

# ОПРОБОВАНИЕ ГРАВИМЕТРИЧЕСКОЙ КОРРЕКЦИИ ГЛУБИННО-СКОРОСТНОЙ МОДЕЛИ НА СИНТЕТИЧЕСКИХ ДАННЫХ

Мингалева Татьяна Андреевна, аспирант, Санкт-Петербургский горный университет,  
Сенчина Наталия Петровна, доцент, Санкт-Петербургский горный университет,  
Горелик Глеб Дмитриевич, доцент, Санкт-Петербургский горный университет

В настоящее время большое количество месторождений нефти и газа достаточно разведаны, а потребности в топливных ресурсах с каждым годом растут. Поэтому нефтегазовые компании начинают разрабатывать объекты со сложным геологическим строением или объекты, расположенные в труднодоступных местах, к которым относится Арктическая зона. Из-за климатических особенностей не вся территория Арктического шельфа изучена прямыми методами геологоразведки. Однако перспективность территории толкает нефтегазовые компании на разработку новых алгоритмов с использованием быстрых и доступных методов геофизики. Таким образом, в данной работе описан один из алгоритмов интерпретации данных, который предположительно может быть реализован для участков с минимальной априорной информацией. Основная идея статьи – коррекция структурных построений на основе использования метода гравиразведки в условиях отсутствия на изучаемой территории скважин. По результатам исследований авторы предлагают использовать комплексную интерпретацию гравитационных и сейсмических данных для снижения неоднозначности решения обратных задач.

В нефтегазовой отрасли большой популярностью пользуется метод сейсморазведки, интерпретация которого традиционно подкрепляется скважинными данными. Если таковых не имеется, что бывает на слабоизученных территориях шельфа, возможно использование материалов гравиразведки для коррекции глубинно-скоростной модели и глубинной привязки отражающих горизонтов. Такая коррекция имеет значительно большую неопределённость, не ясна применимость методики, поэтому актуальным является анализ эффективности такой коррекции. Наиболее достоверно оценить методику можно на синтетических данных, где строго известен искомый объект и погрешность метода может быть количественно оценена.

Одними из важнейших результатов сейсмических исследований являются структурные карты опорных поверхностей, которые являются результатом интерпретации карт изохрон отражающих горизонтов и данных о скоростях упругих волн. При обработке сейсмических данных эффективные скорости определяются из годографов отраженных волн. Соответствие средней скорости эффективной определяется достоверно только для однородной изотропной модели среды. На практике в неоднородной и анизотропной среде устанавливаются эмпирические зависимости средней скорости от эффективной скорости, что требует обработки и интерпретации скважинных данных. При отсутствии скважинных данных можно оценить эффективные глубины ( $h_{eff}$ ) по формуле

$$h_{eff} = \frac{t_0}{2} \cdot v_{st}$$

где  $t_0$  - вертикальное время (время двойного пробега),  $v_{st}$  - эффективная скорость.

Вспомогательным методом при интерпретации МОВ (метод отраженных волн) может служить, как говорилось ранее, метод гравиразведки. Для нефтегазовой геофизики большой интерес с точки зрения связи скоростных и плотностных свойств, представляет эмпирическое соотношение Гарднера, которое в большей степени относится к осадочным породам [1, 2]:

$$\sigma = a \cdot v_p^b$$

где  $\sigma$  - плотность ( $г/см^3$ ),  $a$  и  $b$  - коэффициенты, которые определяются по каротажным данным,  $v_p$  - скорость продольных волн ( $м/с$ ).

На основе соотношения Гарднера выполняется следующий алгоритм гравиметрической коррекции:

1. Пересчет скоростей, полученных в ходе выполнения скоростного анализа, в интервальные скорости (с использованием формулы Урупова-Дикса) [3];
2. Пересчет интервальных скоростей в плотности (при помощи формулы Гарднера);
3. Плотностная инверсия и получение скорректированных плотностей для каждого слоя;
4. Коррекция интервальных скоростей с учетом плотностных характеристик (при помощи формулы Гарднера);
5. Коррекция глубин опорных горизонтов.

