

Некоторые результаты экспериментальной обработки данных ВСП-ЗС Туколандо-Вадинской параметрической скважины №320

В.А.Кочнев*, В.А.Детков**, В.С.Поляков*, В.И.Вальчак**, И.В.Гоз*,
П.Ю.Щадин**.

* Институт вычислительного моделирования СО РАН

** ОАО «Енисейгеофизика»

Введение

Экспериментальная обработка и интерпретация данных трехкомпонентного вертикального сейсмического профилирования (ВСП-ЗС), полученных на скв.320 Туколандской площади, проводилась в соответствии с программой совместных работ ИВМ СО РАН и ОАО «Енисейгеофизика».

Краткие геолого-геофизические сведения о Туколандской площади и исходные данные

Туколандская площадь, включающая в себя Вадинское, Северо-Туколандское и Туколандское поднятия, располагается на восточном борту Пендомаяхской впадины – структуре 1-го порядка, входящей в Надым-Тазовскую синеклизу – надпорядковую структуру, находящуюся в северо-восточной части Западно-Сибирской плиты. Параметрическая скважина вскрыла верхнюю часть отложений средней юры (малышевская свита). Забой скважины 4521 м.

Наблюдение волновых полей проводилось в вертикальной скважине из 7 пунктов взрыва (рис.1) Шаг между пунктами приема был равен 10 метрам. Наблюдение осуществлялось с помощью четырехточечной трехкомпонентной цифровой модульной аппаратуры для скважинных сейсмических исследований АМЦ-ВСП-3-48. Предварительный монтаж сейсмограмм с каждого ПВ, позволяющий учитывать ориентацию приборов в скважине был проведен в ОАО Енисейгеофизика. Следует отметить, что данные являются уникальными и по компонентности и по глубинности и по тому, что проведены они на слабоизученной перспективной территории Западно-Сибирской низменности с большой мощностью осадочного чехла.

Определение скоростной модели среды

Для определения параметров скоростной модели среды, согласующей данные со всех пунктов взрыва, использовались два подхода: по минимуму среднеквадратических невязок времен первых вступлений и максимуму энергии отраженных РР и SS волн, накопленных по принципу общих точек отражения (ОТО). Одной из особенностей алгоритмов было то, что подбирались параметры не средних, а интервальных скоростей горизонтально-тонкослоистой модели среды. Расчет времени прихода

волны велся с использованием лучевой модели с учетом преломления на каждой границе.

В процессе решения задач были определены статические поправки на пунктах взрыва. Они имеют следующие величины.

ПВ	1	1.1	3	4	5	7	7.1
Поправка, мс, Р-волна	-12	6	16		-2	-2	6
Поправка, мс, S-волна	-25		60		-42	-5	

Как видно, поправки для Р-волн меняются в значительных пределах от -12 до 16 мс. Отрицательные поправки вызваны увеличением мощности высокоскоростной части среды, представленной многолетнемерзлыми породами. Поправки для поперечных волн сильно отличаются для удаленных ПВ – 5 и 3. Входными данными для процедуры уточнения были априорные интервальные скорости, вычисленные по первому пункту взрыва. Было задано 20 итераций уточнения априорной скоростной модели. Ниже приведены невязки на первых и последних итерациях. Как видно, модель уточнялась особенно сильно на первых шагах.

№ итер.	1	2	3	4	5	6	...	18	19	20
Невязки для Р-волн	23.8	3.6	3.06	2.98	2.92	2.84		2.34	2.31	2.28

На рис.2 показаны 4 результативных графика интервальных скоростей. По первым вступлениям были определены с шагом 20 м, а по отраженным волнам с шагом 50 м. Как видно, в интервале от 500 до 3400 м графики интервальных скоростей хорошо согласуются. В интервале от 500 до 2000 м идет линейное наращивание интервальных скоростей от 2200 до 3400 м/с для РР-волн и от 1000 до 1650 для SS-волн.

