

Введение

Понятие контактной задачи возникло в гравиметрии [1]. Под этим термином понимают задачу, в которой предполагается известными свойства слоев (плотности в гравиметрии, намагниченности или магнитные восприимчивости в магнитометрии) и необходимо подобрать границы слоев, создающие модель, поле от которой было бы наиболее близким к заданному. В том случае, когда магнитное поле измерено на разных высотах, это создает дополнительные ограничения для модели, то есть сужает область неединственности.

Контактная задача является более трудной, так как является нелинейной. В технологии ADM-3D она решается через систему линейных уравнений, коэффициенты которых определяются численно на каждом шаге уточнения. Само решение осуществляется адаптивным методом [2,3].

Задача с выделением кимберлитовых трубок иногда оказывается сложной [5,6] из-за того, что аномалии, создаваемые объектами, как правило, невелики (десятки нанотесла), а помехи магнитного поля, вызванные перекрывающей толщей, неоднородной по мощности и магнитной восприимчивости, иногда значительно превышают уровень полезного поля. На результаты съемок накладывается и влияние рельефа, и уровней съемки. Поэтому логично для выделения подобных объектов использовать новые технологии решения обратных задач по данным, полученным на разных уровнях. Первый опыт применения технологии ADM-3D для решения поставленной задачи приводится в работе [4], а в данной статье основное внимание уделяется решению контактной задачи.

Рельеф и магнитные поля

Объект, взятый для исследования, находится в южном полушарии, вблизи экватора. Это требует учета как бокового, так и обратного вертикального намагничивания.

Для решения задачи были использованы данные трехуровневой магнитной съемки. Уровни располагались в 0,5; 3 и 70 м от поверхности рельефа (рис.1 а,б). Рельеф меняется в пределах от 830 до 900 м (рис.1с).

Магнитные поля меняются в довольно больших пределах: от –665 до 862 нТл на 1-м уровне, от –1275 до 872 нТл на 2-м и от 114 до 223 на 3-ем. На третьем уровне наиболее интенсивной является аномалия, расположенная в северной части участка. Южнее ее расположен алмазоносный объект, вскрытый большим числом скважин. Крайние 4 скважины, вскрывающие объект, показаны на рисунках. На 1-м и 2-м уровнях, кроме этой аномалии, видны и другие, более интенсивные положительные и отрицательные аномалии.

Решение контактной и обратной задач

Примем 4-слойную модель с магнитными восприимчивостями 0, 100, 400, $0 \cdot 10^{-5}$ ед.СИ. Первоначальные мощности слоев примем равными 20, 40, 80 и 400 м. Положения границ повторяют форму рельефа. Погрешности положения границ примем равными 200 м на каждой уточняемой границе (2, 3 и 4). Границы 1 и 5 не уточняются. Погрешности исходных полей по 50 нТл на каждом уровне.

Уточняя границы на 3 итерациях в течение 3 мин. получим следующие невязки в зависимости от уровней и итераций:

Уровень\Итерация	1	2	3
1	41	35	29
2	94	76	62
3	17	11	13

На рис.1д видим изображение рельефа подошвы слоя с $\kappa=400$. (В докладе показывается рельеф всех трех уточняемых границ.) На ней условно выделено 9 аномалий. Аномалия №1 соответствует массиву кимберлита, подтвержденному бурением. Южнее находится менее выраженная аномалия №2. Они находятся в субмеридиональной зоне повышенной мощности слоя 3. В юго-западной части участка видим две аномалии 3 и

4, образующие субширотное направление. На пересечении аномальных зон выделяется слабо выраженная аномалия 5. Северо-восточнее от нее видим интенсивную аномалию 6. Кроме аномалий, характеризующих погружение нижней границы, существуют аномалии, где мощность слоя 3 равна 0, или близка к 0. Такими являются аномалии №7,8 и 9. Возможно, такие аномалии можно интерпретировать как трубки взрыва или вулканические трубки извержения кислых лав более позднего периода. В докладе приведен более детальный анализ трехмерной модели. В сокращенном варианте рассмотрим широтный разрез, проходящий через скважины и аномалию №1. На рис.2b в центре видим утолщение намагниченного слоя, а в правой части — уменьшение его мощности. Как видно, в области аномалии №1 (рис.2с) модельные графики идут значительно ниже. При данном распределении магнитной восприимчивости подобрать модель, удовлетворяющую реальным данным, не удастся. Попробуем уточнить свойства слоев, решая обратную задачу. Погрешности магнитной восприимчивости примем равными 100, а погрешности полей 50 и 10 для 1 и 3 уровня. Уровень 2 из решения обратной задачи исключим, так как совместно два близких уровня мало дополняют друг друга, но сильно влияют на сходимость, которую оцениваем по величине невязок.

При заданных условиях получим следующие невязки:

Уровень/Итерация	1	2	3
Уровень 1	32	30	30
Уровень 3	11	13	13

Анализируя невязки и процесс уточнения модели, приходим к выводу, что модель практически не меняется после первой итерации. Подобное поведение невязок объясняется погрешностями в данных.