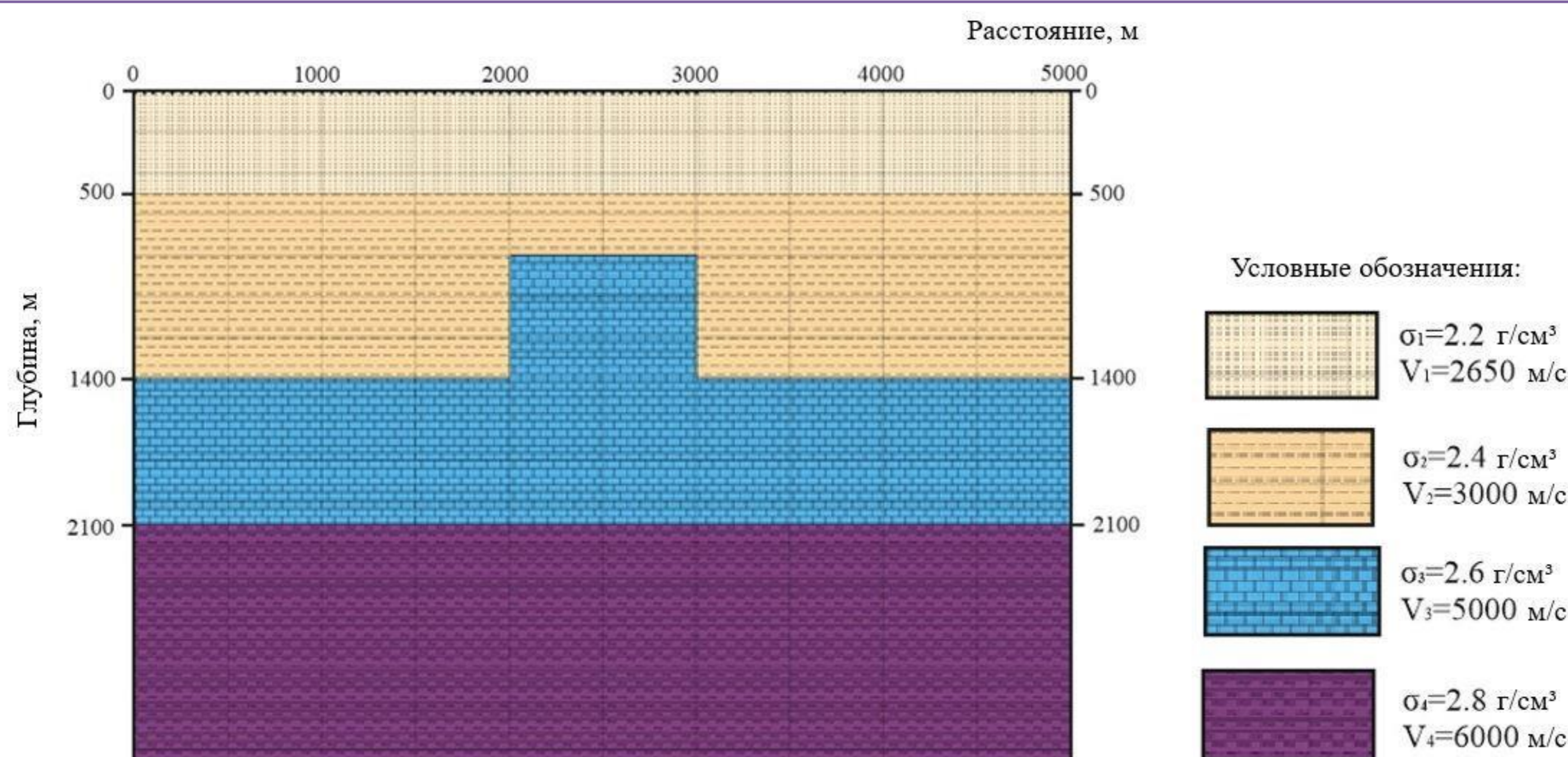


Рис. 1. Исходная модель для имитационного моделирования

Особого внимания в исходной модели заслуживает структура, которая построена в виде выступа в третьем слое высотой 600 м и длиной 1000 м. Выступ, как неоднородность, вносит погрешности в значения определенных по спектрам скоростей суммирования для всех нижележащих горизонтов (в рассматриваемом случае для горизонта на глубине 2100 м). Следующим шагом имитационного моделирования являлся расчёт прямой задачи гравиразведки и сейсморазведки (рисунок 2). Для решения прямой задачи гравиразведки в качестве аномального тела использовалась бесконечная призма, которая на разрезе выделяется как выступ (рисунок 2, а). Прямая задача сейсморазведки заключается в расчете времени прихода и амплитуд волны для известного геологического разреза (рисунок 2, б).