В интервале глубин от 2000 до 2400 м наблюдается резкое увеличение скоростей от 3400 до 4000 м/с для РР-волн и от 1650 до 2150 м/с для SS-волн. Для глубин от 2400 до 3200 м характерно плавное увеличение скорости от 4000 до 4300 м/с для РР-волн и от 2150 до 2500 м/с для SS-волн. Далее интервальные скорости уменьшаются, достигая к концу интервала наблюдения 3400 м 4050 м/с и 2200 м/с для РР и SS-волн соответственно. Графики по первым вступлениям на этом заканчиваются. По максимуму накапливаемой энергии отраженных волн оценки скоростей получены до отметки 7400 м для РР-волн и до 5600 м для SS-волн. До отметки 6800 м РР-волна меняет интервальную скорость в пределах от 3400 до 4500 м/с, в среднем находясь на уровне 4000 м/с. На интервале от 6800 до 7400 она резко возрастает, достигая величины 5000 м/с. Оценки скоростей SS-волны также сильно меняются, от 2500 м/с до 3500 м/с. Последняя оценка скорости, по-видимому, завышена, за счет примеси на Y-компоненте энергии обменной PS-волны. Оценки скоростей для РР-волн более устойчивы, но влияние PS-волн в некоторых интервалах также возможно. Вероятно, этим вызвана заниженная оценка скорости 3400 м/с на отметке около 5000 м. Интересно ведут себя оценки скоростей в интервале от поверхности (+89 м) до -400 м.

По первым вступлениям Р-волны выделяется высокоскоростной пласт, скорость в котором уменьшается от 3500 м/с (на поверхности) до 2200 м/с на отметке около 400 м.

По SS-волне наибольшая скорость 1700 м/с получена в слое на отметке около 0. Оценка скоростей по максимуму энергии суммы дает наибольшие скорости (4000 м/с для РР и 2150 м/с для SS-волны) на отметке около 200 м. О различиях оценок в этой части будет сказано ниже.

Отношение оценок скоростей V_s/V_p приведено на рис.3. С увеличением глубины отношения скоростей плавно, почти линейно увеличиваются от 0.42 до 0.56. Аномальное отклонение на нескольких точках видно около 2400 м. Другие аномалии на малых и больших глубинах, возможно, связаны с погрешностями оценок скоростей.

На рис.4 приведены вертикальные годографы, полученные путем интегрирования времени пробега волн в полученной скоростной модели. Как видно, годографы, полученные по максимуму накапливаемой суммы ОТО смещены в сторону уменьшения времен или увеличения глубин. Это приводит к увеличению скорости (рис.5) Увеличение эффективной скорости, обеспечивающей максимум энергии отраженных волн, возникло из-за ввода высокоскоростного слоя в верхней части. Таким образом, становится ясной причина возникновения в эффективной интервальной скоростной модели высокоскоростных пластов.

Таким образом, получены две скоростные модели, имеющие разное применение. Модель по первым вступлениям может использоваться для преобразований из глубинной во временную область (например, данных ГИС) и из временной в глубинную (например, временных разрезов в глубинные). Скоростная модель по отраженным волнам является оптимальной для накапливания и при получении суммарных разрезов типа ОТО или ОТР (общей точки рассеяния).

Временные и глубинные разрезы общей точки рассеяния

Полученная модель интервальных скоростей использовалась для получения временных и глубинных разрезов. Расчет кинематики для преобразования волновых полей в разрезы проведен с использованием горизонтально-слоистой модели среды, в которой трассируются опорные лучи для интерполяции промежуточных значений.

Накапливание рассеянных волн производится в конусе, центром которого является отраженный луч. Это позволяет согласованно накапливать отраженные и рассеянные волны. Накапливание ведется в точках с заданным шагом. В данном случае шаг был принят равным 10 м. Угол конуса равен 9° . Получены разрезы ОТР продольных, обменных и поперечных волн. На рис.6 приведен временной разрез ОТР по продольным волнам.

Технология накапливания является трехмерной (3D) и позволяет получать разрезы по любым направлениям. В данном разрезе основным является широтное направление. Но с трассы 80 и до конца разрез идет в северо-восточном направлении, соответствующим отрезку профиля от устья скважины до ПВ-7. На разрезе видим большое число отражений, что было видно и на исходных сейсмограммах Z-компоненты. Из глубоких наиболее устойчивым являются отражения на временах 2.1 и 2.5 с. Привязку отражающих горизонтов к данным ГИС можно увидеть на рис.7, где представлен глубинный разрез акустической жесткости, полученный в процессе динамической обработки результатов.

На нем в интервале 3280-3350 м хорошо выделяется пласт с пониженной акустической жесткостью. Он точно совпадает с пластом пониженной акустической жесткости, выделенным по кривой IMPED (импеданс). По этой кривой верхняя часть пласта мощностью около 20 м. имеет низкую акустическую жесткость, около 6000 единиц акустической жесткости ($\text{М}\cdot\text{г}/\text{с}\cdot\text{см}^3$).