Результат уточнения детально приводится в докладе, а здесь видим его только на том же широтном профиле. В области «раздутия» намагниченного слоя магнитная восприимчивость увеличилась до $500 \cdot 10^{-5}$ ед.СИ. На некоторых участках верхнего слоя к уменьшилась до $-100 \cdot 10^{-5}$ ед.СИ. Отличия исходных и модельных графиков значительно уменьшились (рис.2е).

Заключение

Используя возможности технологии ADM-3D, решая контактную и обратную задачи, получаем модель 3D, наилучшим образом соответствующую исходным данным и представлениям геофизиков и геологов о возможной модели изучаемого участка.

Литература

- [1] Гравиразведка: Справочник геофизика. М., Недра, 1990.
- [2] Кочнев В.А., 1993. Адаптивные методы решения обратных задач геофизики. - ВЦ СО РАН, Красноярск, учебное пособие.
- [3] Кочнев В.А., Гоз И.В., 2006. Нераскрытые возможности магнитометрии. - Геофизика, №6, с.51-55
- [4] Кочнев В.А., Муравьев Л.А., Гоз И.В., Перейра А. Опыт решения обратных задач магнитометрии по многоуровневым наблюдениям на кимберлитовом объекте. IV научные чтения им. Ю.П.Булашевича. Екатеринбург, 2-6 июля 2007 г. с.86-88
- [5] Бабаянц П.С., Иванова М.А. Технология интерпретации данных детальной аэромагнитной съемки при поисках месторождений алмазов. Межд.сем.им.Д.Г.Успенского «Вопросы теории и практики геологической интерпретации гравитационных, магнитных и электрических полей.», Москва, 29 января-3 февраля 2007 г.
- [6] Мухаметшин А.М., Виноградов В.Б. Магниторазведка. Екатеринбург, 2003.