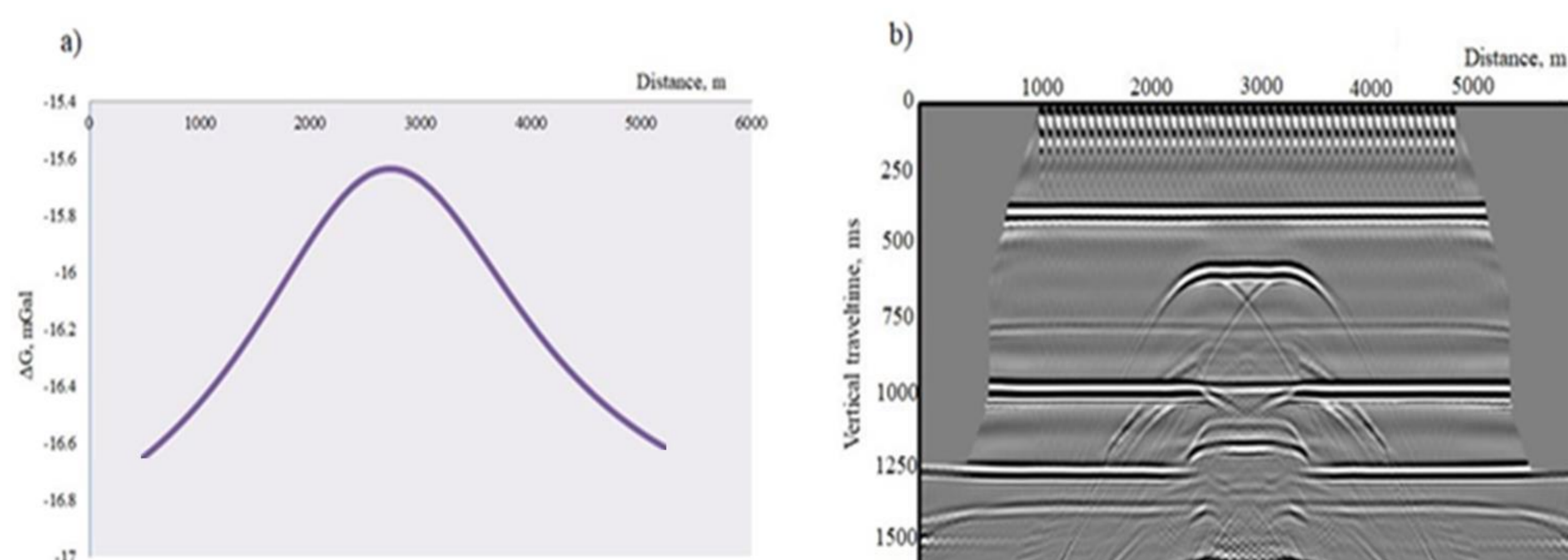


Рис. 2. Результаты решения прямой задачи гравиразведки (слева) и сейсморазведки (справа) для синтетической модели

Список литературы:

1. Zaitsev S. A., Sysyov A. P., Verification of the Gardner formula in the problem of wave field modeling / Seismic technologies, no. 4, 2015. pp. 74 - 80.
2. Gardner, G. H. F., Gardner, L. W., and Gregory, A. R., 1974, Formation velocity and density-The diagnostic basics for stratigraphic traps: Geophysics, 39, 770-780.
3. Urupov A.K., Levin A.N. Determination and interpretation of velocities in the method of reflected waves. Moscow: Nedra, 1985.310 p

Временной разрез, полученный при решении прямой задачи сейсморазведки, использовался для получения эффективных скоростей в процессе скоростного анализа (Рисунок 3).