Судя по ПС и GZ это пласт глин. Ниже акустически аномального глинистого пласта находится тонкий слой алевро-песчаников с высокими значениями электрических сопротивлений по кривой GZ. Выше акустически аномального пласта в интервале 3020–3270 м кривыми PS и GZ выделяется преимущественно песчаная пачка мощностью около 250 м., перекрываемая мощной, до 300 м, глинистой покрышкой. В нижней ее части выделяется аномалия пониженных значений акустической жесткости в интервале от 2980 до 3080 м. Эта аномалия отчетливо выражена и на разрезе ПАЖ.

Ниже тонкого пласта песчаника в интервале от 3350 до 3500 выделяется глинистый пласт с пониженной акустической жесткостью. На разрезе выделяется 100-метровый участок пласта. Также не удается полностью выделить пласт с высокой акустической жесткостью (АЖ), по-видимому, пласт заглинизированного песчаника мощностью около 150 м. Далее в интервале от 3650 до 3900 следует пласт глин, а за ним 100 м пласт глинизированного песчаника с пониженной акустической жесткостью. Он отчетливо выделяется и на разрезе ПАЖ. В верхней части пласта выделяется 20-30 метровый пропласток с повышенными значениями кривой гамма-каротажа, свидетельствующими о повышенном содержании в нем органики. Далее следует сложное чередование пониженных и повышенных значений АЖ, которое с разрезом ПАЖ отчетливо не коррелируется.

Таким образом, следует отметить шесть основных аномалий значений АЖ, которые выражены и в разрезах ПАЖ.

№	Интервал	Тип аномалии	Состав по данным ПС	Выраженность в ПАЖ
1	2990-3080	пониженная	глина	отчетливо
2	3280-3350	пониженная	глина	отчетливо
3	3350-3380	повышенная	песчаник	отчетливо
4	3380-3500	пониженная	глина	отчетливо
5	3500-3680	повышенная	преимущ. песчаник	слабо
6	3930-4040	пониженная	песок+глина	отчетливо

Пакет динамической интерпретации Дин-3 позволяет решать обратную динамическую задачу с учетом априорных сведений, полученных по данным ГИС. На рис.8 приведен глубинный разрезы, полученный с учетом коэффициентов отражения модели акустической жесткости. Как видно, разрез ПАЖ дает, с одной стороны, более детальную и высокочастотную картину, а с другой стороны, позволил выделить аномалии большой протяженности по глубине. В частности, хорошо выделяется аномалия в интервале глубин 3500-3700 м.

Заключение

В результате экспериментальной обработки получены скоростные модели среды по Р- и S-волнам, согласующие данные со всех ПВ по первым вступлениям и по отраженным + рассеянным волнам. Получены временные разрезы по Р-, PS- и S-волнам. По результатам динамической обработки данных получены разрезы псевдоакустической жесткости, которые позволяют провести увязку сейсмических данных и данных ГИС.

Литература

1. В.А.Кочнев, В.С.Поляков, И.В.Гоз, 1996. Пакет программ решения обратных динамических задач сейморазведки. Тр.межд.сем. «Обратные задачи геофизики», Новосибирск.
2. В.А.Кочнев, И.В.Гоз, В.С.Поляков, 1996. Технология решения обратной динамической задачи по данным метода отраженных волн. Тр.межд.сем. «Обратные задачи геофизики», Новосибирск.
3. В.А.Кочнев, И.В.Гоз, А.Ф.Глебов, 1996. Результаты решения обратных динамических задач по сейсмическим данным Верхне-Чонского нефтегазового месторождения. Тр.межд.сем. «Обратные задачи геофизики», Новосибирск.
4. В.А.Кочнев, И.В.Гоз, В.С.Поляков, А.А.Дека, 2000. Технология определения акустических свойств разреза по данным сейморазведки и геофизического исследования скважин. Тез.докл. Международной геофизической конференции «300 лет горно-геологической службе России». СПб.

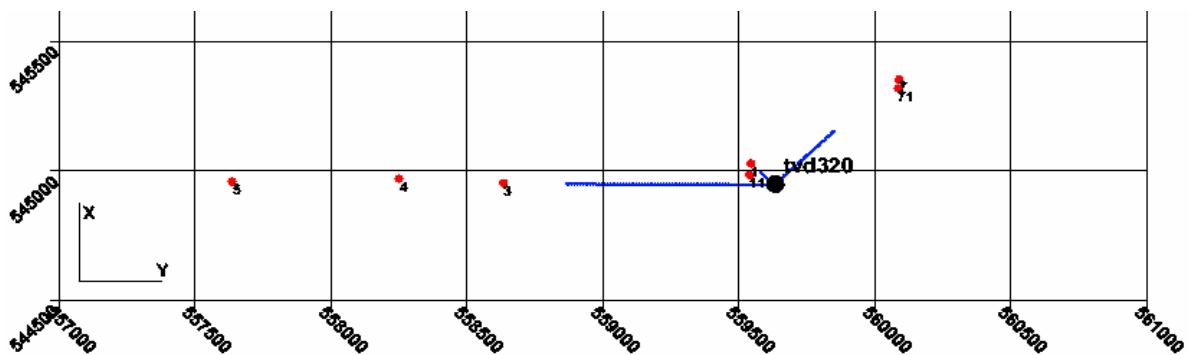


Рис. 1 Схема расположения пунктов взрыва (ПВ).

