

ЭКСПЕРИМЕНТ ПО УТОЧНЕНИЮ ОДНОРОДНО НАМАГНИЧЕННОГО 6-СЛОЙНОГО ШАРА ПО МАГНИТНОМУ ПОЛЮ ЗЕМЛИ

Кочнев В.А.¹, Гоз И.В.¹

¹ — *Институт вычислительного моделирования СО РАН, г. Красноярск*
kochnev@icm.krasn.ru

Условия эксперимента

Модель шара включает 6 слоев. Первые три слоя моделируют северное полушарие, остальные – южное. Радиусы границ слоев – 6400, 6000 и 3200 км. Каждый слой аппроксимируется прямоугольными призмами с горизонтальными размерами 400х400 км. Высота призмы определяется вертикальной толщиной слоя в центре призмы. Таким образом, центральные призмы слоев имеют высоту 400, 2800 и 3200 м. За пределами сферы их мощности приняты равными 0.01 км. Принята декартова система координат с началом в центре шара (рис.1а). Положительные направления по оси Z-к северному полюсу, ось X пересекает поверхность шара в точке 90° восточной долготы, ось Y – в точке 180°. Сама модель в плане имеет размерность 31х31, с учетом боковых блоков – 35х35х6 блоков. Намагниченность всех блоков принята равной 7440 нТл. Точки расчета магнитного поля находятся на центральной оси блоков на заданной высоте от поверхности шара. Всего поверхностей расчета поля принято 2. Одна над северным полушарием, другая – над южным. На рис.1б видим модельное поле, рассчитанное от однородного шара. Как видно, минимальные значения имеем в диагональной части модели, а максимальные – на полюсах. Пределы изменения от 10000 до 60000 нТл. Естественно, абсолютные значения магнитных полей в северном и южном полушарии одинаковы.

Магнитное поле, рассчитанное в этих же точках по модели WMM-2005 (эпоха 2000 г) [3], видим на рис. 1в и 1г. На рисунке нанесены примерные положения городов мира: Лондон (LON), Екатеринбург (EKT), Красноярск (KRS), Токио (ТОК), Оттава (OTW), Канберра (CNB), Пуэрто-Аренас (PAR). Как видно, оба поля являются асимметричными и меняются в пределах от 8000 до 61000 нТл. В поле северного полушария выделяются два максимума. Условно назовем их «якутский» (на рисунке – справа) и «канадский» (слева). Поле южного полушария имеет сильный максимум («австралийский») и четко выраженный минимум («южноамериканский»).

Обратная задача

Обратную задачу будем решать с использованием пакета ADM-3D [1] при следующих условиях. Начальная намагниченность во всех блоках вертикальная и равна 7440 нТл. Погрешность начального приближения примем равными 100 для 1 и 6 слоев, 200 для 2 и 5 и 300 для слоев ядра. Погрешность исходных данных примем равными 1000 нТл. Время счета составило 12 мин. Ниже приведены невязки после каждой итерации.

	1 итерация	2 итерация
Северный	4514	1532
Южный	7343	2276

Как видно, процесс уточнения сходится. Наибольшие разности между исходным и модельным полем имеем в области экваторов, но они занимают узкое пространство. В основном же они колеблются в пределах –1000; +1000 нТл.

В результате получена трехмерная модель намагниченности шара. Это дает возможность

рассмотреть модель в большом количестве сечений. Рассмотрим распределение намагниченности в верхнем слое (рис.1д,е). В северном полушарии отчетливо выделяется аномалия пониженной намагниченности, проходящая через полюс и вытянутая вдоль нулевого меридиана. В западной и восточной части ближе к экватору выделяются максимумы, достигающие 10000 нТл. Распределение намагниченности в слое 1 симметрично относительно нулевого меридиана. Минимум намагниченности близок к 6000 и максимум к 13000 нТл.

Распределение намагниченности в слое 6 (поверхность южного полушария) является асимметричным. Четко выделяется положительная и отрицательная аномалия. Изменение свойств идет в положительном направлении. Напряженности изменяются от -137 до 14000 нТл.

