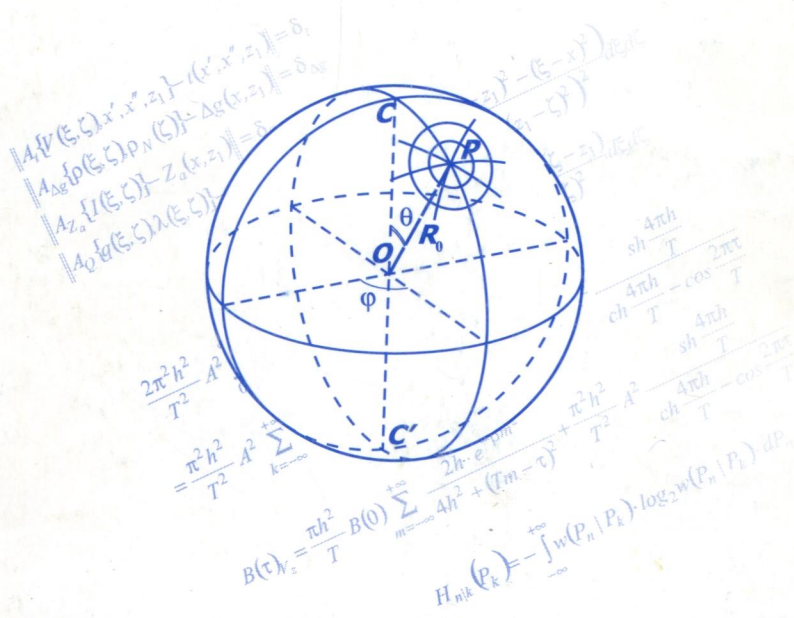


В.Н. Глазнев

**КОМПЛЕКСНЫЕ
 ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ
 ЛИТОСФЕРЫ ФЕННОСКАНДИИ**



Российская Академия наук
Геологический институт Кольского научного центра РАН
Российский фонд фундаментальных исследований
РФФИ

В.Н. Глазнев

Комплексные геофизические модели литосферы Фенноскандии

Апатиты
2003

УДК 550.83+550.31(924.14/16.)

БК 26.3

Г 52

ISBN 5-902643-01-5

Глазнев В.Н.

Комплексные геофизические модели литосферы Фенноскандии. Апатиты.
ЗАО «КазМ». – 2003. – 252 с.

В монографии рассмотрено построение трехмерной комплексной геофизической модели литосферы Фенноскандии. Дано описание методологии и математических принципов комплексной интерпретации. При построении физических моделей среды использованы материалы сейсмических исследований, гравитационное поле, региональное магнитное поле и данные о поверхностном тепловом потоке. В результате комплексной инверсии всех этих данных были рассчитаны 3-D модели распределения теплогенерации, температуры, плотности и намагниченности в литосфере региона, а так же ряд частных моделей земной коры отдельных областей региона. Результаты геофизического моделирования сопоставлены с региональными геологическими данными.

Для геофизиков, геологов, и специалистов в области комплексной интерпретации геофизических данных, а также для студентов и аспирантов геофизической специальности.
Табл. 11. Ил. 91. Библиогр. 280.

Рецензенты:

доктор физико-математических наук *А.В. Петров*,

доктор геолого-минералогических наук *Ю.К. Щукин*

Издание осуществлено при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований по проекту № 03-05-78020.

