

УДК 550.340.6

А. Б. НЕМИРОВСКИЙ, Д. И. РУДНИЦКАЯ, Л. А. СИГАЛ

НЕКОТОРЫЕ ВОПРОСЫ ИЗУЧЕНИЯ ТОНКОСЛОИСТЫХ  
РАЗРЕЗОВ МЕТОДОМ АКУСТИЧЕСКОГО КАРОТАЖА

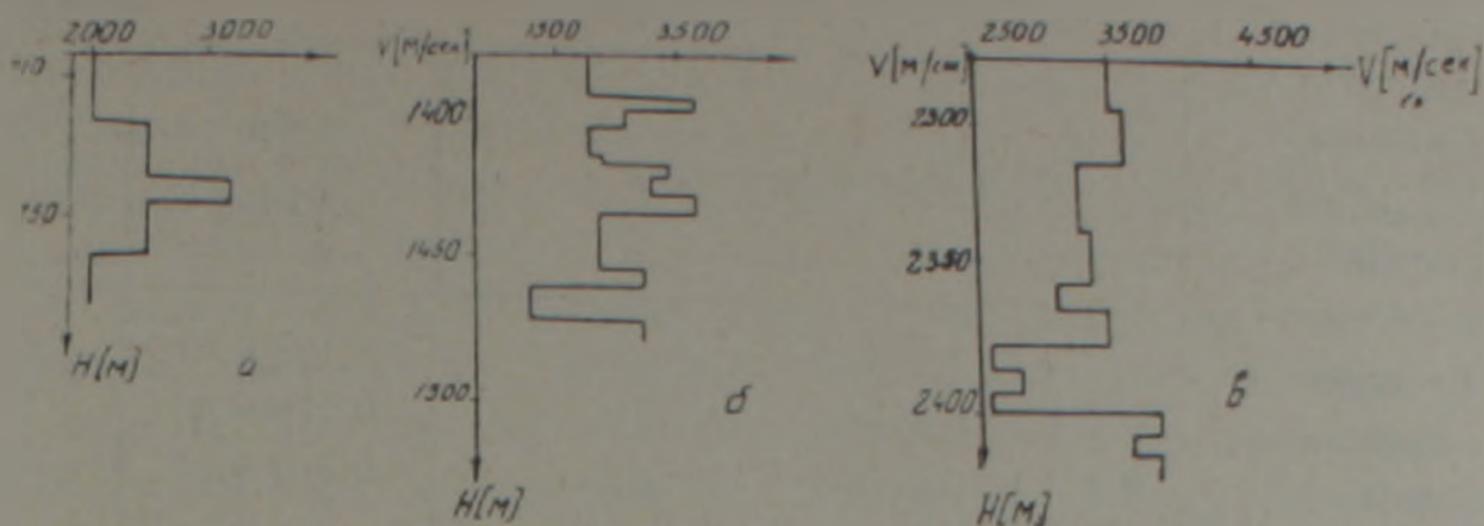
Изучение тонкослоистых разрезов является в настоящее время актуальной и притом достаточно сложной задачей разведочной и промысловой геофизики. Актуальность этой задачи вытекает прежде всего из необходимости повышения достоверности интерпретации сейсморазведочных и промыслово-геофизических данных.

Как известно, геофизические методы разведки играют важную роль при поисках нефти и газа. Среди них большое значение имеет сейсморазведка методом отраженных волн. Во многих нефтяных провинциях этот метод обеспечивает высокую эффективность при поисках сравнительно больших по амплитуде структурных ловушек нефти и газа. В связи с детальным изучением перспективных в нефтегазоносном отношении площадей перед сейсморазведкой поставлены более «тонкие», с методической точки зрения, задачи: поиски и детальная разведка локальных поднятий с малыми амплитудами, поиски и изучение выклинивающихся слоев, прямые поиски нефтяных и газовых месторождений. Однако, геологическая эффективность метода отраженных волн при решении этих задач еще невысока. Во многом это связано с недостаточной изученностью динамических характеристик волн, отраженных от исследуемых объектов. Кроме того, повышение точности структурных построений в условиях тонкослоистого разреза требует учета интерференционных явлений на границах.

