфиты; 3 – филлиты; 4 – основные и ультраосновные породы**

новных и ультраосновных пород выделяются повышением скорости на 500–1000 м/с.

Сравнение результатов АК с данными плотностного каротажа по рассматриваемой скважине указывает на четкую корреляцию их между собой: интервалам с повышенными и пониженными значениями скорости соответствуют увеличения и уменьшения плотности $\rho$ горных пород.

Скважина 2 (рис.2,а) прошла лишь IУ вулканогенную толщу, сложенную разными диабазами массивной и шаровой текстуры с пропластками различных туфов и туфитов.

Скоростной разрез этой толщи также достаточно сильно расчленен по значениям скорости $v_p$. Изменение этого параметра достигает 2000 м/с. В интервале 100–150 м четко выделяется пачка пропластков агломератовых и пепловых туфов основного состава мощностью до нескольких метров, характеризующихся понижением скорости до 5000–5400 м/с. Расчленение этой пачки особенно хорошо видно на более детальных графиках $\Delta T$ и $v_p$ (рис.2,б).

В интервале глубин от 350 до 750 м хорошо отмечаются пропластки диабазов и габбро-диабазов с очень высокой скоростью до 7500 м/с.

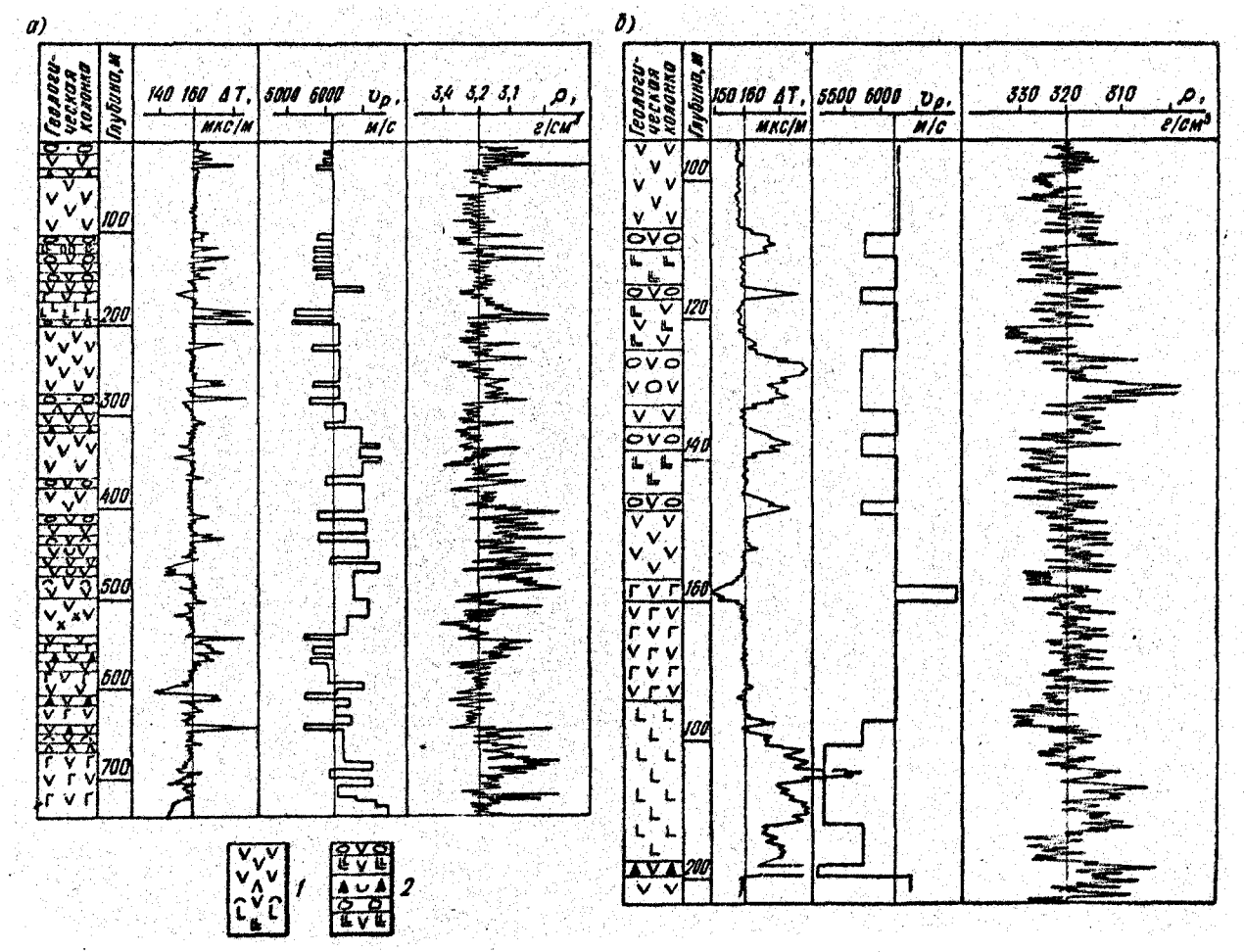



Рис.2. Результаты акустического и плотностного каротажа по скважине 2 (а) и детализация в интервале глубин 100–200 м (б)

1 – диабазы различного состава (1У вулканогенная толща); 2 – туфы, туфиты

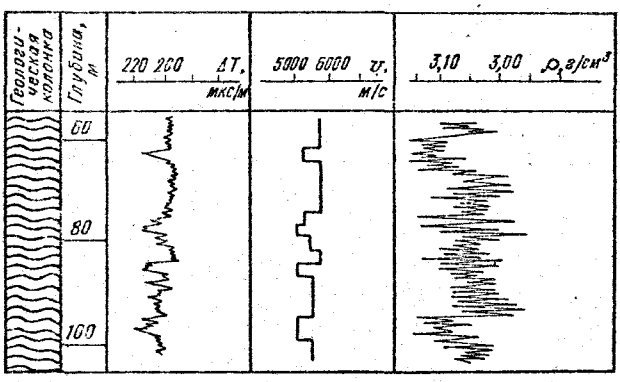



Рис.3. Пример расчленения продуктивной филлитовой толщи методом АК и ГГК-П

Скважина 3 прошла разрез осадочных и магматических пород продуктивной толщи. Ее скоростной разрез более выдержан. В разрезе относительно пониженными значениями скорости (до 5200-5500 м/с) выделяются туфы и туфобрекчии. Интересно, что сравнительно однородная по геологическим данным филлитовая толща по данным АК и ГГК-П в ряде случаев очень четко расчленяется на отдельные пачки (рис.3), что позволяет считать осадочные породы продуктивной толщи неоднородными по скорости распространения упругих волн.

