

УДК 550.312.072:681.3

© И.А. Бисеркин, В.Е. Федотов

*И.А. Бисеркин, В.Е. Федотов*

# ДЕТАЛИЗАЦИЯ ПЛОТНОСТНОЙ МОДЕЛИ ЗЕМНОЙ КОРЫ НА ОСНОВЕ МНОГОПРИЗНАКОВОЙ ФИЛЬТРАЦИИ В СРЕДЕ ГИС INTEGRО

Применение ГИС-технологий

Традиционный подход к построению плотностной модели земной коры по опорным и региональным профилям осуществляется путем пересчета данных гравитационной съемки масштаба 1:200 000 в нижнее полупространство методами Андреева Б.А., Приезжева И.И. и др.

Результаты такого пересчета обеспечивают построение глубинного разреза избыточной плотности. При наличии сведений о значениях плотности по данным геофизических скважин в осадочном чехле и принятого значения плотности на границе Мохоровичича в 3,2 г/см<sup>3</sup> составляется регрессионная зависимость, как правило, линейная на основе которой разрез эффективной плотности переводится в разрез истинной плотности. В то же время, ввиду неоднозначности решения обратной задачи гравиразведки, в частности при одновременной оценке плотности и мощности плоскопараллельного слоя, определение горизонтальных границ в разрезе является плохо обусловленным, кроме поверхности фундамента. Поверхность фундамента, как правило, отличается существенной контрастностью вышележащего осадочного чехла по плотности и определение поверхности фундамента оценивается по характеру особых точек при пересчете гравитационного поля в нижнее полупространство. При определении местоположения глубинных границ земной коры (Ф-фундамента, К1, К2, М-Мохоровичича) используется расчет вторых вертикальных производных избыточной плотности, полученной путем пересчета поля Δg в нижнее полупространство [1]. В полях производных контрастнее выделяются границы аномальных объектов по соответствующим направлениям. Наряду с другой информацией, эти характеристики поля могут быть использованы в задачах геологического районирования с использованием классификационных программ. Наиболее эффективно с помощью производных и градиентных характеристик решается задача выделения границ между аномалиями или стационарными областями. При интерпретации следует учитывать следующее:

- границы аномальных объектов отмечаются экстремумами в полях производных вдоль осей и максимумами в поле полного градиента;
- экстремумами в полях градиентных характеристик отмечаются границы аномалий различных амплитуд, что позволяет при визуализации увидеть одновременно контуры аномалий различной амплитуды;
- производные вдоль определенного направления позволяют подчеркнуть границы аномалий, простирающиеся перпендикулярно этому направлению;
- поле направления полного градиента позволяет оценить простирающиеся аномалии в каждой точке исходной сети наблюдений, а контрастные переходы от минимальных значений к максимальным контролируют положение осей аномалий.

Вычисление производных производится по значениям поля, попавшим в скользящее окно, форма и размеры которого определяются пользователем. При каждом положении скользящего окна исходное поле в нем методом наименьших квадратов аппроксимируется полиномом второго порядка:

$$F = C_0 + C_X \cdot X + C_Y \cdot Y + C_{XY} \cdot X \cdot Y + C_{XX} \cdot X^2 + C_{YY} \cdot Y^2,$$

где:  $F$  – исходное поле в окне;  $C_0 - C_{YY}$  – коэффициенты полинома;  $X$  и  $Y$  – локальные координаты в окне (начало координат в середине окна, ось  $X$  идет вдоль профиля, ось  $Y$  идет вдоль линии равных пикетов, шаги  $dX$  и  $dY$  совпадают с аналогичными параметрами исходного поля).

Вычисление производных и градиента производится по коэффициентам подобранного полинома:

Вторая вертикальная производная:

$$G_b = G_{XX} + G_{YY}.$$

Вторая горизонтальная производная:

$$G_{p2} = C_{XY}.$$

Вторые производные в ряде случаев позволяют приближаться к горизонтальным границам глубинного разреза, определяемым по данным сейсморазведки МОВ-КМПВ и ГСЗ. Однако при этом неодно-

значность определения границ контактных поверхностей (Ф-фундамент, К1, К2 и М-Мохоровичича) остается достаточно высокой.