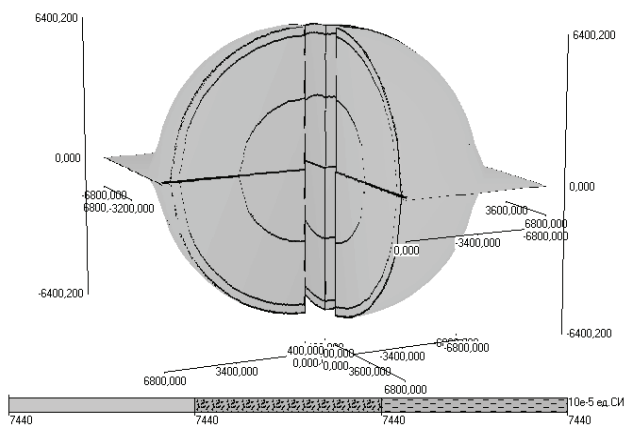
На разрезах модели, проходящих по поперечному и диагональному сечениям видим симметричную модель в северном полушарии и асимметричную в южном, что и подтверждается графиками магнитного поля (рис.2в,г). Исходные и подобранные кривые практически точно совпадают и отличаются только в краевых частях, что видно по графикам разности этих полей. На рис.2д,е видим трехмерные модели намагниченности шара. В докладе приводятся результаты, полученные по более детальной модели.

Выводы

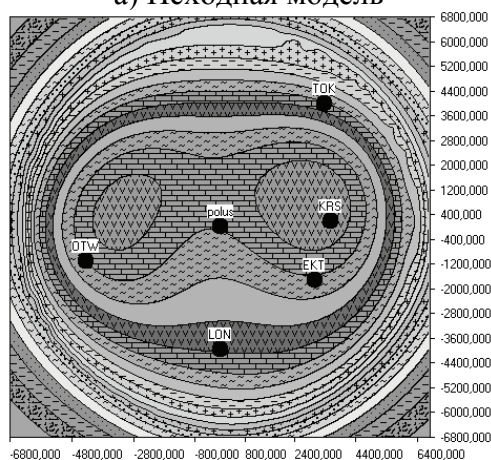
1. Получена 6-слойная модель намагниченности шара, дающая магнитное поле, близкое к модели нормального поля Земли. Намагниченности меняются от -100 до 13700 нТл, то есть в пределах реально известных по измерениям свойств горных пород.
2. Аномалии намагниченности верхнего слоя смещены в сторону экватора. Это вызвано, в частности, тем, что в полюсных частях слой близок к пласту, в котором аномалии стремятся к нулю или слабо выражены. В экваториальных областях они близки к вертикальным объектам и, соответственно, дают большие аномалии. Изменение намагниченности в этих участках модели приведет к сильному изменению магнитного поля всего шара, в том числе и на полюсах.

Литература:

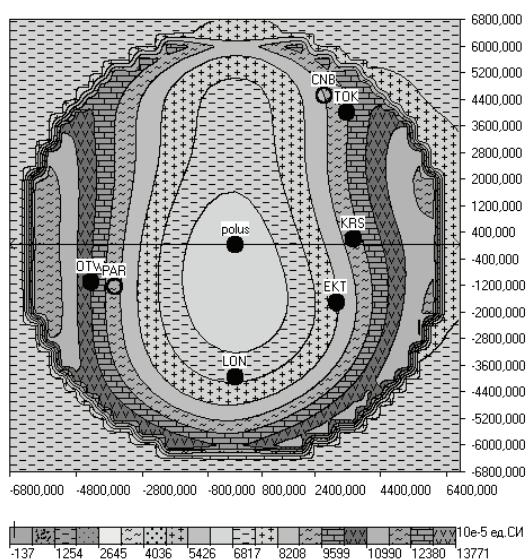
1. Кочнев В.А., Гоз И.В., 2006. Нераскрытые возможности магнитометрии. Геофизика, №6, с.51-55
2. Яновский Б.М. , 1978. Земной магнетизм. Изд. Ленинградского университета., 526 с.
3. The World Magnetic Model, 2005. <http://www.ngdc.noaa.gov/seg/WMM/DoDWMM.shtml>



