



ВНИГРИ

**И.А.Кушмар, В.И. Митасов, Дмитриев М.В., Алексеев С.Г.,
Штокаленко М.Б., Ронин А.Л.**

**Прогнозирование нефтегазоперспективных
коллекторов на основе комплексирования детального
петрофизического моделирования, данных сейсмо- и
электроразведки**

29 октября 2014

Санкт-Петербург-Ленинград, 2014г.

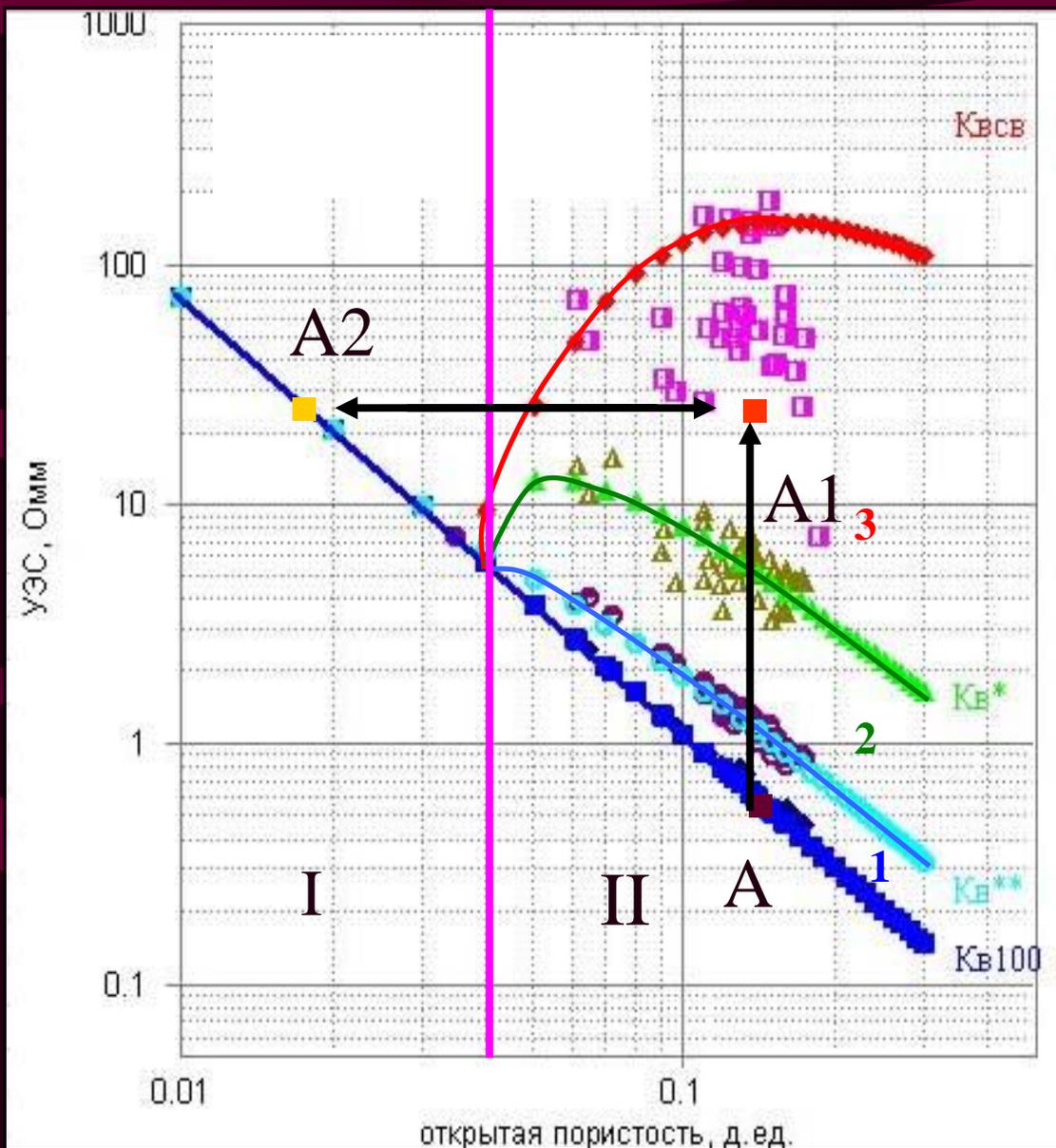
Аннотация

Залежи УВ как в карбонатных, так и терригенных отложениях часто приурочены к ловушкам неантиклинального типа. Развитие коллекторов в карбонатных породах обусловлено вторичными процессами: выщелачиванием, растворением и т.д., в терригенных – увеличением песчаности в глинистой матрице. В первом случае это приводит к разуплотнению пород и, как следствие, уменьшению в них скорости распространения упругих колебаний, уменьшению акустической жесткости и коэффициентов отражения. Во втором – наоборот, к увеличению плотности и, соответственно, увеличению скорости, акустической жесткости и коэффициентов отражения. В любом случае наличие в коллекторах нефти или газа приводит к увеличению их сопротивлений на фоне водонасыщенных пород.

Все эти изменения отображаются в сейсмическом волновом поле, что является физической основой и благоприятной предпосылкой для прогноза развития коллекторов по характеру изменения атрибутов сейсмического сигнала. Установив коррелятивы между атрибутами (главным образом кинематическими) сейсмического сигнала можно прогнозировать возможный характер развития нефтегазоперспективных объектов

Для этих целей необходимо иметь детальное представление о петрофизических параметрах горной породы (пористости, минеральном составе, характере насыщенности коллекторов), которые могут быть получены на базе петрофизического моделирования, представляющего собой по существу углубленную интегрированную комплексную интерпретацию данных ГИС, керн, испытаний.

• Электро-емкостная модель водо- и нефтенасыщенных пород



• Условные обозначения

- Зоны развития коллекторов и неколлекторов:
- I – развитие уплотненных пород-неколлекторов с высокими значениями УЭС;
- II - развитие разуплотненных пород-коллекторов, насыщенных водой с низкими УЭС и нефтью (газом) с высоким УЭС - целевой объект исследований наземными методами электроразведки.
- Области насыщенности:
- 1 – подвижной водой – чаще всего уверенно выделяются как коллектор по данным наземной электроразведки;
- 2 – подвижными водой и нефтью – по данным наземной электроразведки могут быть выделены как низкоомный коллектор или как высокоомный неколлектор;
- 3 – подвижной нефтью или газом (целевой объект исследований наземными методами электроразведки), часто относятся к высокоомным низкопористым породам-неколлекторам.
- Индикационные точки:
- A – высокопористая водонасыщенная порода-коллектору; A1 – высокопористая порода-коллектору, насыщенная подвижной нефтью и неподвижной водой; A2 – низкопористая, насыщенная неподвижной водой порода-неколлектор.

Построение глубинных моделей плотности

Теоретическое обоснование

Физической основой для подобных корреляционных сопоставлений является зависимость плотности скорости от одних и тех же геологических характеристик изучаемой геологической среды.

Например, для карбонатных пород - объемных содержаний известняка, доломита, ангидрита

В аналитическом виде такая зависимость может быть выражена формулами:

$$\rho_{п} = K_{п} \cdot \rho_{ж} + K_{изв} \cdot \rho_{изв} + K_{дол} \cdot \rho_{дол} + K_{анг} \cdot \rho_{анг} \quad (1)$$

$$DT_{п} = K_{п} \cdot DT_{ж} + K_{изв} \cdot DT_{изв} + K_{дол} \cdot DT_{дол} + K_{анг} \cdot DT_{анг} \quad (2)$$

В уравнении 2 интервальное время можно заменить на скорость, которая связана с ним соотношением:

$$V = 10^6 / DT \quad (3)$$

Тогда получим:

$$V_{п} = 10^6 (K_{п}/V_{ж} + K_{изв}/V_{изв} + K_{дол}/V_{дол} + K_{анг}/V_{анг}) \quad (4)$$

Здесь: $\rho_{п}$, $DT_{п}$, $V_{п}$ – плотность, интервальное время и скорость пород; $\rho_{ж}$, $DT_{ж}$ и $V_{ж}$ – плотность, интервальное время и скорость в жидкости-порозаполнителе, $\rho_{изв}$, $DT_{изв}$, $V_{изв}$, $\rho_{дол}$, $DT_{дол}$, $V_{дол}$, $\rho_{анг}$, $DT_{анг}$, $V_{анг}$ плотность, интервальное время и скорость в известняке, доломите, ангидрите.