При детализации плотностной модели земной коры, с целью более однозначного определения границ контактных поверхностей, предлагается использование алгоритма многопризнаковой фильтрации, а ввод-вывод данных, расчет эффективной плотности и получение графических изображений плотностной модели реализуется в среде ГИС INTEGRО [2]. Применительно к построению плотностной модели земной коры и ее детализации, суть предлагаемого алгоритма сводится к следующему. В качестве исходных данных используется серия (ансамбль) глубинных разрезов второй вертикальной производной, полученных в окрестности опорного(регионального) профиля в количестве 15-20 и расположенных друг от друга на расстоянии 2 км для съемки масштаба 1: 200 000. При этом дискретность разреза по глубине составляет 500 м. При глубине разреза 40 км, образуется 80 дискретных уровней (глубинных разрезов). Таким образом, исходная информация при длине опорного профиля в 200 км, представляется в виде матрицы размером  $100 \times 80$ , а их общее число составляет 15-20. Образованная таким образом серия разрезов эффективной плотности (или разрезов вторых производных) принимается за комплекс признаков, для которых реализуется алгоритм многопризнаковой фильтрации [3]. В соответствии с этим алгоритмом на первом этапе рассчитывается первая главная компонента для каждого глубинного профиля плотностного разреза, т.е. образуется матрица из 80 первых главных компонент. На втором этапе вычисляется первая главная компонента для уже рассчитанных на первом этапе главных компонент, значения этой «новой главной компоненты оценивает вес, т.е. «вклад» каждой точки глубинного профиля в общую дисперсию комплексного параметра». Умножая матрицу первых главных компонент, полученных на первом этапе, на значения новой главной компоненты, получаем матрицу-столбец, значения которой оценивают вес (вклад) уже каждого глубинного профиля в общую дисперсию (энергию) комплексного параметра. Перемножение этого вектора-столбца на вектор-строку обеспечивают возвращение полученных результатов к матрице исходной размерности  $100 \times 80$  м.

Идея реализации алгоритма многопризнаковой фильтрации состоит в том, что использование

серии (ансамбля) глубинных разрезов плотности, позволяет, с одной стороны, накопить информацию о плотностном разрезе, с другой стороны, учесть корреляционные связи значений плотности в объеме изучаемой геосреды. Таким образом, создаются объективные предпосылки для более однозначной оценки глубин залегания контактных поверхностей.

В качестве сопровождения построения глубинных плотностных разрезов использовались программные комплексы системы ГИС INTEGRО.

На рис. 1, 2, 3, 4, 5 приводятся примеры применения предлагаемого подхода по геотраверсу 1-СБ в районе Юрубчено-Тохомского нефтегазовой зоны на которых красными и черными линиями обозначены глубинные границы Ф-фундамента, К1, К2 и М-Мохоровичича.

Устойчивость алгоритма многопризнаковой фильтрации оценивается путем изменения числа разрезов эффективной плотности. На рис. 4 представлен разрез многопризнаковой фильтрации для 15 профилей, что соответствует 30-километровой зоне в окрестности геотраверса.

На рис. 5 изображен разрез для 25 профилей, что соответствует 50-километровой зоне в окрестности того же геотраверса. Сопоставление рис. 4 и 5 показывает идентичность глубинных границ земной коры, что свидетельствует об устойчивости алгоритма многопризнаковой фильтрации. На рис. 4 и 5 ниже границы К1 достаточно четко выделяются вертикальные блоки земной коры с повышенной и пониженной избыточной плотностью.

**Ключевые слова:** многопризнаковая фильтрация, уточнение глубинных границ, детализация плотностной модели, ГИС INTEGRО.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Галуев В.И., Каплан С.А., Никитин А.А. Технология создания физико-геологических моделей земной коры по региональным профилям на основе геоинформационных систем. – М.: ВНИИгеосистем, 2009. – 231 с.
2. Каплан С.А., Галуев В.И., Пиманова Н.Н., Малинина С.С. Комплексная интерпретация данных исследований на опорных профилях // Геоинформатика. – 2006. – № 3. – С. 38-46.
3. Никитин А.А. Алгоритм многопризнаковой фильтрации геофизических полей // Геоинформатика. – 2012. – № 1. – С. 51-53.

