УДК 550.83+681.3.06

Д.Ф.КАЛИНИН, Т.Б.КАЛИНИНА, Л.А.БОГДАНОВ
ФГУНПП «Геологоразведка», Санкт-Петербург

ФИЗИКО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ КАК ЭТАЛОННЫЕ ОБЪЕКТЫ ПРИ РЕШЕНИИ ПРОГНОЗНО-ПОИСКОВЫХ ЗАДАЧ С ПРИМЕНЕНИЕМ КОМПЬЮТЕРНОЙ ТЕХНОЛОГИИ MultAlt

Новая методика расчета эталонных выборок потенциальных полей позволяет получать «образы» статистических физико-геологических моделей (ФГМ) среды. Излагаются принципы использования статистических ФГМ с динамически изменяющимся вектором параметров. Обсуждаются алгоритмы обработки подобных эталонных выборок при прогнозе рудоконтролирующих структур посредством компьютерной технологии комплексной интерпретации данных MultAlt. Приводится пример построения комплексных карт вероятностей прогноза геологических объектов типа «Норильская интрузия».

New techniques of calculating standard samples of potential geophysical fields allow obtain to «images» of statistical physical-geological models (PGM) of subsurface. There are declared some principles of statistical physical-geological modeling with dynamically changing vector of parameters. The algorithms of processing the similar standard field samples by means of the «MultAlt» computer technology are discussed from the point of forecasting the ore-bearing structures on the base of integrated data interpretation. Examples of compiled maps of integrated probability in forecasting an «ore-bearing intrusion» object are demonstrated for the region of Norilsk ore field.

Компьютерная технология MultAlt разработана в ФГУНПП «Геологоразведка» (Санкт-Петербург) и хорошо зарекомендовала себя при геофизическом прогнозе рудоносных объектов на стадиях поисковых и оценочных работ [4]. Обычно при прогнозе используются «натурные» эталонные выборки значений геофизических признаков (прежде всего – потенциальных полей), приуроченные к известным фактическим проявлениям рудоносных объектов на дневной поверхности. Однако представительность таких эталонных выборок далеко не всегда достаточна для адекватного описания реальных объектов, и выборки, как правило, не удовлетворяют статистическим требованиям стационарности и эргодичности [1]. Кроме того, сложно учесть априорную геологическую многозначность: одна и та же эталонная выборка может соответствовать различным, противоречивым представлениям о моделях рудоконтролирующих структур. В результате снижается достоверность прогноза, особенно если число информативных признаков комплекса невелико.

Статистические физико-геологические модели с динамически флуктуирующими параметрами обеспечивают возможность расчета любого числа реализаций эталонных геофизических полей над разрезом ФГМ. Представительные эталонные выборки полей, содержащие значения расчетных реализаций, обеспечивают более обоснованное построение решающих правил – основного инструмента при решении задач прогноза средствами MultAlt. Решающие правила работают как своеобразные информационные фильтры, выявляющие «образы» заданных эталонов ФГМ на картах наблюдаемых полей. Количественная оценка достоверности и качества решений усиливает актуальность такого подхода.

При выборе альтернатив прогноза допускается использование объектов произвольного типа, но важно, чтобы ФГМ объектов поиска различались по одному или нескольким параметрам. Например, для одной и той же пластовой интрузии допустимо альтернативное использование нескольких целевых ФГМ, если они различаются только по глубине залегания центров или верхних кромок. Постановка прогнозной задачи возможна и в смешанном виде, когда для части альтернативных вариантов значения признаков в выборках рассчитаны от эталонных ФГМ, а для другой – определены экспериментально на участках фактического проявления целевых объектов.