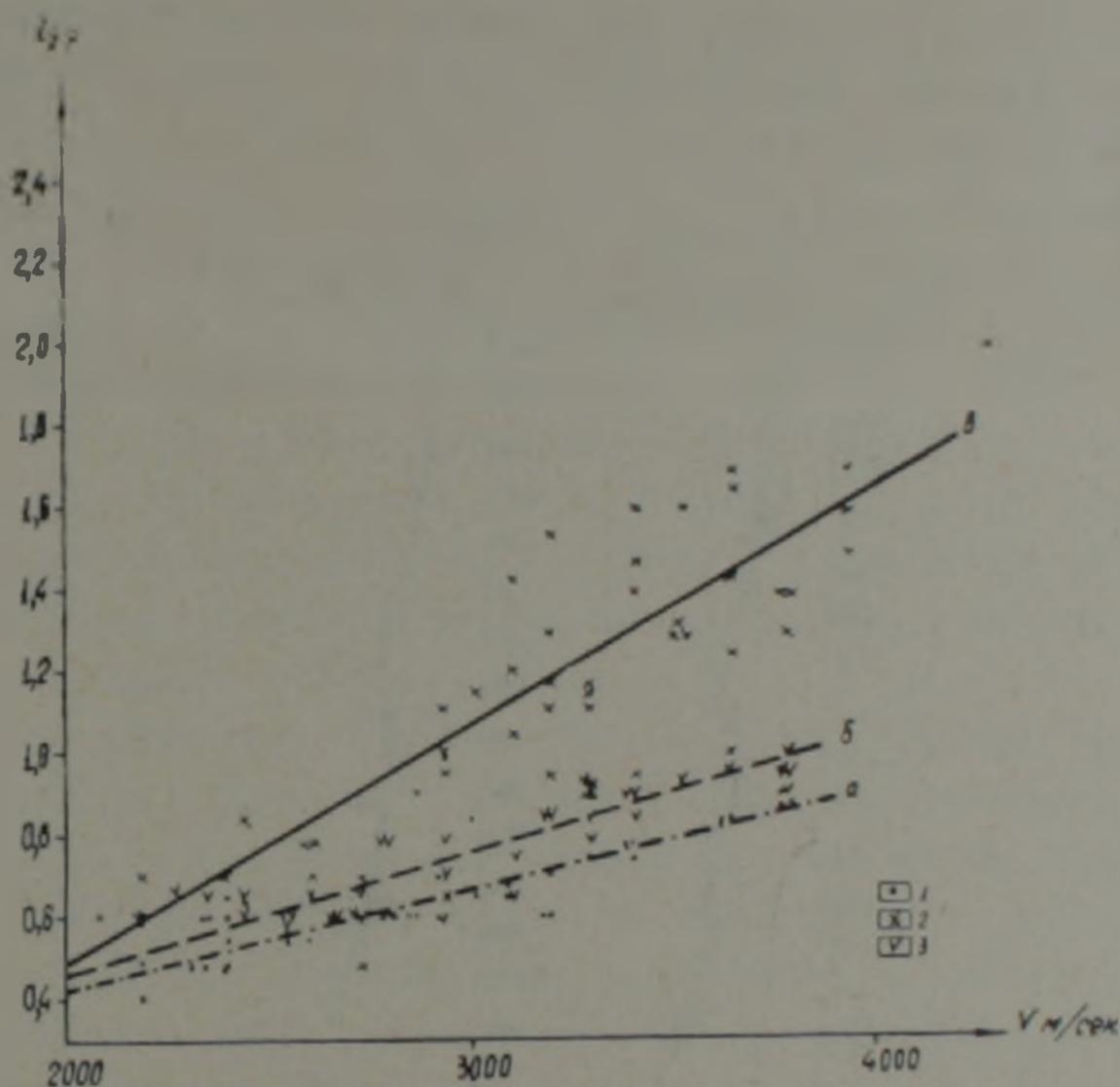
При решении поставленной задачи большая роль отводится методу акустического каротажа (АК). Его высокая разрешающая способность, по сравнению с обычным сейсмическим каротажем, обеспечивает детальное изучение скоростной характеристики разреза на уровне тонкослоистой модели. Опыт применения АК в Западной Сибири показывает, что основные отражающие границы, действительно, представлены частым чередованием слоев небольшой мощности, существенно различающихся по своим акустическим свойствам (фиг. 1). Необходимость учета таких различий при интерпретации сейсморазведочных данных очевидна.