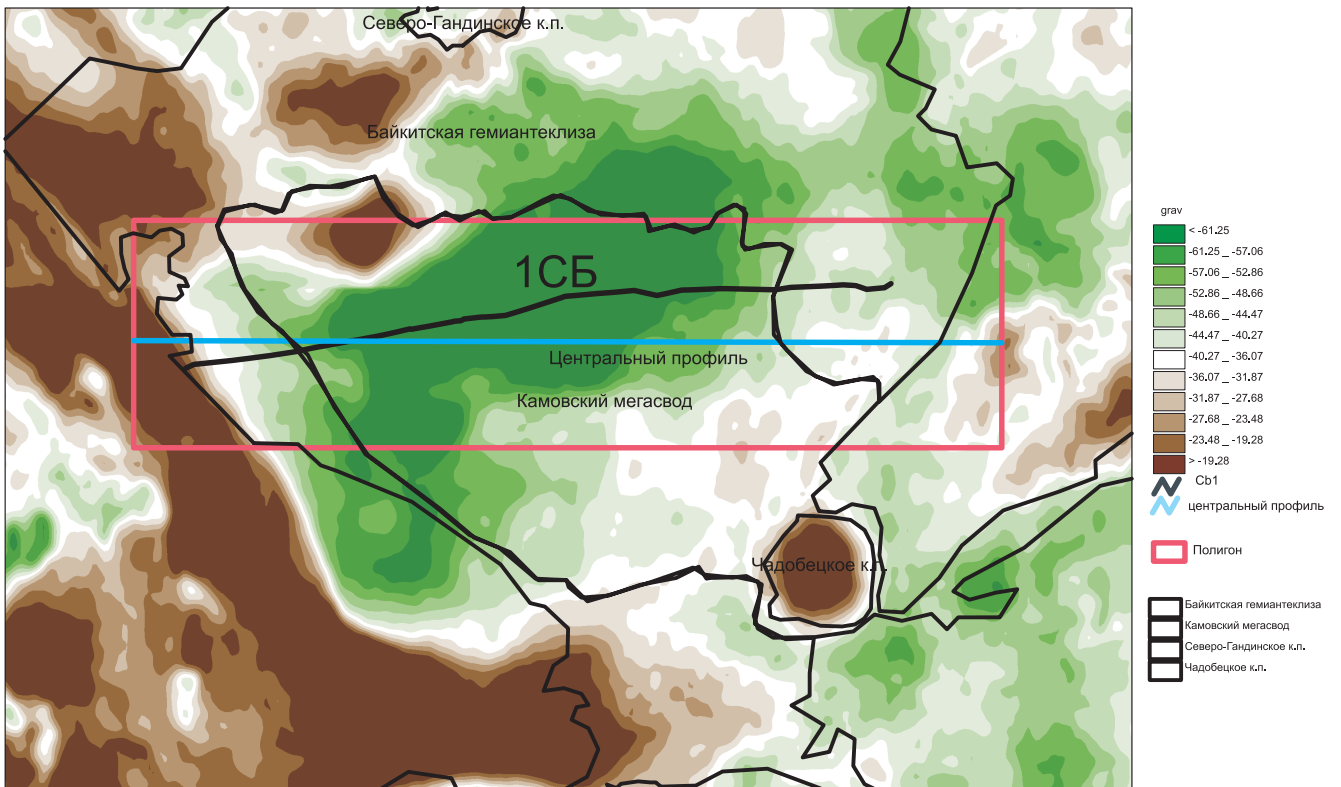


Рис. 1. Исходное гравитационное поле в районе Байkitской антиклизы

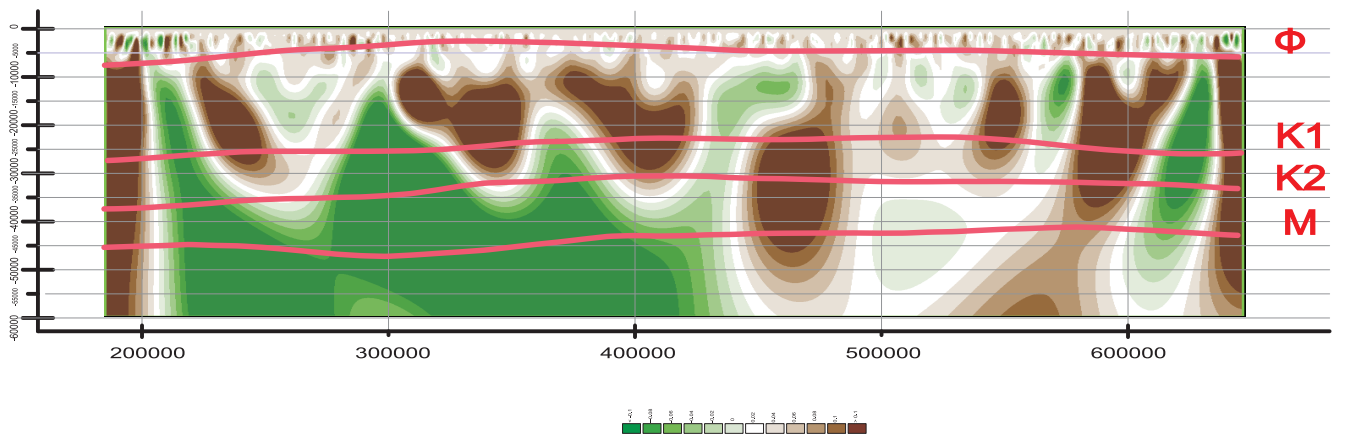


Рис. 2. Разрез избыточной плотности по одному из профилей

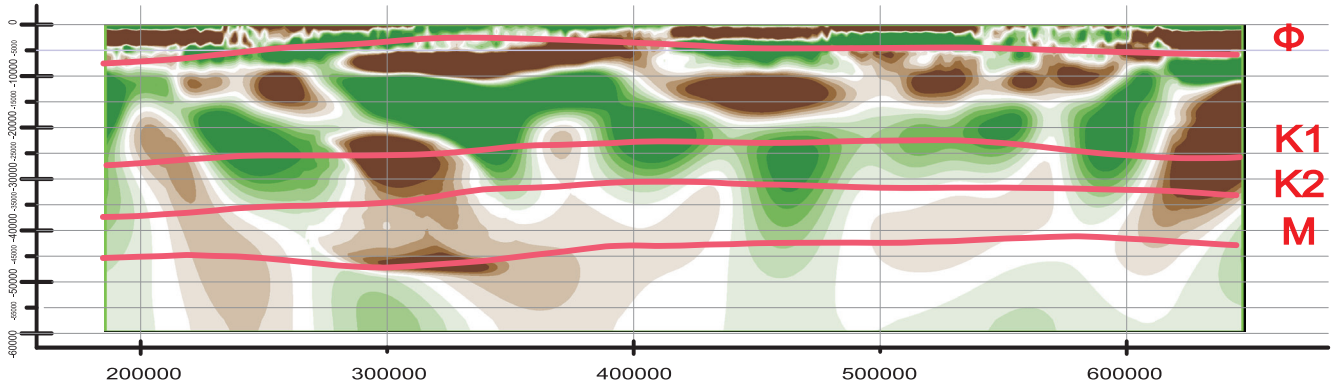


Рис. 3. Разрез 2-й вертикальной производной избыточной производной

Разрез многопризнаковой фильтрации для 15 профилей в окрестностях геотраверса 1-СБ