В своем развитии технология MultAlt пришла к совместимости ее алгоритмов с методикой интерактивного динамического моделирования двумерных плотностных и магнитоактивных разрезов Interact [2]. Эта методика позволяет, в частности, аналитически рассчитывать эталонные выборки потенциальных полей, а также их трансформации для заданных ФГМ. Из-за сложности геологических структур параметры ФГМ, определяемые решением обратных задач, никогда не могут точно соответствовать действительности. Как правило, подбирается ограниченное число эквивалентных ФГМ (одна-две, не более), обеспечивающих приемлемое совпадение модельного и экспериментального полей. Варьируя геометрию и физические свойства построенных эквивалентных моделей в пределах доверительных интервалов, можно рассчитать реализации поля, соответствующие определенным реализациям модели в пределах доверительной полосы. Совокупность таких реализаций поля образует эталонную выборку. Полный комплект эталонных выборок равен числу ФГМ, умноженному на число используемых признаков. Эталонные выборки геофизических полей для фоновой альтернативы, как правило, достаточно представительны и снимаются непосредственно с апробируемых планшетов. Эти выборки должны как минимум не противоречить априорным геологическим представлениям о вмещающей среде в районе прогнозных исследований.

Диапазоны допустимой флуктуации параметров выбираются эвристически с учетом представлений о геологических особенностях модели. Задание их размеров требует осторожности, так как слишком большие диапазоны флуктуации могут чрезмерно исказить ФГМ и привести к абсурдным результатам прогноза. С другой стороны, минимальный размер диапазона флуктуаций должен соответствовать погрешности экспериментальных данных (геофизической съемки). Для каждого блока модели флуктуации параметров задаются отдельно. Если значения поля над профилем, пересекающим модель, попадают в пределы полосы расчетных реализаций, то любое допустимое положение вертикального сечения (реализация модели) находится в пределах многоугольных контуров, разбросанных внутри доверительной полосы эквивалентности [2].

Рассмотрим плотностной разрез ФГМ типа «Норильская интрузия», составленный из 10 блоков, имеющих форму параллелепипеда с избыточными плотностями $\Delta\sigma$ (рис.1, *б*) [5]. Линейные размеры модели составляют около 5 км в длину (*OY*), около 1 км в ширину (*OX*) и около 1,5 км в глубину (*OZ*). Прямоугольными контурами серого цвета показаны диапазоны вариации координат; белыми штрихами – расчетные реализации гравитационного поля (рис.1, *а*). Полученные контуры реализаций ФГМ (рис.1, *в*) разбросаны относительно центрального положения модели вследствие флуктуаций параметров. Магнитоактивный разрез ФГМ типа «Норильская интрузия» имеет аналогичные координаты и флуктуации угловых точек блоков. Диапазоны вариации физических свойств (графически не показаны) составляли ±10 % от заданных номинальных значений (см. таблицу).

Таблица 1

Избыточные плотности $\Delta\sigma$ и намагниченности *J* блоков модели

Номер блока	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$\Delta\sigma$, г/см^3	0,19	1,54	0,1	0,1	0,1	0,1	0,03	0,08	-0,04	-0,04
J, А/м	350	3000	0	0	0	0	250	250	250	250