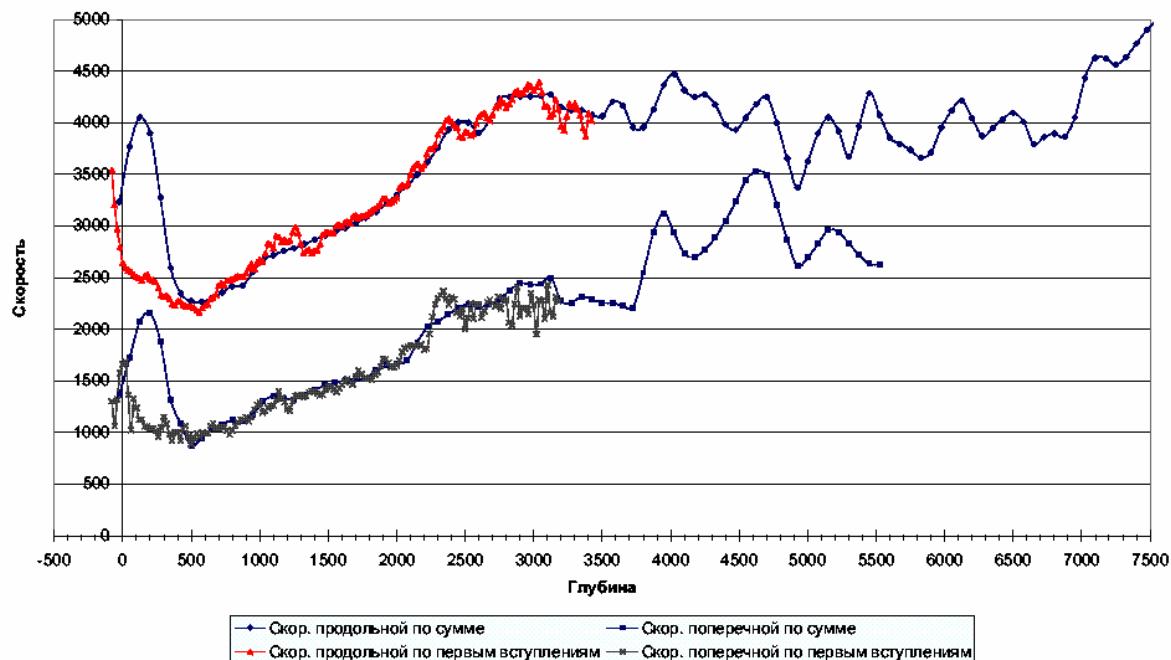


Рис. 2 Графики скоростей по первым вступлениям Р- и S-волн и по амплитуде накапливания РР- и SS-волн