Решая систему уравнений 1-4 относительно коэффициента пористости и принимая в качестве функции плотность пород, а в качестве аргумента скорость (интервальное время) после несложных преобразований можно получить соотношение:

$$\text{ПЛрасч} = \mathbf{a} - 10^6 * \mathbf{b} / V_{\text{сейсм}} + \mathbf{c} \quad (5)$$

- где: ПЛрасч – расчетная плотность пород для грубослоистой сейсмической модели; $V_{\text{сейсм}}$ – пластовая скорость изучаемого объекта, который может быть выделен в сейсмическом волновом поле; **a**, **b** и **c** - эмпирические коэффициенты, **a** – зависит от минерального состава и отображает скелетные плотностные характеристики изучаемого объекта, **b** – зависит от соотношения плотностных скелетных и флюидных характеристик; **c** – также зависит от соотношения его плотностных скелетных и флюидных характеристик с одновременным учетом минерального состава.

Эмпирические коэффициенты **a**, **b** и **c** устанавливаются по параметрам петрофизической модели для **каждого** литолого-стратиграфического комплекса, однородного по своим петрофизическим характеристикам.

**Построение глубинных
моделей удельных электрических
сопротивлений (электрической
проводимости)**

Теоретическое обоснование

- Расчет удельного электрического сопротивления по параметрам петрофизической модели основан на известных уравнениях Дахнова-Арчи:

$$\text{параметре пористости} - R_{п} = R_{вп}/R_{в} = A/K_{п}^m \quad (6)$$

$$\text{параметре насыщенности} - R_{н} = R_{п}/R_{вп} = B/K_{в}^n \quad (7)$$

- Здесь: $R_{п}$, $R_{н}$ – параметр пористости и насыщенности; $R_{вп}$, $R_{в}$, $R_{п}$ – удельное электрическое сопротивление водонасыщенной породы, воды, насыщающей поровое пространство породы и породы, содержащей УВ и воду; A , B , m , n – эмпирические коэффициенты, определяемые на керне; $K_{п}$ и $K_{в}$ – коэффициенты пористости и водонасыщенности.

- Решая эти уравнения относительно $R_{вп}$ и учитывая, что

$$K_{п} = ((V_{ск}-V_{ж}) \cdot V_{изм}) / V_{ж} \cdot (V_{ск}-V_{изм})/V_{ж} \quad (7)$$

- Здесь: $V_{ск}$, $V_{ж}$, $V_{изм}$ – скорость в скелете, порозаполняющей жидкости и измеренная (независимым способом) скорость.

- получим:

$$R_{прасч} = (R_{в}/K_{вп}) \cdot (d / (V_{ск}/V_{изм}-1))^m \quad (8)$$

- Здесь $R_{в}$ – является константой для каждого выделенного литолого-скоростного и литолого-плотностного и литолого-скоростного комплекса; d – эмпирический зависит от минерального состава, а также плотности скелетных и флюидных характеристик

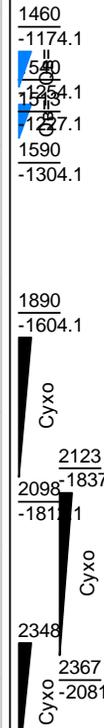
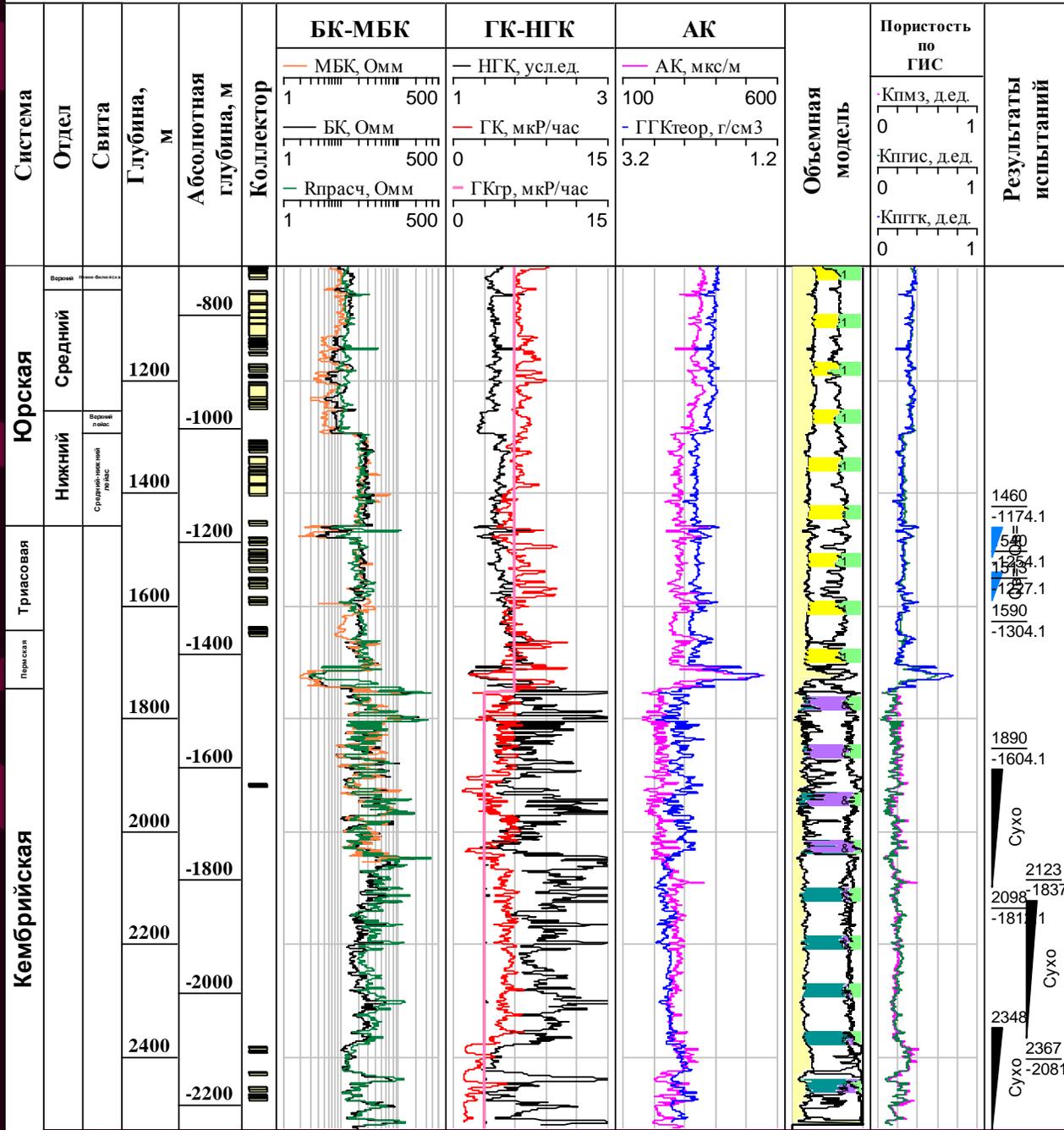
Адаптируя указанные эмпирические коэффициенты в межскважинное пространство вдоль трасс сейсмических профилей и выделив в сейсмическом волновом поле объекты, аналогичные опорным, а также определив их скоростные характеристики, можно построить по ним грубослоистую плотностную модель, а также модель электрических сопротивлений в каждой точке ОГТ

Фрагмент таблицы с расчетными значениями плотности, удельного электрического сопротивления и проводимости