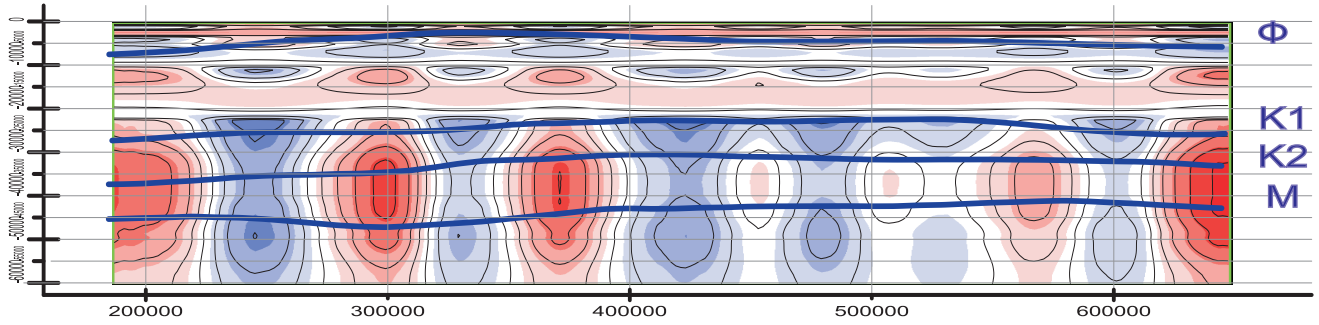


Рис. 4. Результат многопризнаковой фильтрации для 15 профилей в окрестностях геотраверса 1-СБ

Разрез многопризнаковой фильтрации для 25 профилей в окрестностях геотраверса 1-СБ

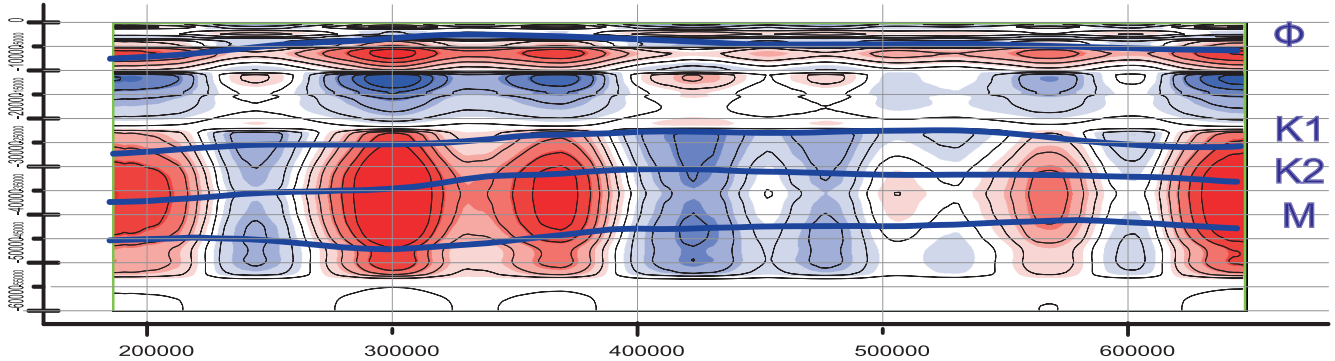


Рис. 5. Результат многопризнаковой фильтрации для 25 профилей в окрестностях геотраверса 1-СБ