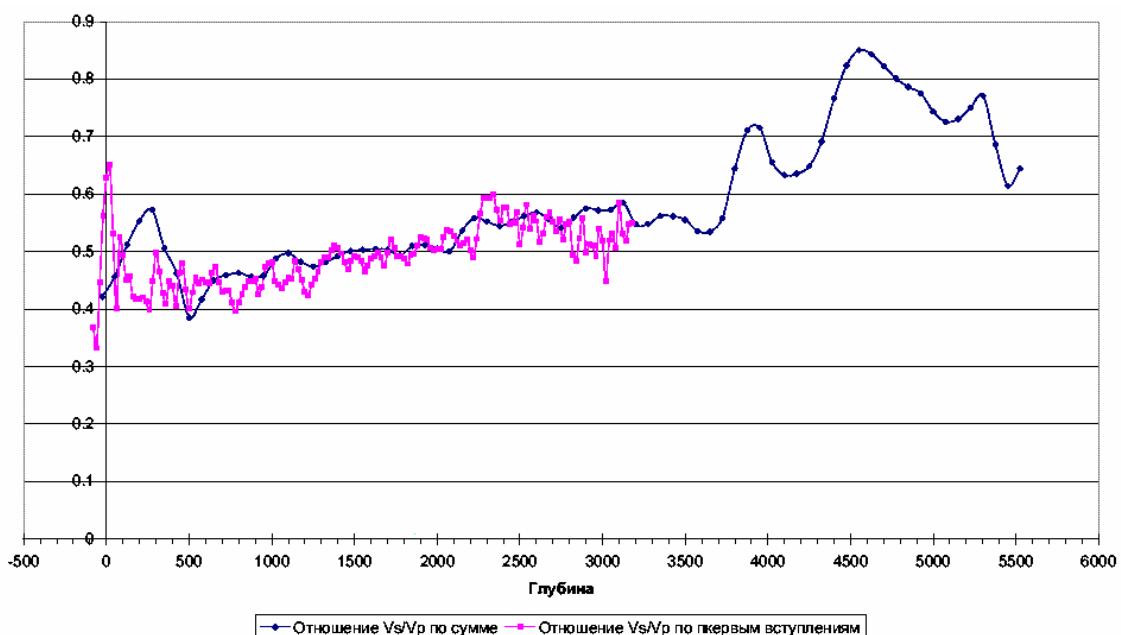


Рис. 3 Отношения V_s/V_p

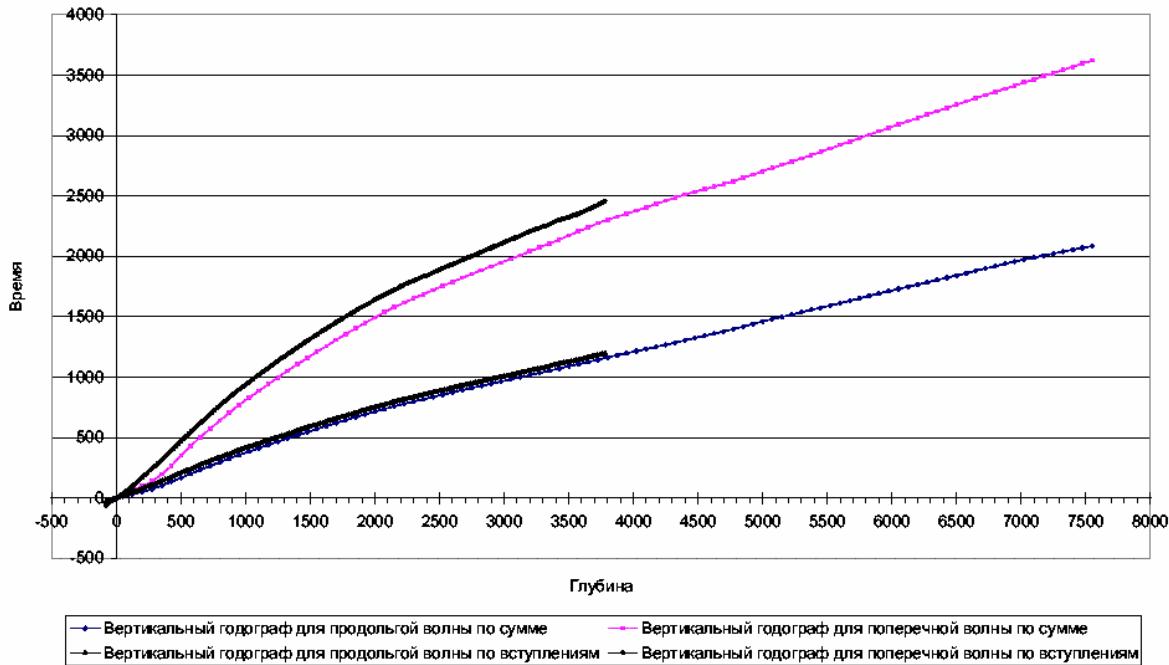


Рис. 4 Вертикальные годографы Р- и S-волн, определенные по первым вступлениям и амплитуде накапливания РР и SS волн (линия приведения равна 0)