Имеющиеся в нашем распоряжении материалы свидетельствуют о том, что результаты акустического каротажа могут быть использованы для прогнозирования скоростной характеристики разреза в скважинах, изученных только электрометрическими методами (например, методом бокового каротажного зондирования).

Такая возможность определяется существованием корреляционной зависимости между скоростью распространения упругих волн  $V$  и элек-



Фиг. 1. Распределение скоростей на опорных отражающих горизонтах: а—IV<sup>б</sup> (турон); б—III (нижний мел); в—II (нижний мел—верхняя юра).



Фиг. 2. График зависимости между скоростью упругих волн и кажущимся электрическим сопротивлением: 1—глинистые породы; 2—песчаные породы; 3—алевритовые породы.

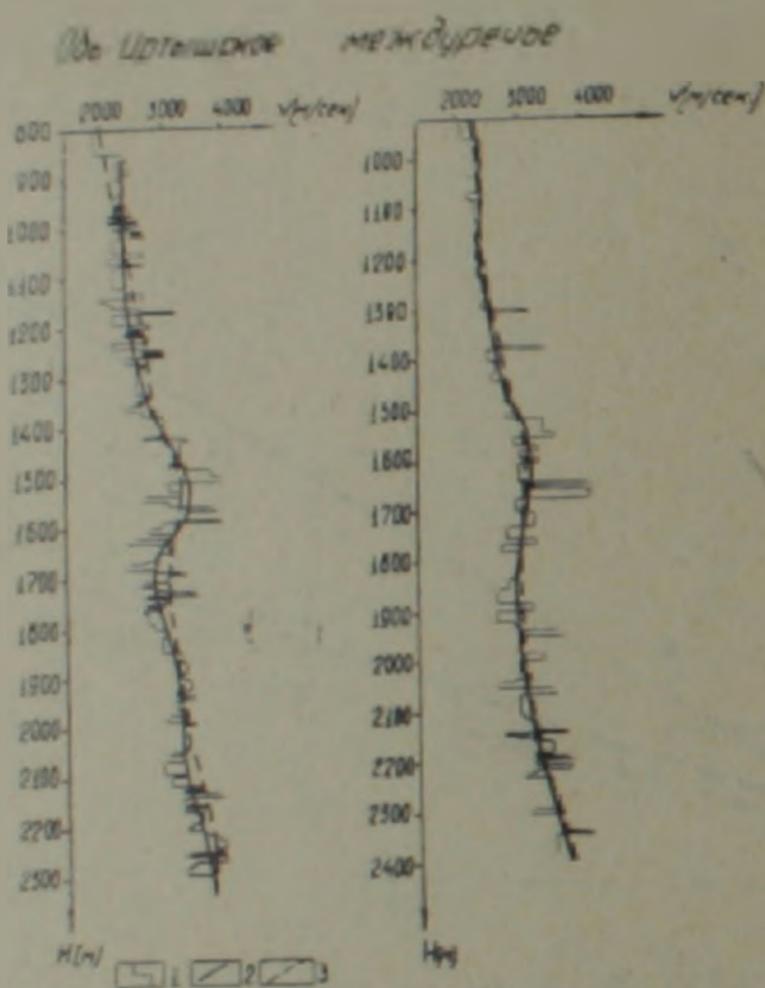
трическим сопротивлением пород  $\rho_k$  [3]. На фиг. 2 приведены зависимости между  $V$  и  $\rho_k$ , установленные для условий Западной Сибири. Как видно из рассмотрения рисунка, наблюдается четкое группирование точек в отдельные совокупности, характеризующие различный литологический состав пород. В пределах каждой литологической разности достаточно четко проявляется линейная зависимость между величиной  $V$  и  $\rho_k$ . Уравнения регрессии и доверительные границы приведены в таблице.