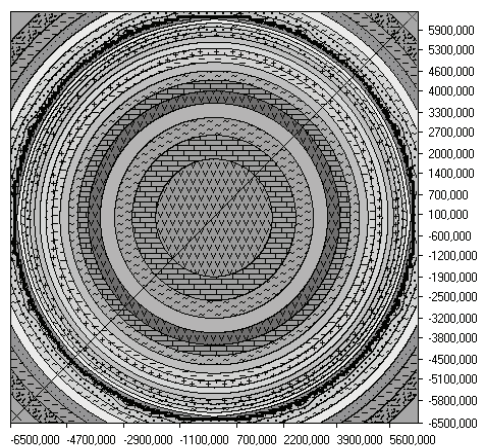
а) Исходная модель



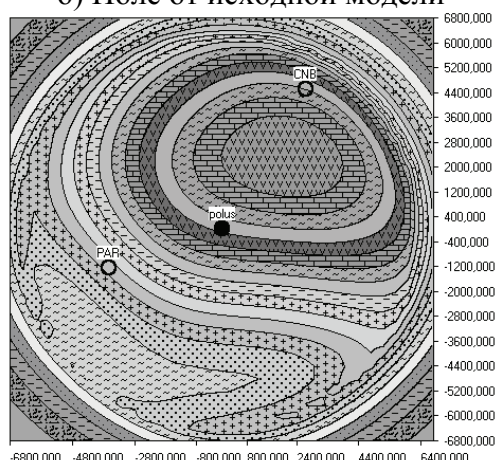
в) Интенсивность магнитного поля в северном полушарии (модель WMM, эпоха 2000 г)



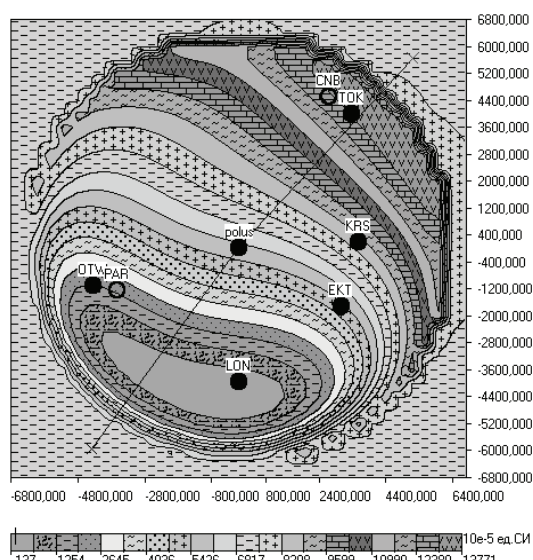
д) Намагниченность верхнего слоя северного полушария



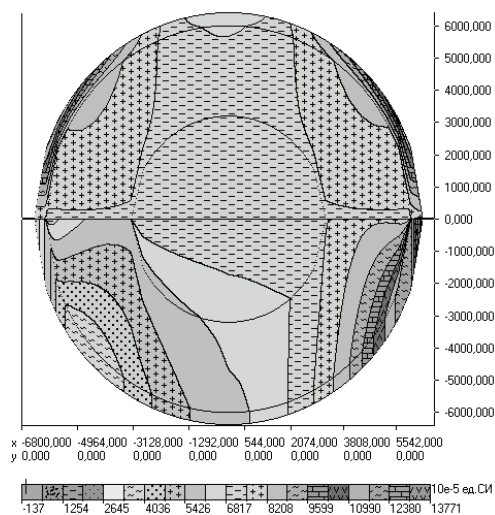
б) Поле от исходной модели



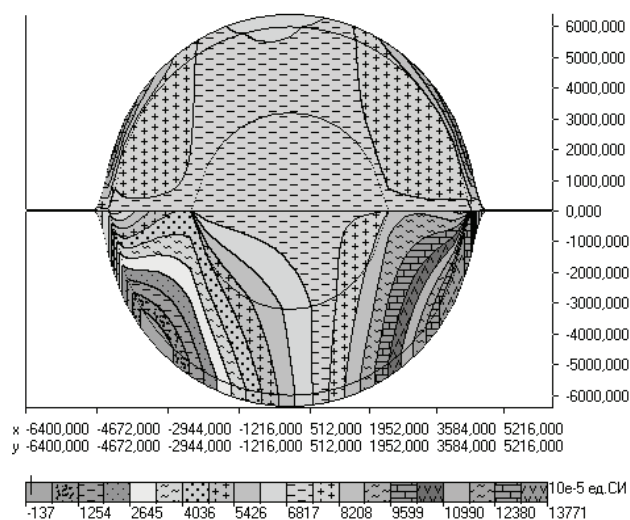
г) Интенсивность магнитного поля в южном полушарии (модель WMM, эпоха 2000 г)