ОГТ	Координаты		Время	Глубина	Ск-ть суммирования по горизонтному анализу по СР	Интервал. скорость по СР	ПЛ_ГА_Н1	ПЛ_инт_ЛП-Н1	Rп_ГА_Н1_02	Y_ГА_Н1-02	Rп_ГА_Н1_1	Y_ГА_Н1-1
	Х	У										
675	481343.7	6363943	278.4	-218.2	3206.96	3207.0	2.1856	2.1856	4.5440	220.1	4.5440	220.1
676	481368.6	6363941.6	278.2	-218.1	3206.66	3206.7	2.1854	2.1854	4.5425	220.1	4.5425	220.1
677	481393.5	6363940.1	278	-218.0	3206.36	3206.4	2.1853	2.1853	4.5409	220.2	4.5409	220.2
678	481418.4	6363938.7	277.8	-217.9	3206.06	3206.1	2.1852	2.1852	4.5394	220.3	4.5394	220.3
679	481443.3	6363937.3	277.8	-217.9	3205.75	3205.8	2.1851	2.1851	4.5378	220.4	4.5378	220.4
680	481468.1	6363935.9	277.6	-217.8	3205.44	3205.4	2.1850	2.1850	4.5361	220.5	4.5361	220.5
681	481493	6363934.5	277.4	-217.7	3205.13	3205.1	2.1848	2.1848	4.5345	220.5	4.5345	220.5
682	481517.9	6363933.1	277.2	-217.6	3204.81	3204.8	2.1847	2.1847	4.5329	220.6	4.5329	220.6
683	481542.8	6363931.6	277	-217.6	3204.5	3204.5	2.1846	2.1846	4.5313	220.7	4.5313	220.7
684	481567.7	6363930.2	276.8	-217.5	3204.18	3204.2	2.1845	2.1845	4.5296	220.8	4.5296	220.8
685	481592.6	6363928.8	276.6	-217.4	3203.85	3203.9	2.1844	2.1844	4.5279	220.9	4.5279	220.9
686	481617.5	6363927.4	276.6	-217.4	3203.52	3203.5	2.1842	2.1842	4.5262	220.9	4.5262	220.9
687	481642.4	6363926	276.4	-217.3	3203.19	3203.2	2.1841	2.1841	4.5245	221.0	4.5245	221.0
688	481667.3	6363924.5	276.4	-217.2	3202.85	3202.9	2.1840	2.1840	4.5227	221.1	4.5227	221.1
689	481692.2	6363923.1	276.2	-217.1	3202.51	3202.5	2.1838	2.1838	4.5209	221.2	4.5209	221.2
690	481717.1	6363921.7	276.2	-217.1	3202.17	3202.2	2.1837	2.1837	4.5192	221.3	4.5192	221.3
691	481741.9	6363920.3	276	-217.0	3201.81	3201.8	2.1836	2.1836	4.5173	221.4	4.5173	221.4
692	481766.8	6363918.9	276	-216.9	3201.45	3201.5	2.1834	2.1834	4.5155	221.5	4.5155	221.5

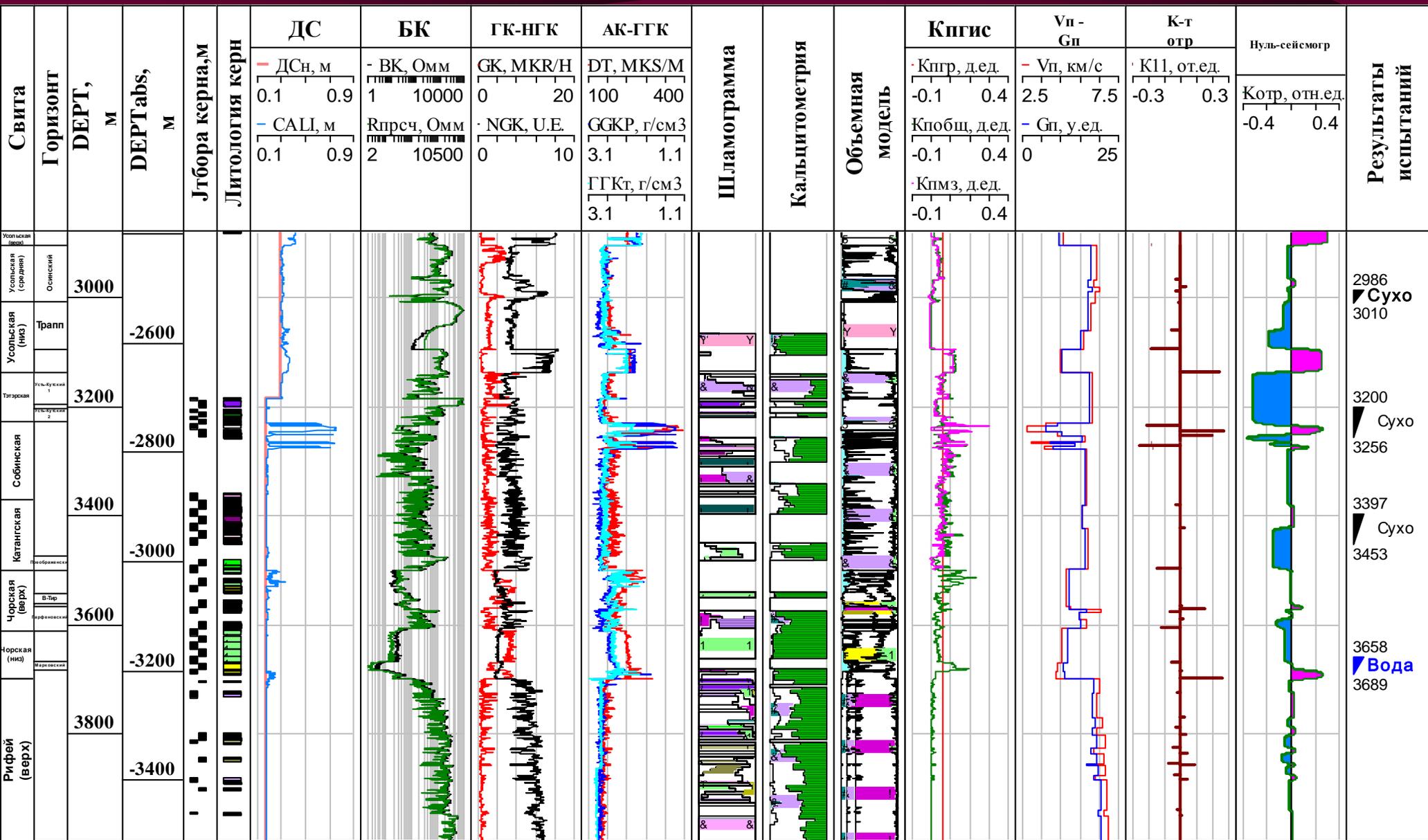
**Практические примеры расчета плотности,
удельного электрического сопротивления и
проводимости**