Установленные закономерности были использованы при построении графика изменения скоростей в зависимости от глубины залегания сейсмически однородных слоев различного литологического состава. Рассмотрение фиг. 3 показывает, что данные сейсмического каротажа, обработанные по способу осреднения интервальных скоростей [4], дают лишь

Таблица 1

Литологические разновидности пород	Уравнение регрессии	Коэффициенты корреляции	Ошибки уравнений регрессии
Песчаники	$V = 0,32 \text{ (км/сек)} + 4 \lg p_k$	$0,82 \pm 0,04$	0,223
Алевролиты	$V = 0,47 \text{ (км/сек)} + 3,33 \lg p_k$	$0,91 \pm 0,02$	0,193
Глины	$V = 1,17 \text{ (км/сек)} + 1,69 \lg p_k$	$0,89 \pm 0,02$	0,207

общее представление о характере изменения скоростей распространения упругих колебаний. Аналогичную картину можно получить и при осреднении графика, построенного по данным электрокаротажа. Сравнение осредненной кривой с кривой сейсмокаротажа свидетельствует о достаточной точности их совпадения.



Фиг. 3. Сопоставление результатов прогнозирования скоростного разреза с данными сейсмического каротажа. 1—график изменения скорости, построенный по данным электрического каротажа; 2—осредняющая линия этого графика; 3—график осредненных интервальных скоростей, вычисленный по данным сейсмического каротажа.

Акустический каротаж находит свое применение и для решения некоторых задач промышленной геофизики. К их числу относятся: литологическое расчленение разреза, определение характера насыщения пластов и оценка их коллекторских свойств, а также определение водо-нефтяного и газо-нефтяного (или газо-водяного) контактов. Тот факт, что показания АК практически не зависят от влияния вмещающих пород и характера заполняющей скважину жидкости, позволяет использовать этот метод для изучения в тонкослонном разрезе пластов ограниченной мощности. С такого рода пластами мы встречаемся, в частности, в усло-

виях Западно-Сибирской низменности. Особую трудность представляет здесь определение электрических параметров маломощных пластов юрских отложений, нередко представленных плотными цементированными или трещиноватыми породами. Частое чередование этих пород приводит к появлению экранных эффектов на кривых электрокаротажа и исключает возможность уверенной оценки коллекторских свойств и нефтегазонасыщенности пластов [5]. Между тем, целый ряд продуктивных горизонтов (как в юрских, так, частично, и в меловых отложениях) представляет собой пачки пластов ограниченной мощности. Применение в этом случае обычных электрометрических методов весьма ограничено.

Для детального изучения упругих свойств горных пород по интервальному времени распространения ультразвуковых колебаний и затуханию применяется, главным образом, аппаратура типа ЛАК, СПАК. При этом наиболее высокую точность измерения основного интерпретируемого количественно параметра—  $\Delta t$ , обеспечивают те варианты аппаратуры, которые позволяют регистрировать его в виде непрерывной каротажной кривой. Следует отметить, что распространенность указанного способа регистрации данных АК объясняется, в основном, тем, что он в ряде случаев обеспечивает при всей своей простоте сочетание требуемой точности измерения с наглядностью представления получаемой информации. Однако, как показано в работе [1], при изучении тонкослоистых разрезов и непрерывном перемещении, зона в скважине общая, погрешность измерения интервального времени возрастает за счет возникновения динамической погрешности (ДП).