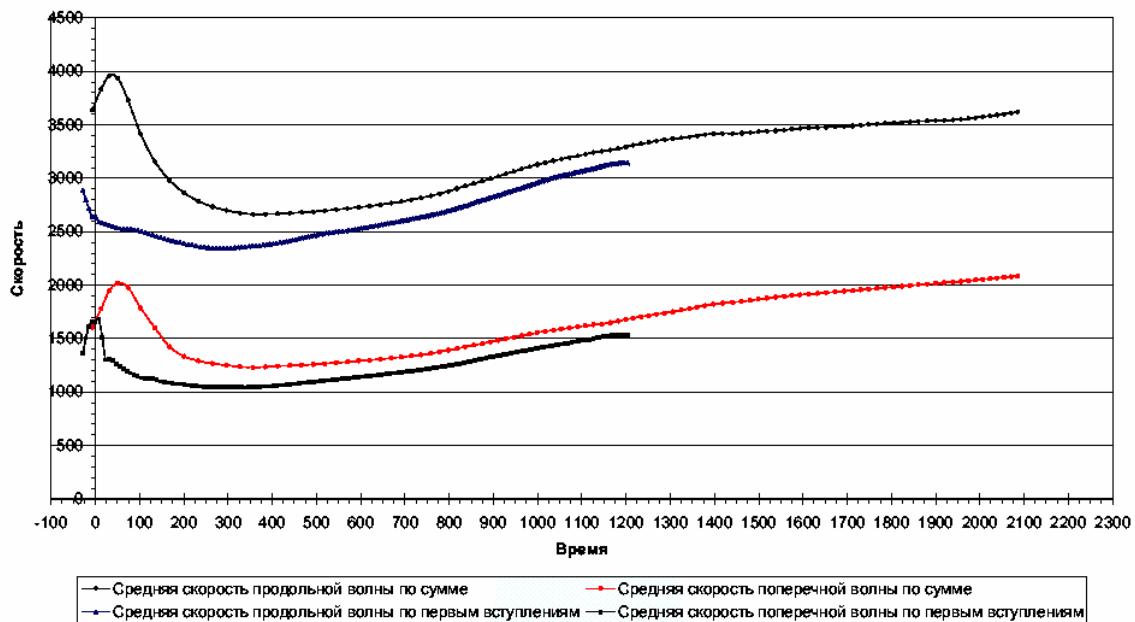


Рис. 5 Зависимость средней скорости от времени (линия приведения равна 0)