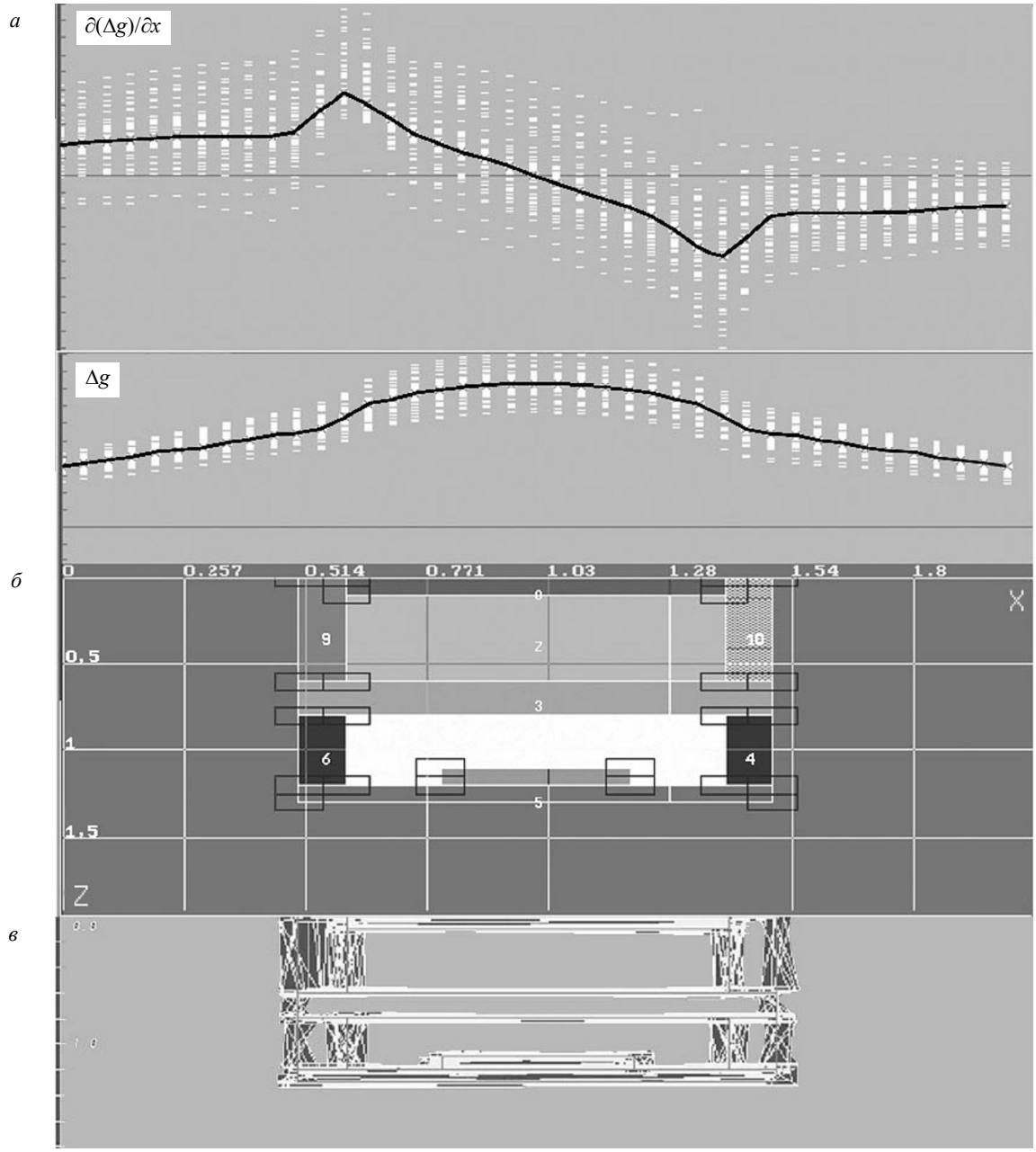


Рис.1. Пример статистической физико-геологической модели

Построенные обучающие выборки и апробируемые планшеты значений потенциальных полей были использованы в компью–терной технологии MultAlt при построении решающих правил, базовых файлов вероятностей и результирующих карт [3].

Карты вероятностей прогноза объекта типа «Норильская интрузия» на фоне вмещающей среды (рис.2) построены с помощью двух различных статистических алгоритмов комплексирования MulDec (рис.2, *а*) и MulCor (рис.2, *б*). Комплекс состоял из двух потенциальных полей Δg и ΔT. Сопоставление карт свидетельствует о достаточно надежном выделении серии участков. Часть из них приурочена к медно-никелевым месторождениям, входящим в состав Талнахского рудного узла. Другая часть выделяется в западной и северо-западной части района впервые.