Скважина № 2 Андреевская

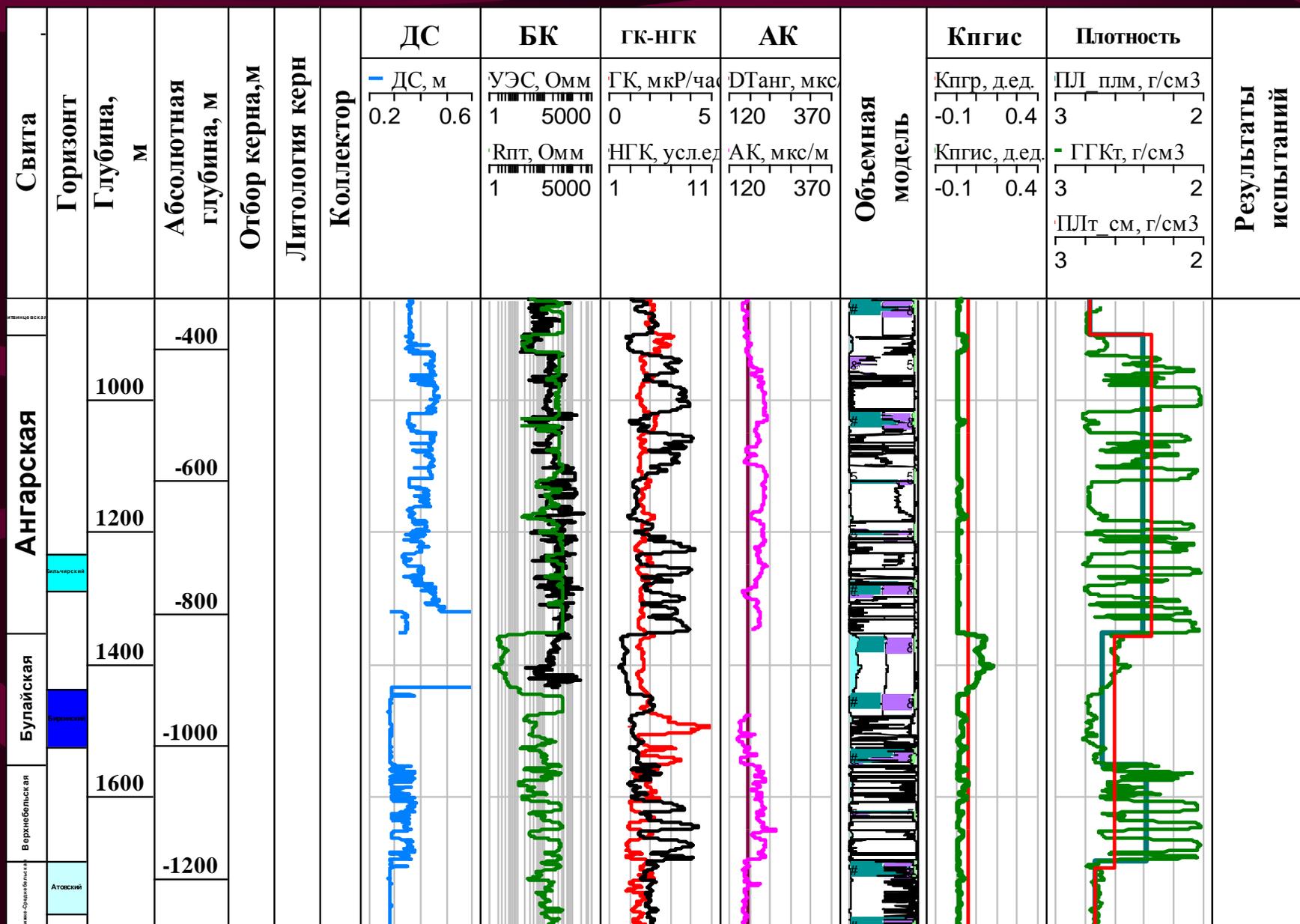


**Вертикальная
плотностная и
геоэлектрическая
модели по
скважине № 2
Андреевская**

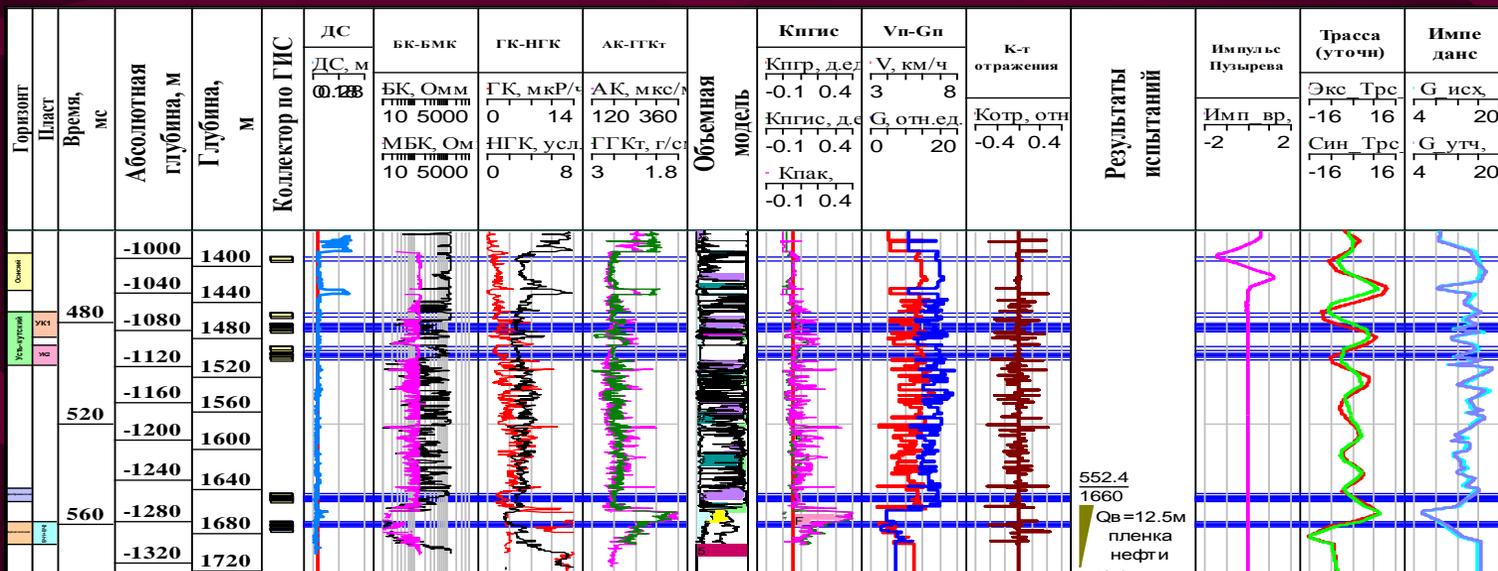
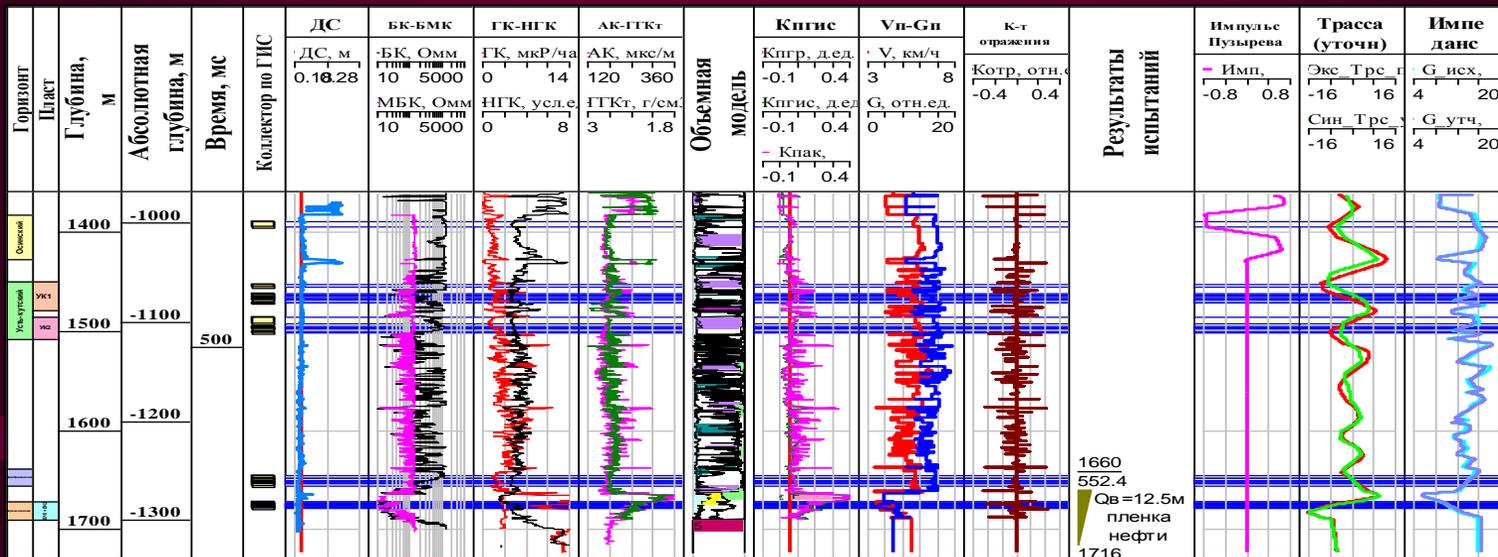
Вертикальная плотностная, геоакустическая и геоэлектрическая модели по скважине № 260 Желдонская