Временной разрез продольной РР

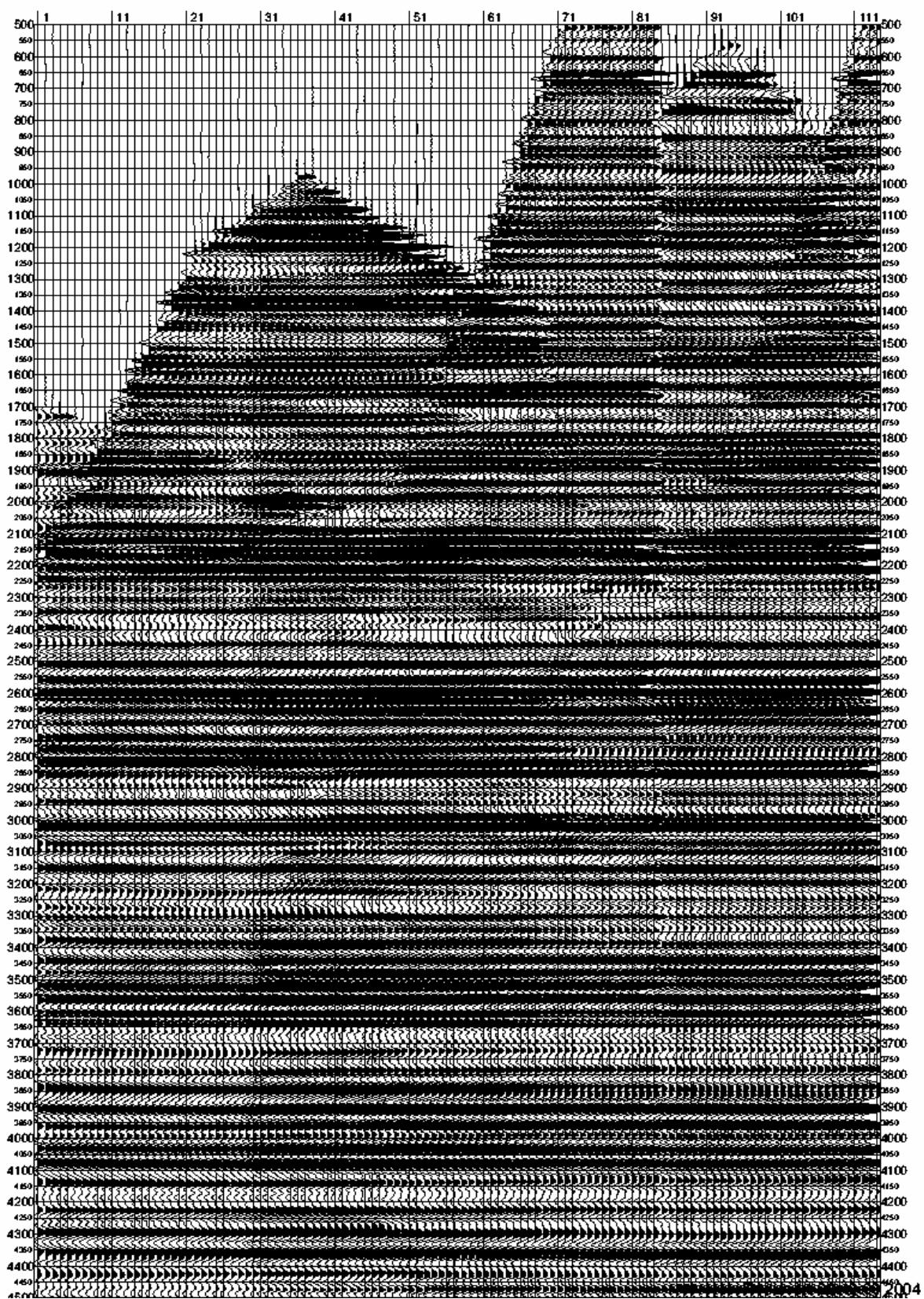


Рис. 6 Временной разрез ОТР продольных волн

Глубинный разрез псевдоакустической жесткости (ogtppps7k).

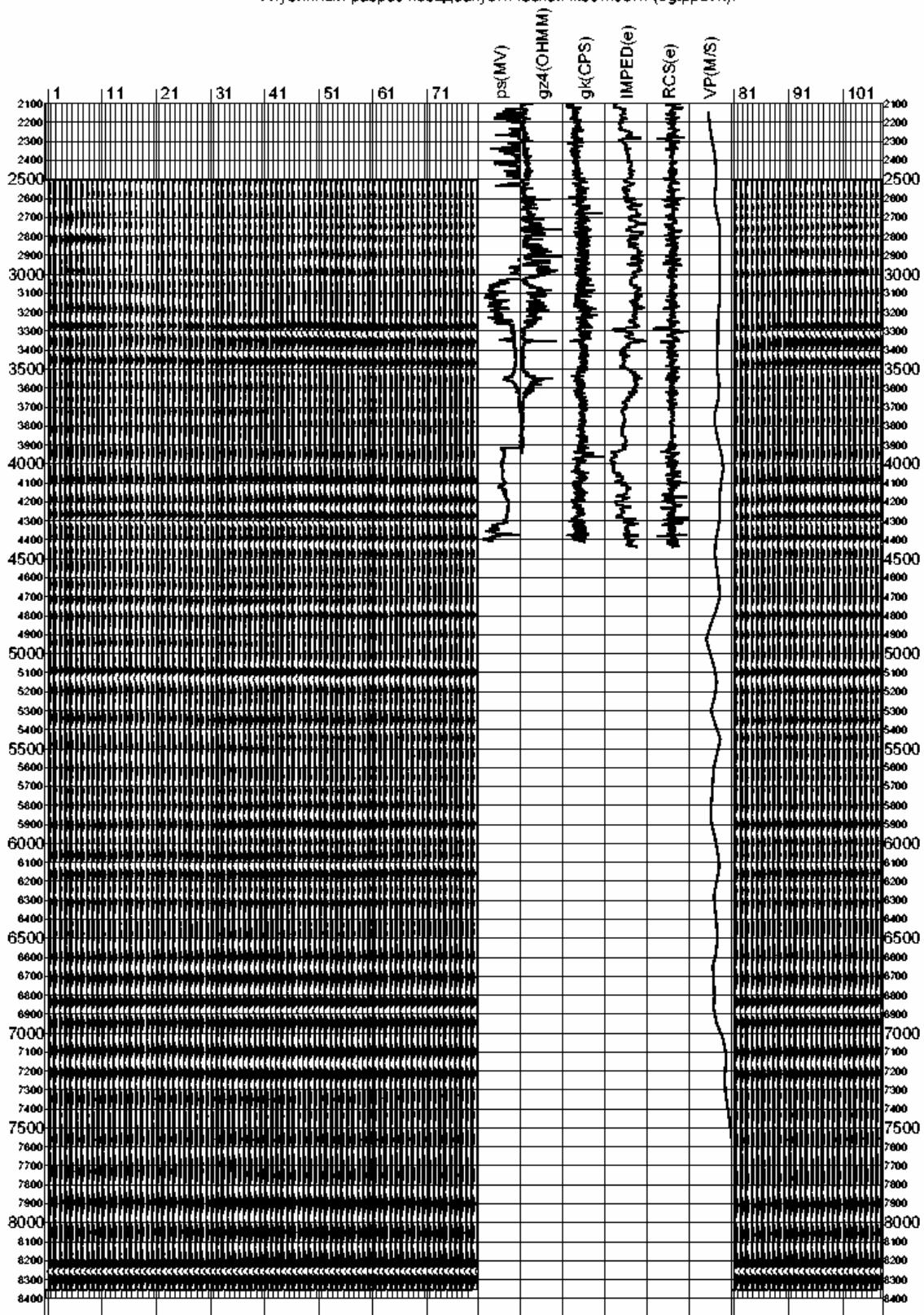


Рис. 7 Глубинный разрез ПАЖ, полученный без учета акустической жесткости по скважине

Глубинный разрез ПАЖ; получен с учетом акустической жесткости по скважине (ogtpp7i).