## Выводы

1. Опробование скважинного зонда, разработанного ВНИИГИС, в комплексе с модифицированной серийной наземной аппаратурой СПАК-4 оказалось весьма успешным. Удовлетворительная работа аппаратуры подтверждается хорошей повторяемостью записей при повторных наблюдениях.

2. Акустический каротаж имеет большие перспективы для дальнейшего использования в условиях Печенгского рудного поля. АК может существенно дополнить данные других методов скважинных исследований при расчленении разреза.

3. Особое значение может иметь АК при изучении строения продуктивной филлитовой толщи. Расчленение этой толщи по значениям скорости производится весьма детально и в ряде случаев более четко по сравнению с плотностным каротажем. Не исключено, что представится возможность проводить в дальнейшем корреляцию разрезов данной толщи, вскрытых отдельными скважинами, по значениям скорости продольных и поперечных волн.

4. При сопоставлении графиков АК с материалами ВСП и наземной детальной сейсморазведки методом отраженных волн могут быть получены новые данные о природе сейсмических границ и их сейсмоакустической структуре.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Булатова Ж.М., Волкова Е.Л., Дуброва Е.Ф. Акустический каротаж. Л., Недра, 1970.

2. Ивакин Б.Н., Карус Е.В., Кузнецов О.Л. Акустический метод исследования скважин. М., Недра, 1978.

3. Комплексная аппаратура акустического каротажа (руководство по работе и интерпретация получаемых данных). / Под ред. А.Н.Федоренко. М., изд. ВНИИГеофизика, 1978.