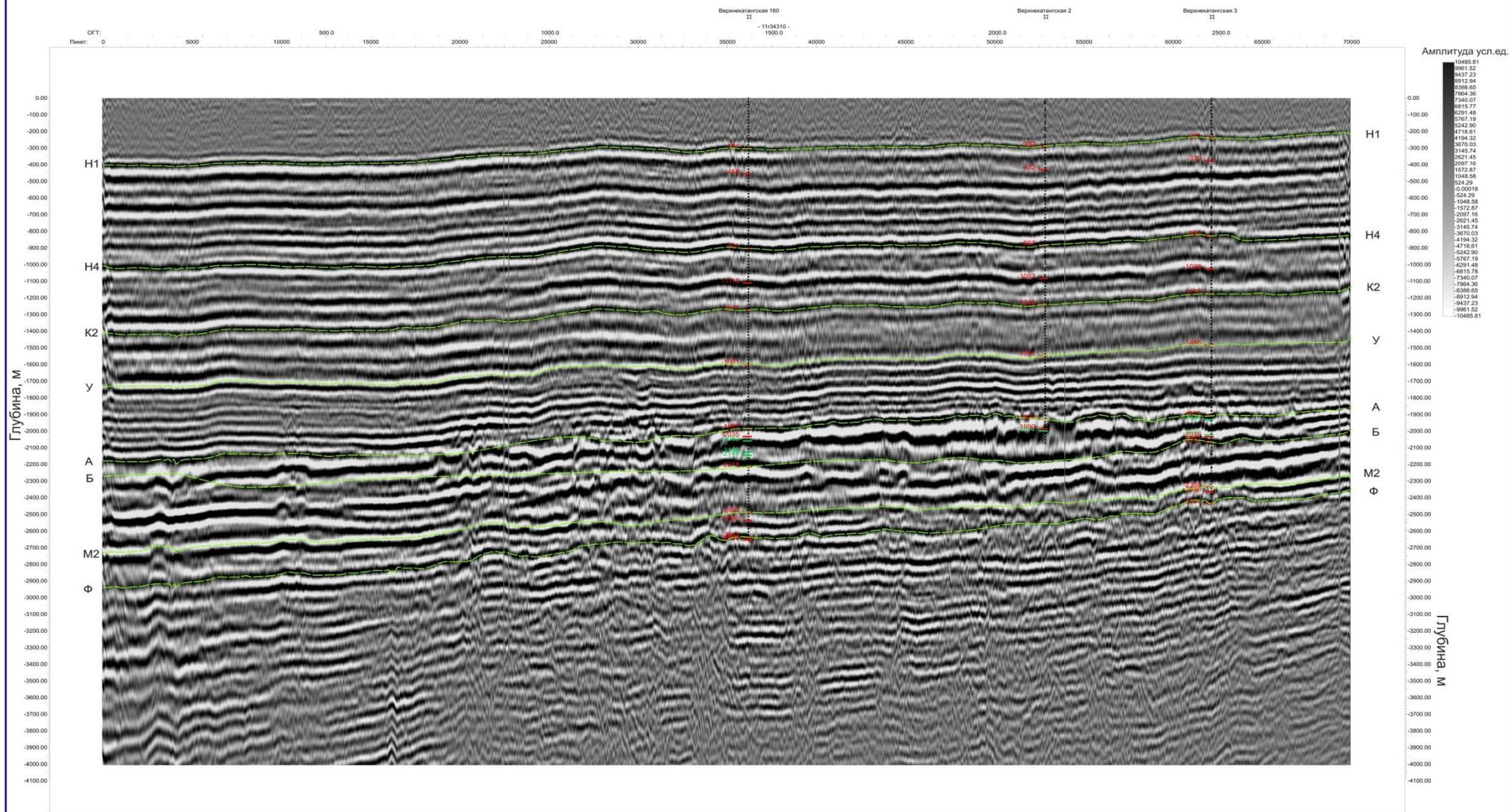
Вертикальная плотностная, геоакустическая и геоэлектрическая модели по скважине № 3 Верхне-Катангская



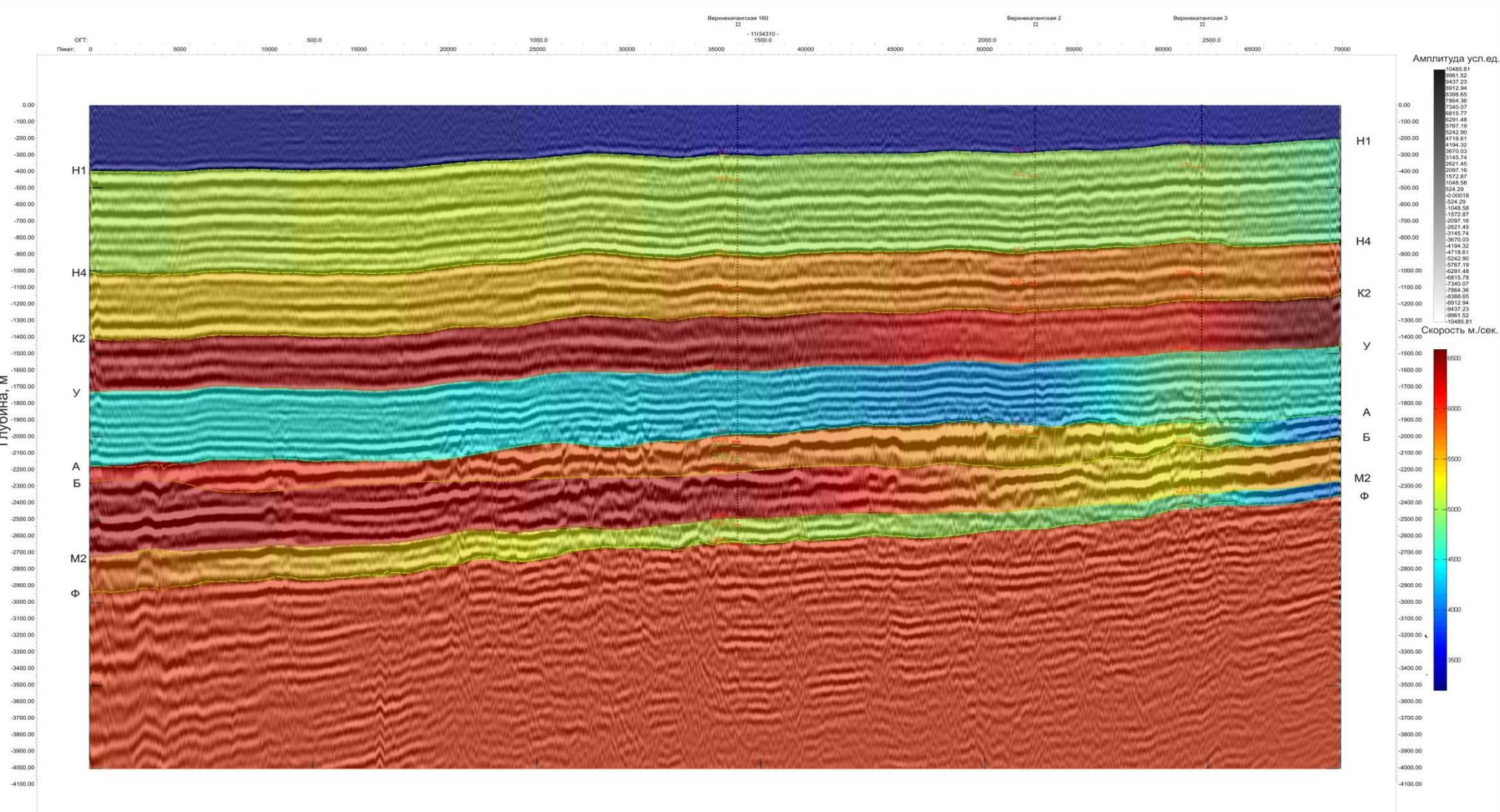
Привязка параметров петрофизической и геоакустической моделей к сейсмическому волновому полю