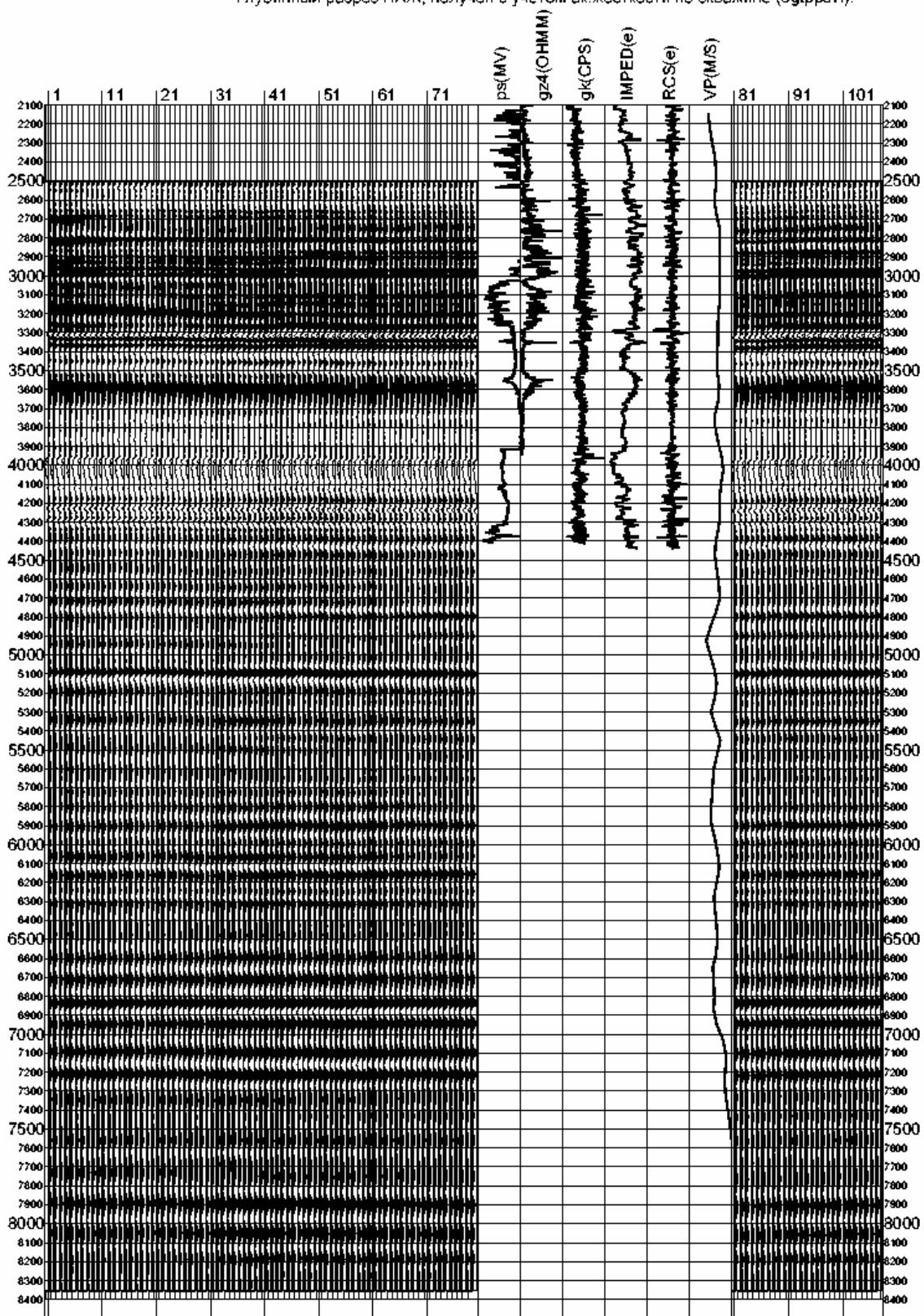


Рис. 8 Глубинный разрез ПАЖ, полученный с учетом акустической жесткости по скважине