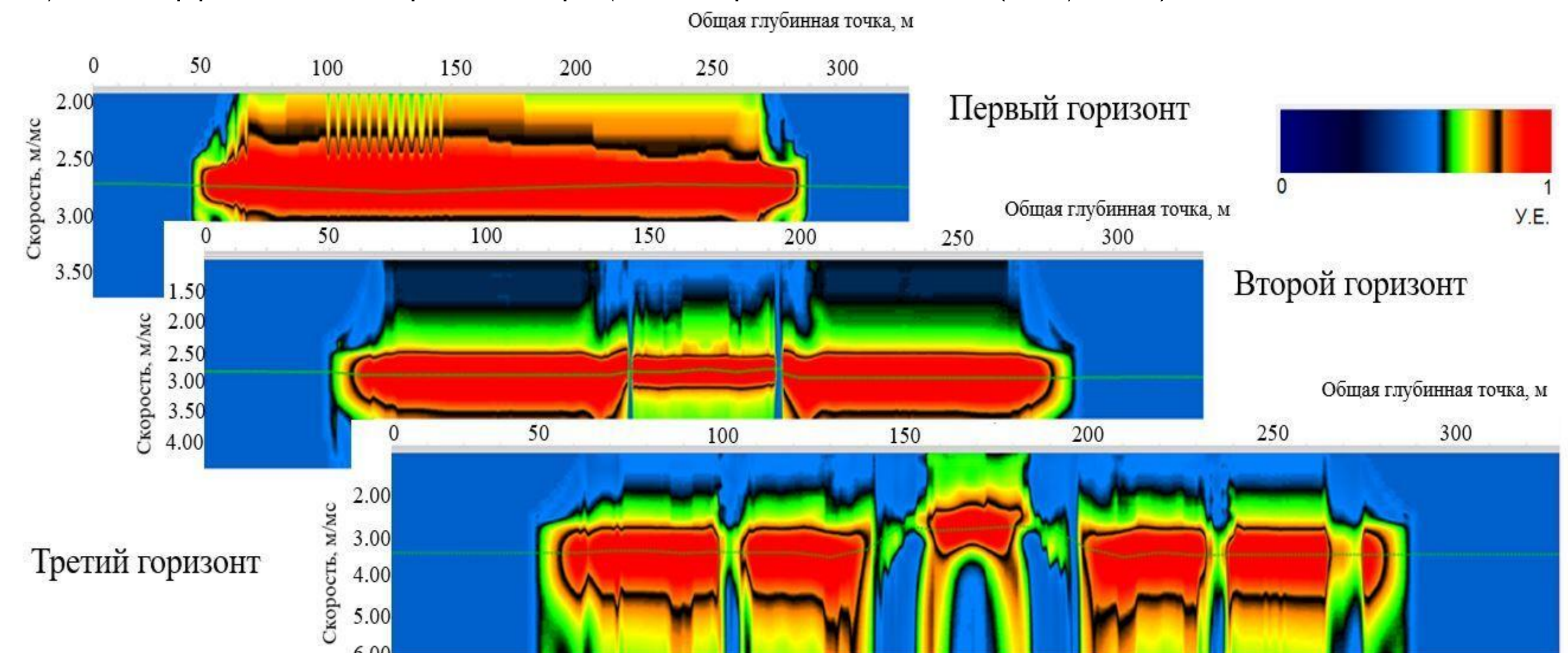


Рис. 3. Спектры скоростей для трёх горизонтов (желтой линией выделены скорости для каждого горизонта)

Для подошвы третьего слоя модели наблюдается скачок полученной скорости в центральной зоне, связанный с локальным увеличением его мощности.

Первым пунктом полученные по годографам скорости переводились в интервальные ( $v_i$ ) для каждого слоя по формуле Урупова-Дикса [3]:

$$v_i = \sqrt{\frac{(v_2^2 \cdot T_2) - (v_1^2 \cdot T_1)}{(T_2 - T_1)}}$$

где  $v_1$  и  $v_2$  - эффективные скорости для кровли и подошвы соответственно;  $T_1$  и  $T_2$  - вертикальное время для кровли и подошвы соответственно.

Следующим шагом был пересчёт интервальных скоростей в плотности через эмпирическое соотношение Гарднера [1,2]:

$$\sigma = 0.31 \cdot v_i^{0.25}$$

где  $\sigma$  - плотность ( $г/см^3$ ),  $v_i$  - интервальная скорость в слое ( $м/с$ ).