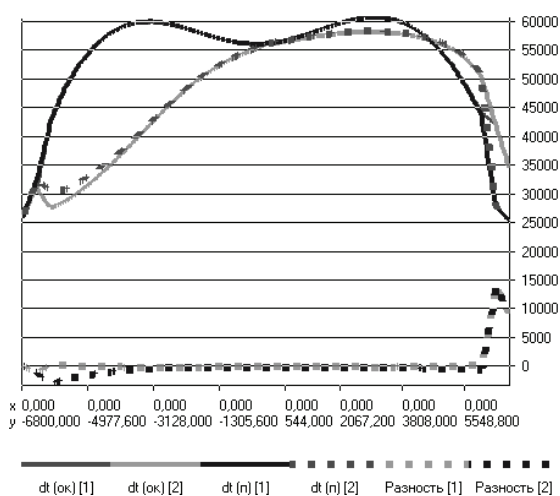
е) Намагниченность верхнего слоя южного полушария



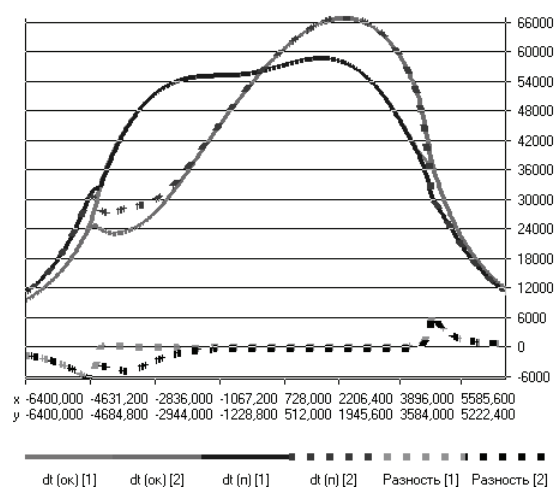
а) Разрез по поперечному сечению



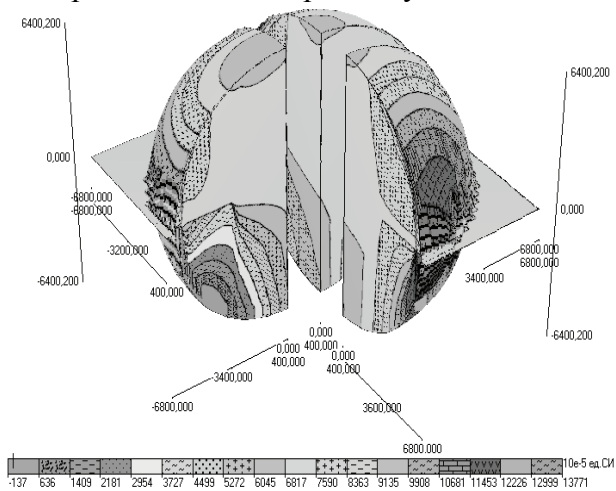
б) Разрез по диагональному сечению



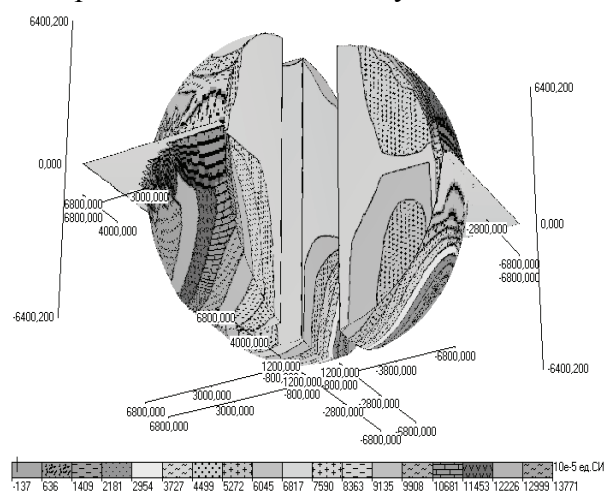
в) Графики исходные, модельные и их разность по поперечному сечению



г) Графики по исходные, модельные и их разность диагональному сечению



д) Трехмерная модель намагниченности, вид на северный полюс



е) Трехмерная модель, вид на южный полюс