Характерным является то обстоятельство, что появление динамической погрешности не связано с точностью работы акустической аппаратуры в статическом режиме при неподвижном или медленно перемещающемся зонде. Величина ДП определяется, как показали исследования, соизмеримостью времени установления переходных процессов в вычислительном устройстве (ВУ) и длительности нахождения зонда в пределах изучаемой области скважины.

Выведенное уравнение для динамической погрешности [1], связывающее точность измерения  $\Delta t$  с величиной так называемого обобщенного фактора ДП, справедливо для случая залегания одиночного пласта произвольной мощности в однородной вмещающей среде. Для анализа метрологических характеристик акустической аппаратуры, а также ее разрешающей способности при изучении более сложных сред, представленных чередованием ряда пластов малой мощности, целесообразен переход к электронному моделированию реального разреза скважины. Очевидно, что подобного рода имитация реального перемещения акустического зонда в скважине с целью изучения возникающих погрешностей измерения в различных инерционных элементах аппаратуры АК, является моделированием по кинематическому параметру  $\Delta t$ . При таком подходе ставится возможным также экспериментальное изучение воздействия на акустическую аппаратуру различных дестабилизирующих факторов, при

этом имитатор должен воспроизводить сигналы, поступающие в процессе каротажа на вход ВУ.

Из сказанного следует, что уменьшение динамической погрешности, снижающей геологическую эффективность результатов интерпретации данных сейсморазведки и промысловой геофизики, является наиболее актуальной проблемой при исследовании глубоких и сверхглубоких скважин. Для решения указанной задачи одним из авторов статьи был предложен способ регистрации в методе акустического каротажа [2], позволяющий при аналоговой форме записи измеряемого интервального времени сочетать достоверность получаемой информации о скоростном строении геологического разреза с производительностью каротажных работ, а также дана оценка его эффективности.

Институт геофизики и инженерной сейсмологии  
Армянской ССР

Поступила 20.X.1970

Сибирский научно-исследовательский институт  
геологии, геофизики и минерального сырья

Ա. Բ. ՆԵՄԻՐՈՎՍԿԻ, Գ. Բ. ՌՈՒԴՆԻՑԿԱՅԱ, Լ. Ս. ՍԻԴԱԿ

ԱՎՈՒՍՏԻԿ ԿԱՐՈՏԱԿԻ ՄԵԹՈԴՈՎ ՆՐԲԱՇԵՐՏ ԿՏՐՎԱԾՔՆԵՐԻ  
ՈՒՍՈՒՄՆԱՍԻՐՄԱՆ ՄԻ ՔԱՆԻ ՀԱՐՑԵՐ

Ա մ ֆ ո ֆ ո ս մ

Հոդվածում շեշտված է ակուստիկ կարոտաժի մեթոդով նրբաշերտ կրտրվածքների ուսումնասիրման հրատապությունը սելսմահետախուզության և արդյունաբերական գեոֆիզիկայի մի շարք հարցերի լուծման դեպքում: Դիտարկվում է ինտերվալային ժամանակի չափման ճշտության ուսումնասիրման հնարավորությունը կինեմատիկ էլեկտրոնային մոդելացման, ինչպես նաև չափման դինամիկ սխալների նվազեցման միջոցով:

#### Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Немировский А. Б. Влияние скорости перемещения зонда на точность измерения интервальной скорости в тонких пластах при непрерывном акустическом каротаже. ДАН Арм. ССР, т. 48, № 1, 1969.
2. Немировский А. Б. О возможности уменьшения динамической погрешности при скоростном непрерывном акустическом каротаже с аналоговой регистрацией результатов измерения. ДАН Арм. ССР, т. 50, № 2, 1970.
3. Полак Л. С., Рапопорт М. Б. О связи между электрическими и упругими свойствами осадочных пород. «Прикладная геофизика», вып. 15, 1956.
4. Рудницкая Д. И. Определение истинных скоростей по данным сейсмического каротажа для случая непрерывной среды. «Геология и геофизика», № 6, 1969.
5. Сигал Л. А. Выделение в разрезе скважины проницаемых горизонтов и оценка их насыщенности. «Геофизическая разведка», № 9, 1962.