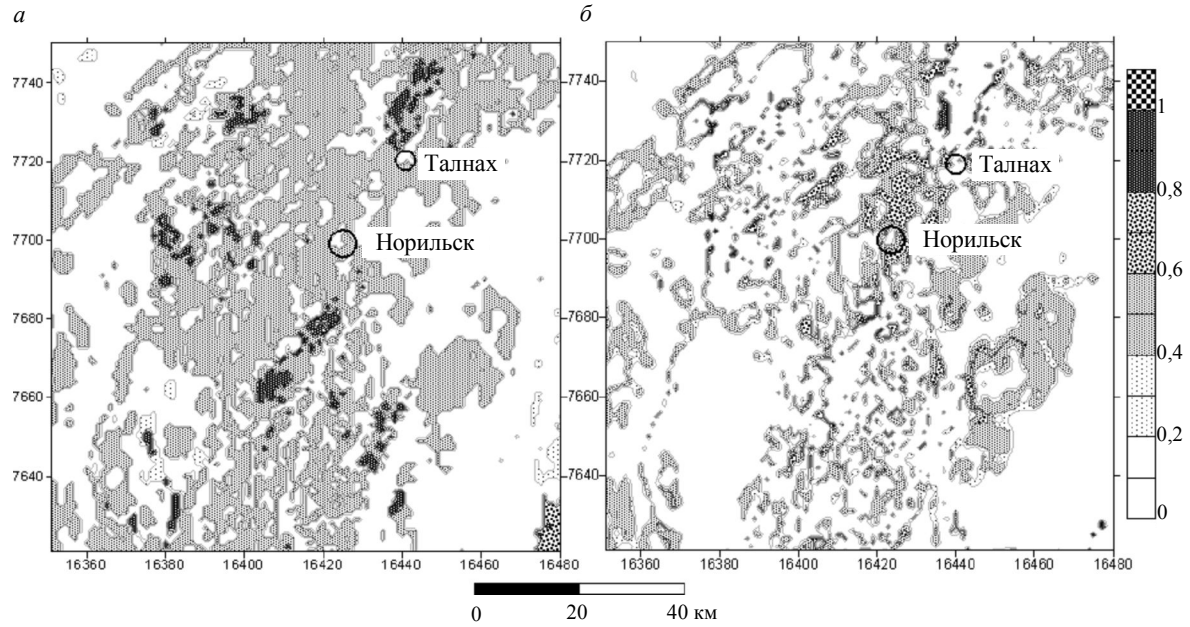


Рис.2. Сопоставление карт вероятностей прогноза объекта типа «Норильская интрузия»

Малое число признаков, использованных в приведенном примере, может обусловить появление эквивалентных проявлений объектов, не связанных с целевой альтернативой прогноза (интрузией). Наиболее эффективным методом снижения эквивалентности является добавление новых информативных признаков. В дальнейшем необходимо изучить вопросы устойчивости статистических решений в зависимости от диапазонов флуктуации параметров модели. Развитие методики может стать основой для создания автоматизированного компьютерного банка эталонов ФГМ. Наличие такого банка представляется чрезвычайно полезным при постановке и решении задач геофизического прогноза на всех стадиях комплексной геолого-геофизической интерпретации.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Гольцман Ф.М.* Физический эксперимент и статистические выводы. Л.: Изд-во ЛГУ, 1982. 191 с.

2. *Гольцман Ф.М.* Интерактивная интерпретация гравитационных и магнитных полей в условиях априорной неопределенности / Ф.М.Гольцман, Т.Б.Калинина // Известия АН СССР. Физика Земли. 1991. № 12. С.84-93.

3. *Гольцман Ф.М.* Компьютерная технология MultAlt многоальтернативной классификации и прогноза по комплексу геоданных / Ф.М.Гольцман, Д.Ф.Калинин, Т.Б.Калинина // Российский геофизический журнал. 2000. № 17-18. С.64-70.

4. Многоальтернативный прогноз рудоносных структур Карелии по комплексу признаков с использованием компьютерной технологии MultAlt / Л.А.Богданов, Д.Ф.Калинин, Т.Б.Калинина, А.С.Нахабцев // Геофизика. 2001. № 5. С.64-69.

5. *Семин Ю.А.* Геофизические характеристики медно-никелевых месторождений, связанных с траповыми интрузиями. Обзор / ВНИИ экономики минерального сырья и геолого-разведочных работ (ВИЭМС). М., 1990. 48 с.