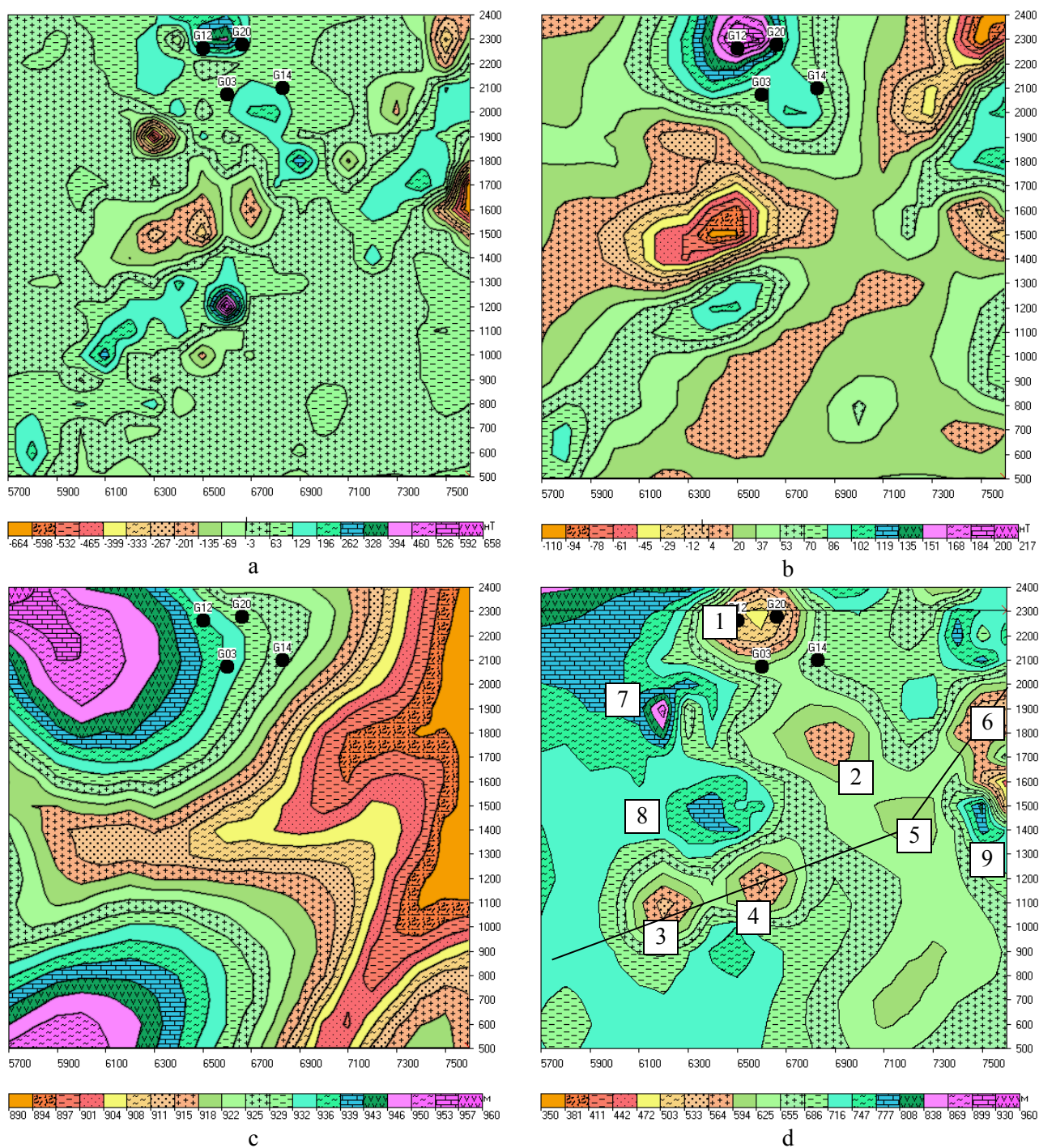


Рис.1 а) поле на уровне 0.5 м от рельефа; б) поле на уровне 70 м от рельефа; в) рельеф поверхности; д) рельеф 4-го слоя после решения контактной задачи

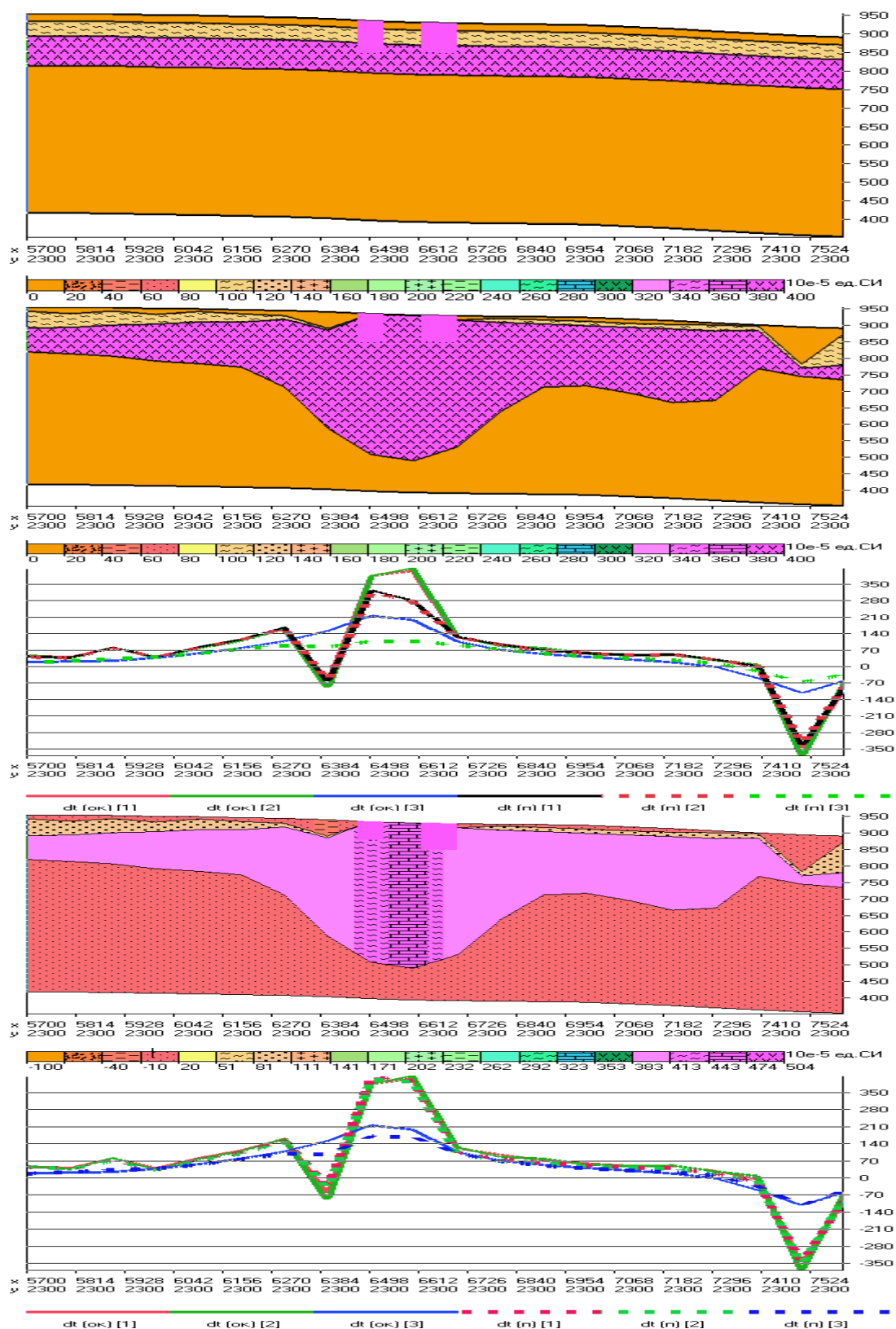


Рис.2 а) Априорная модель; б) модель после решения контактной задачи, в) исходный и подобранные графики dt после контактной задачи; д) модель после решения обратной задачи; е) исходный и подобранные графики dt после обратной задачи;