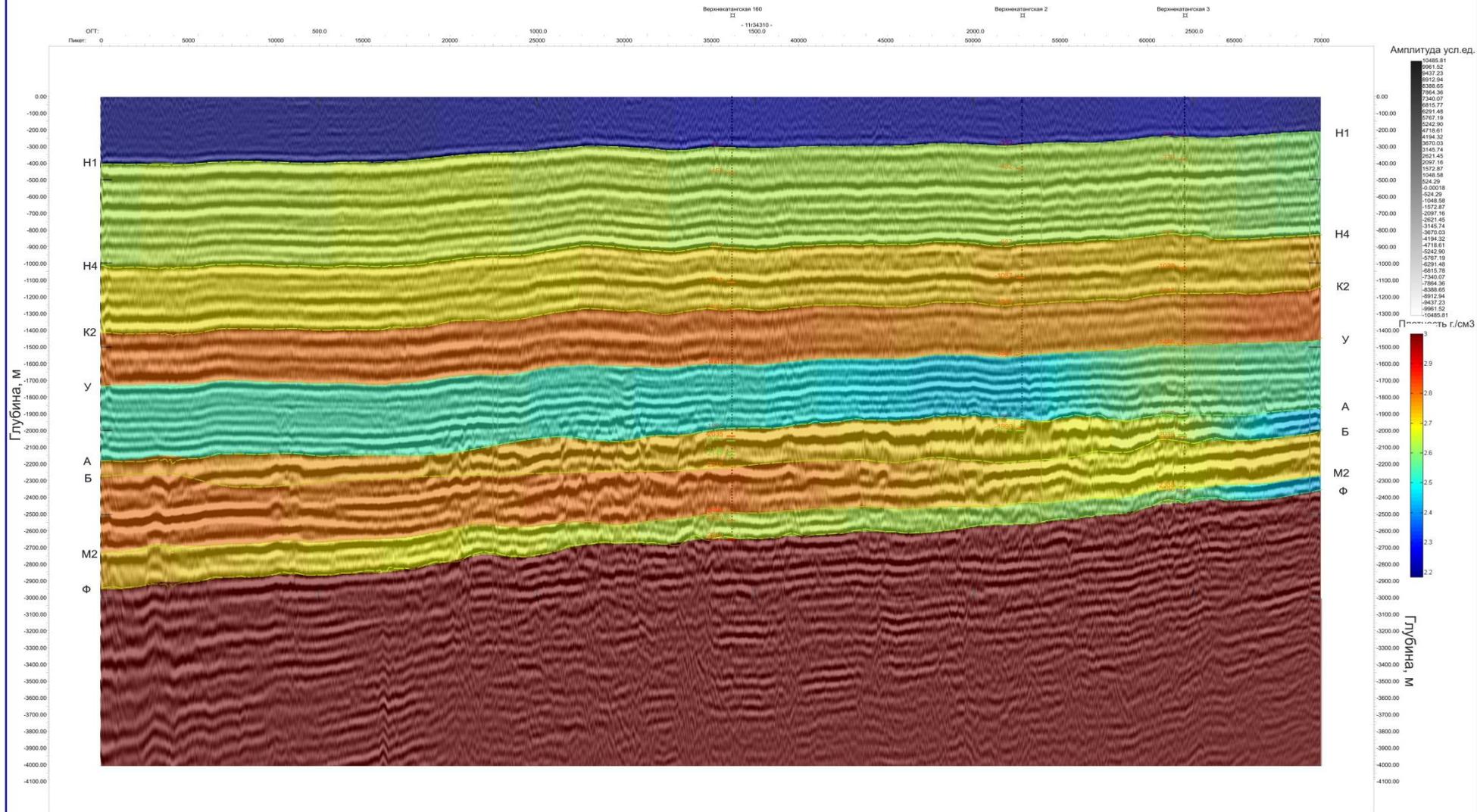
Привязка основных отражающих горизонтов к однородным по физическим свойствам литолого-стратиграфическим комплексам вдоль трассы сейсмопрофиля, Саяно-Енисейский объект.



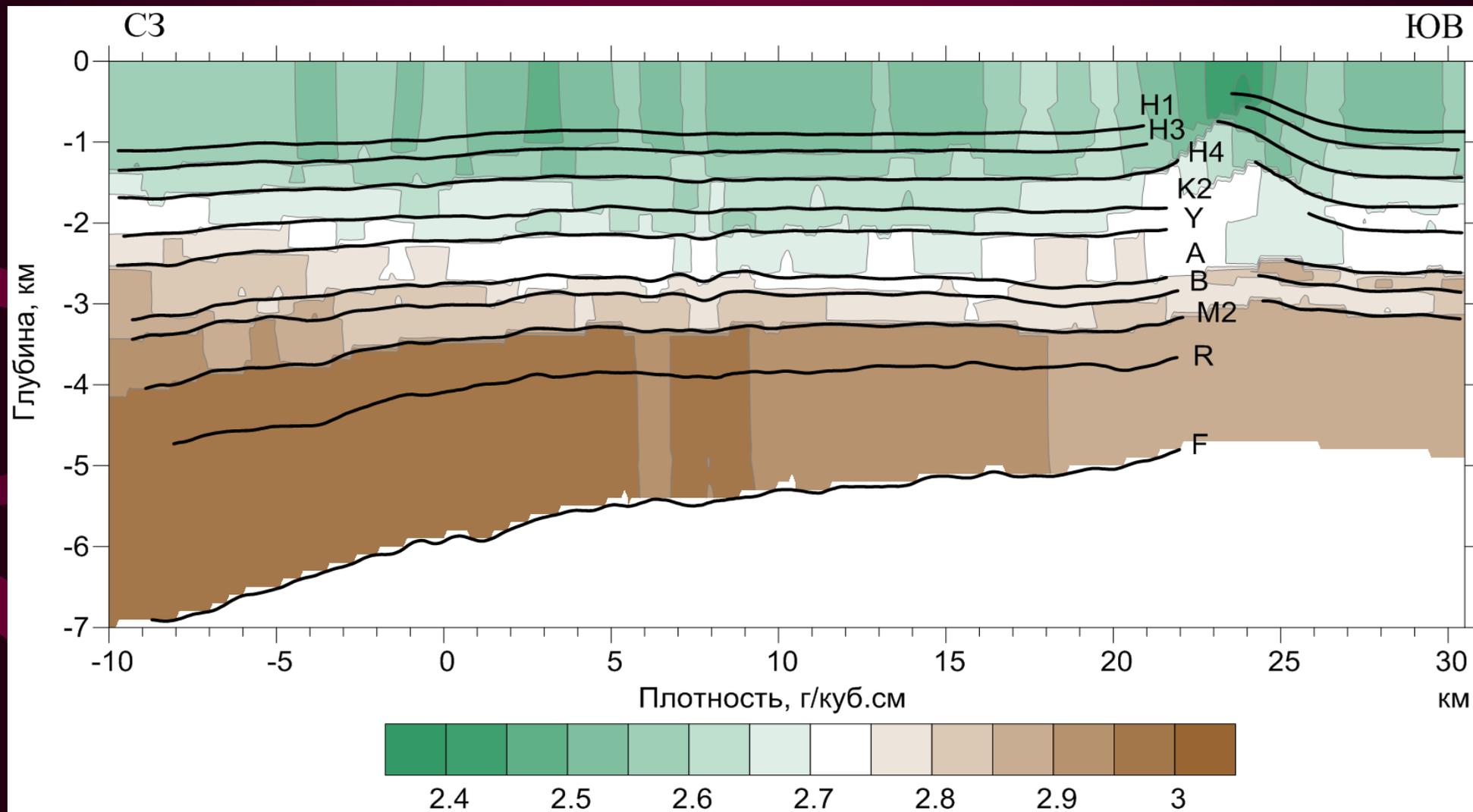
Глубинная скоростная модель основных отражающих горизонтов, приуроченных к однородным по физическим свойствам литолого-стратиграфическим комплексам, вдоль трасы сейсмопрофиля