Плотностная инверсия проводилась последовательно от нижележащих к вышележащим слоям. Значения предельной ошибки при инверсии брались от 1 до 0.1 мГал, уменьшаясь от горизонта к горизонту. Решение обратной задачи основывалось на «латеральной» инверсии плотностей в Oasis Montaj. По итогу инверсии в каждом слое корректировались плотности под имеющееся гравитационное поле (таблица 1, столбец 2). Далее рассчитывались по формуле Гарднера скорректированные скорости, на основе которых обновлялись глубины в моделируемом разрезе (рисунок 4). В числовом виде результаты представлены в таблице 1.

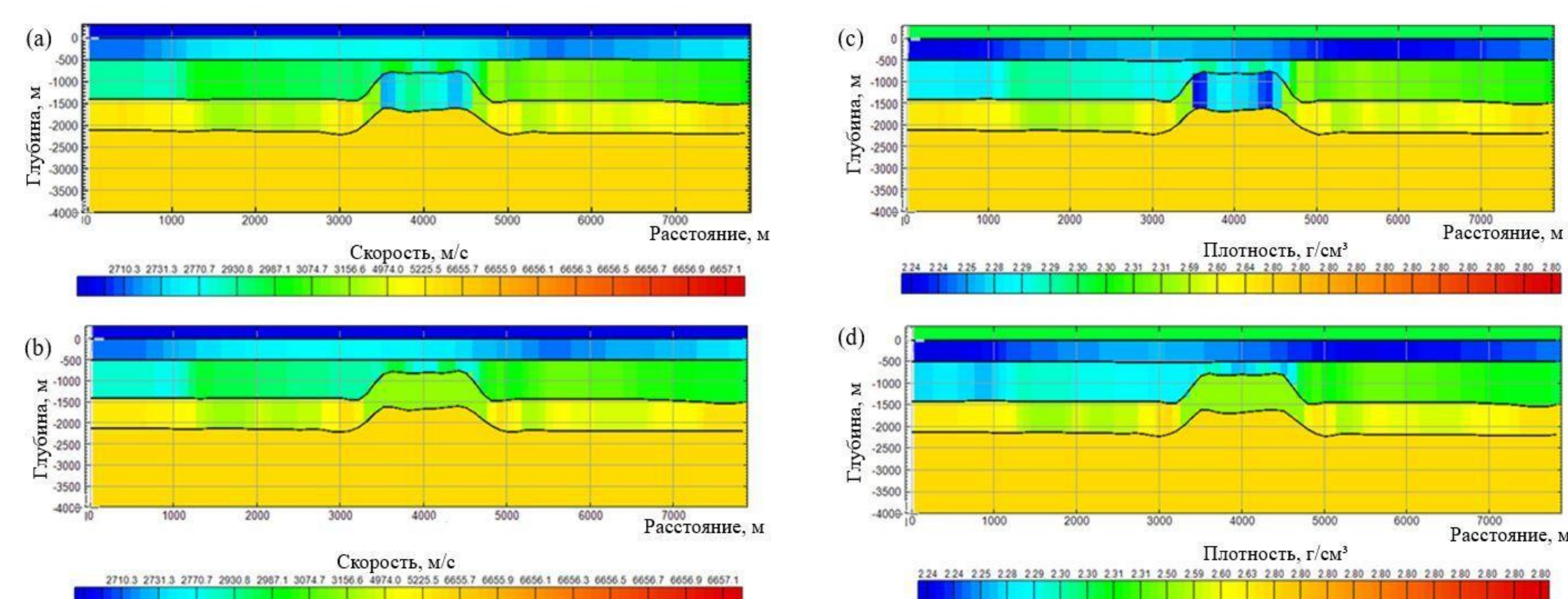


Рис. 4. Разрезы с распределением интервальных скоростей и плотностей: (а) – интервальные скорости до плотностной инверсии, (б) – интервальные скорости после плотностной инверсии, (с) – плотности до плотностной инверсии, (д) – плотности после плотностной инверсии

Таблица 1. Диапазоны изменения плотностей в различных слоях до и после плотностной инверсии для теоретической модели

| Слой (от-до горизонта) | $\sigma$ "до", $г/см^3$ | $\sigma$ "после", $г/см^3$ |
|------------------------|-------------------------|----------------------------|
| 0 - 1                  | 2.23 - 2.25             | 2.24 - 2.25                |
| 1 - 2                  | 2.27 - 2.31             | 2.26 - 2.31                |
| 2 - 3                  | 2.23 - 2.65             | 2.5 - 2.65                 |

Результаты плотностной инверсии для третьего горизонта представлены на рисунке 5.