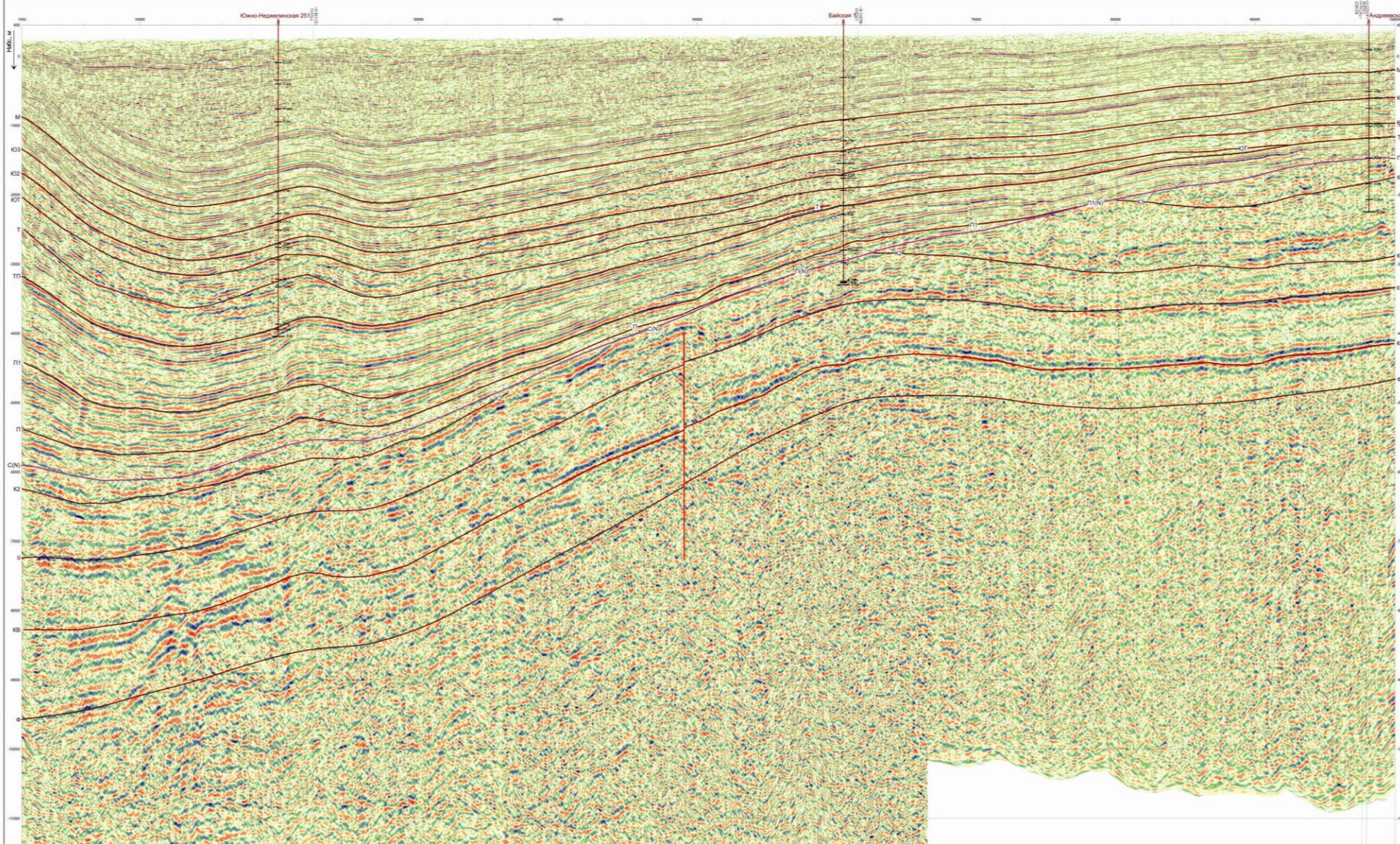
Глубинная плотностная модель основных отражающих горизонтов, приуроченных к однородным по физическим свойствам литолого-стратиграфическим комплексам вдоль трасы сейсмопрофиля



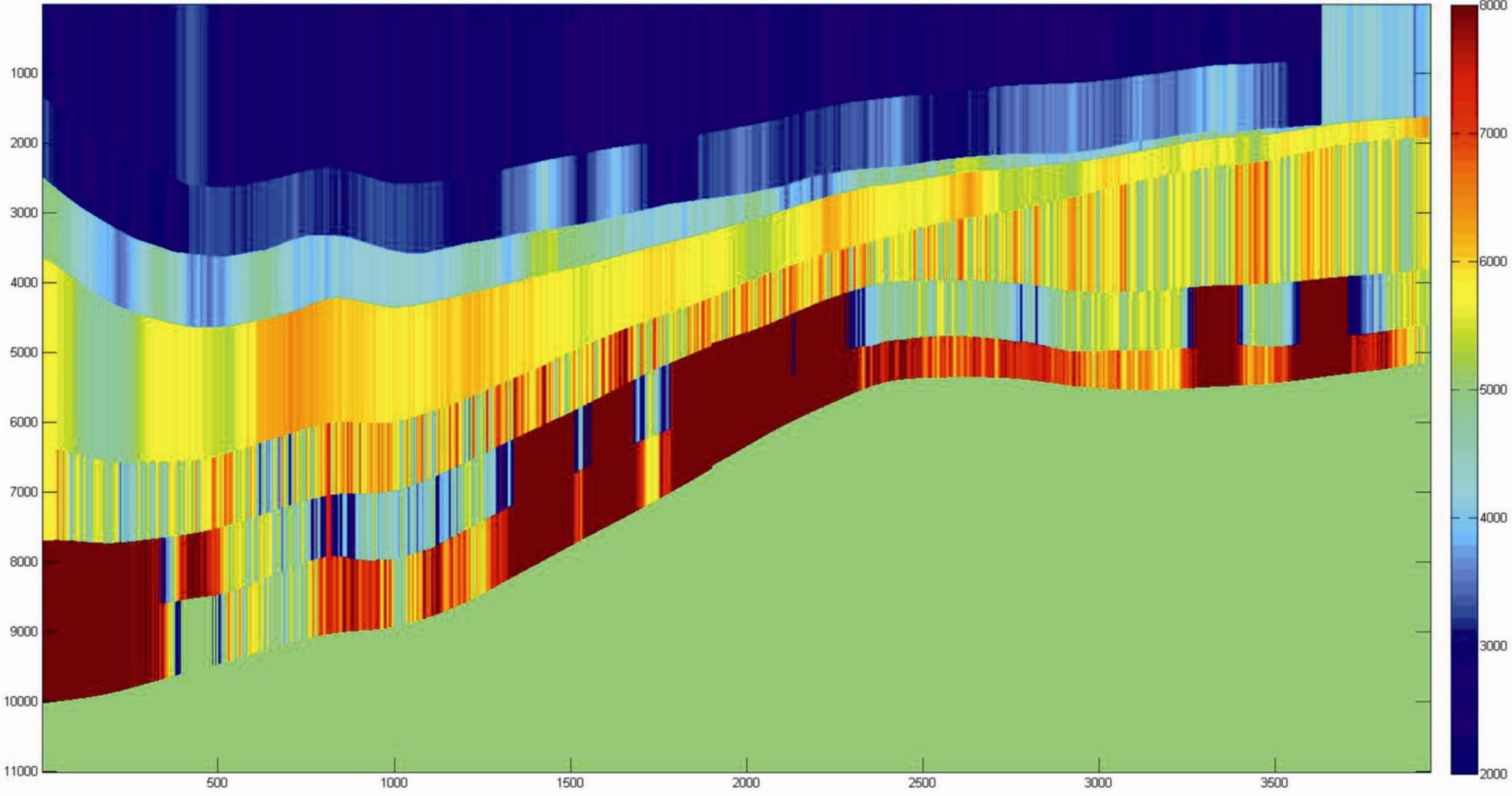
Сейсмоплотностной разрез по сейсмическому профилю. Плотности рассчитаны из интервальных скоростей по Диксу



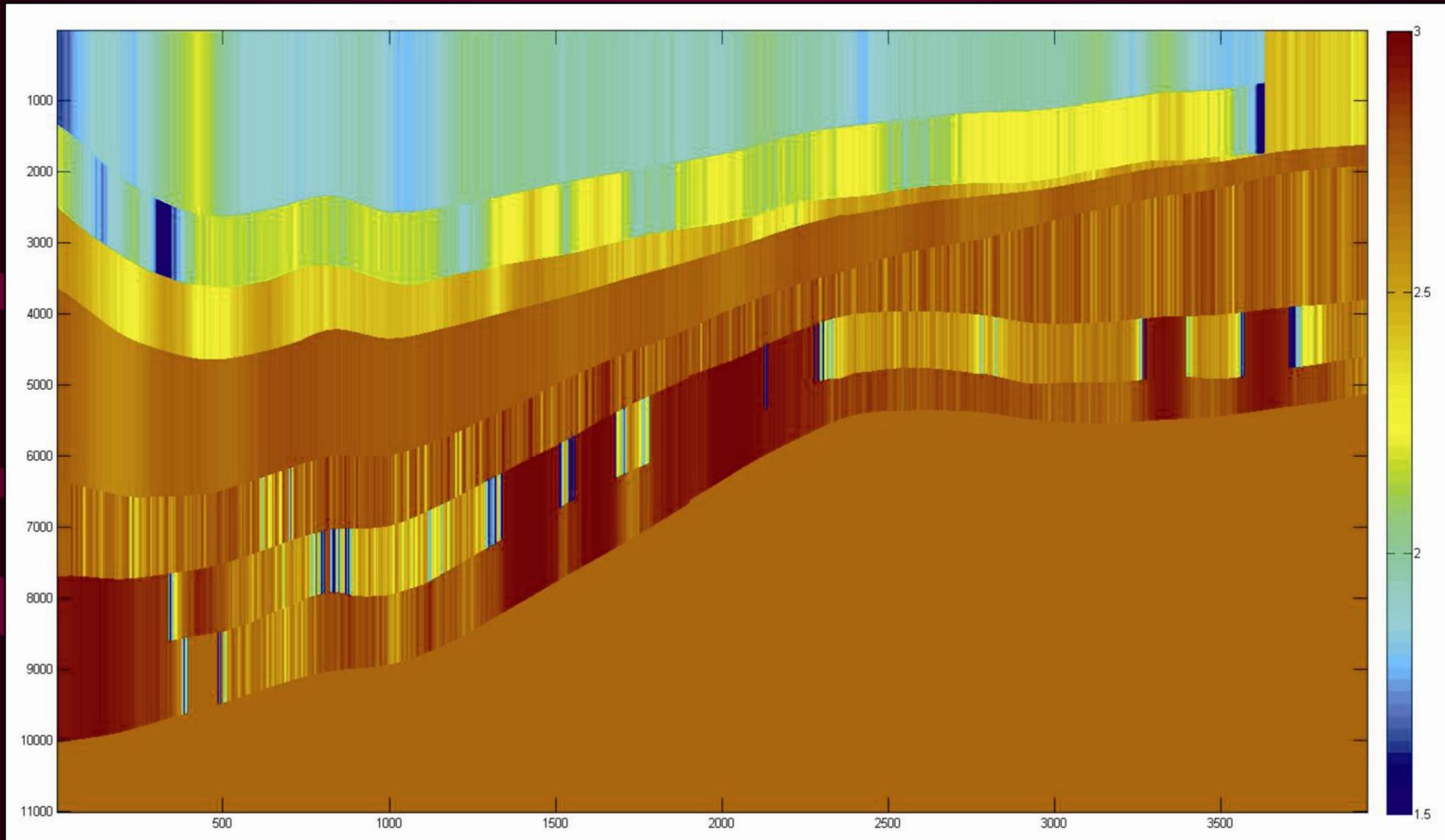
Привязка основных отражающих горизонтов к однородным по физическим свойствам литолого-стратиграфическим комплексам вдоль трассы сейсмопрофиля, Южно-Виллюйский объект.



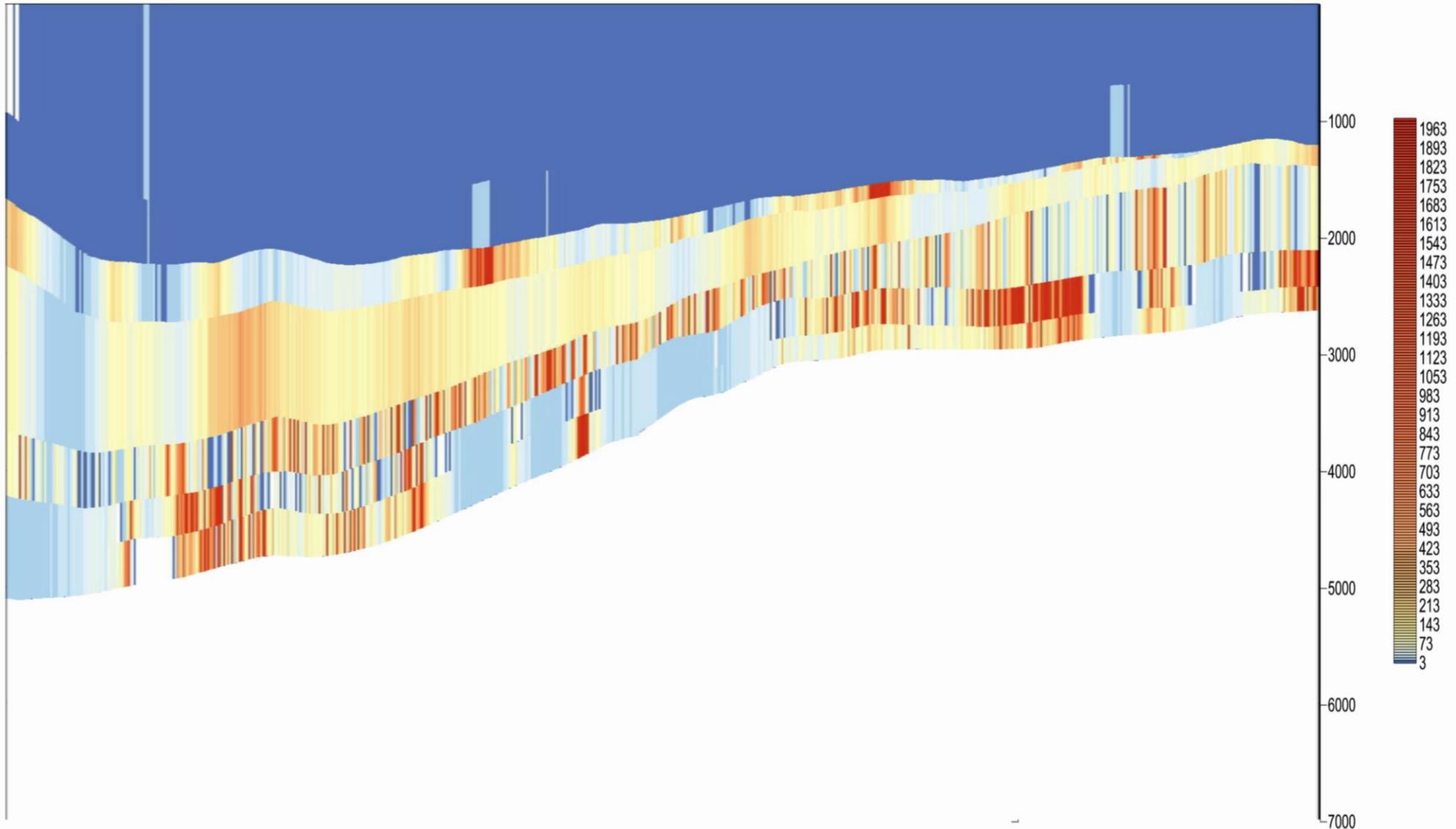
Сейсмоскоростной разрез по сейсмическому профилю. Интервальные скорости рассчитаны по Диксу



Сейсмоплотностной разрез по сейсмическому профилю. Плотности рассчитаны из интервальных скоростей по Диксу



Теоретический геоэлектрический разрез (разрез удельных сопротивлений)



Спасибо за внимание!