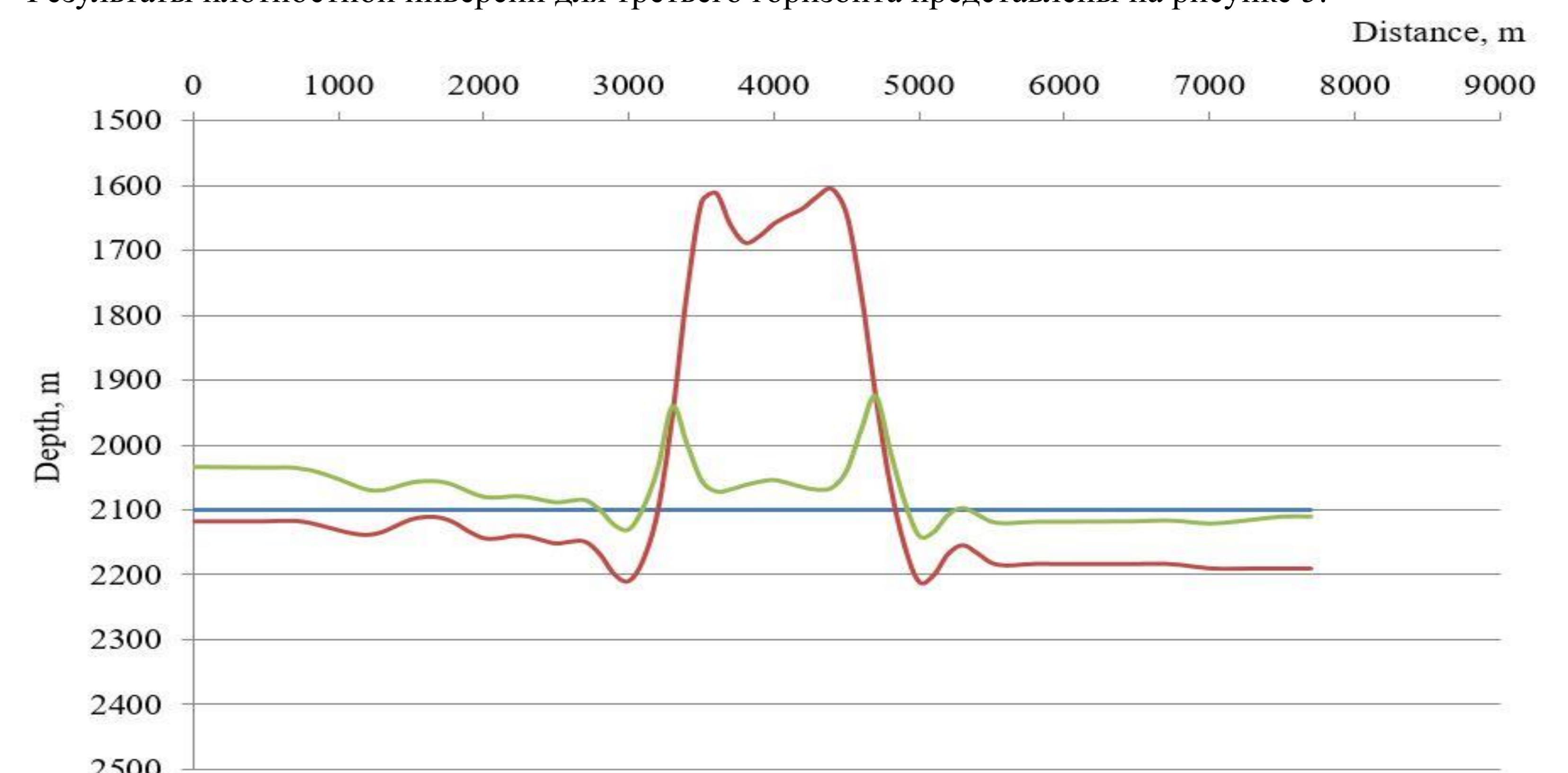


Рис. 5. Геометрия третьего горизонта: синяя линия – истинное положение; красная линия – положение горизонта после скоростного анализа; зеленая линия – положение горизонта после плотностной коррекции