© В.Н. Глазнев, 2003

© Геологический институт КНЦ РАН, 2003

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	7
ГЛАВА 1. ПРИНЦИПЫ КОМПЛЕКСНОЙ ИНТЕРПРЕТАЦИИ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ДАННЫХ ПРИ ИЗУЧЕНИИ СТРОЕНИЯ ЛИТОСФЕРЫ	13
1.1. Общие подходы к комплексной интерпретации геофизических данных	13
1.1.1. Цели и задачи комплексирования геофизических данных	14
1.1.2. Критериально-целевой подход к комплексной интерпретации	16
1.1.3. Принципы согласования параметров комплексной модели	17
1.1.4. О двух постановках в решении комплексной обратной задачи	19
1.2. Комплексная интерпретация при изучении строения литосферы	21
1.2.1. Геофизические методы, используемые для комплексного моделирования строения литосферы	21
1.2.2. Формулировка задачи комплексной интерпретации	23
1.2.3. Схемы алгоритмов комплексного моделирования строения литосферы	30
1.3. Основные проблемные вопросы комплексного моделирования строения литосферы	34
1.3.1. Петрофизические исследования	34
1.3.2. Методы гравиметрии и магнитометрии	36
1.3.3. Геотермические исследования	39
1.3.4. Сейсмические исследования	40
1.3.5. Геодинамические следствия	42
ГЛАВА 2. КРАТКОЕ ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ И ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОРОД БАЛТИЙСКОГО ЩИТА И СОПРЕДЕЛЬНЫХ РЕГИОНОВ	44
2.1. Краткое геологическое описание Балтийского щита и сопредельных регионов	44
2.2. Плотность пород Балтийского щита	49
2.2.1. Региональная схема плотности пород щита и прилегающих территорий	49
2.2.2. Плотность пород северо-восточной части щита	52
2.3. Тепловые свойства пород Балтийского щита	55
2.3.1. Теплопроводность пород	55
2.3.2. Теплогенерация пород	58
2.4. Магнитные свойства пород Балтийского щита	60
2.5. Взаимосвязь физических свойств пород Балтийского щита при нормальных термодинамических условиях	61
2.5.1. Связь между скоростью и плотностью	62
2.5.2. Связь между плотностью и теплогенерацией	63
2.5.3. Связь между плотностью и магнитной восприимчивостью	65
2.6. Зависимость физических свойств пород Балтийского щита от температуры и давления	67
2.6.1. Зависимость скорости и плотности от РТ-условий	68
2.6.2. Зависимость теплопроводности от РТ-условий	71
2.6.3. Зависимость намагниченности от РТ-условий	73
ГЛАВА 3. СТОХАСТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ИСТОЧНИКОВ ПОТЕНЦИАЛЬНЫХ ПОЛЕЙ	75
3.1. Оценка границ применимости стохастического подхода	76
3.2. Общие соотношения для корреляционных функций потенциальных полей	81
3.2.1. Связь корреляционных функций различных составляющих потенциальных полей	81
3.2.2. Стохастические оценки предельной глубины залегания особых точек	82
3.2.3. Уравнения Пуассона в корреляционном представлении	86
3.3. Автокорреляционные функции стохастических моделей источников потенциальных полей	89
3.3.1. Горизонтальный слой со случайным расположением точечных источников	89

3.3.2. Двухмерные блоковые модели континентальной коры.....	93
3.3.3. Двухмерные блоковые модели океанической коры.....	97
3.3.4. Оптимизированный подбор для стохастических моделей источников.....	100
ГЛАВА 4. ПРЯМЫЕ И ОБРАТНЫЕ ЗАДАЧИ ГЕОФИЗИКИ В КОМПЛЕКСНОМ МОДЕЛИРОВАНИИ СТРОЕНИЯ ЛИТОСФЕРЫ	102
4.1. Гравиметрия и магнитометрия.....	103
4.1.1. Двухмерная постановка.....	104
4.1.1.1. Прямые задачи.....	105
4.1.1.2. Обратные задачи.....	106
4.1.2. Трехмерная постановка.....	109
4.1.2.1. Прямые задачи.....	110
4.1.2.2. Обратные задачи.....	115
4.2. Геотермия.....	124
4.2.1. Оценка мантийного теплового потока.....	124
4.2.2. Расчет термических моделей литосферы.....	126
4.2.2.1. Двухмерные задачи.....	126
4.2.2.2. Трехмерные задачи.....	130
4.3. Сейсмометрия.....	134
4.3.1. Априорные данные в сейсмотомографии.....	134
4.3.2. Аппроксимация сейсмических моделей.....	137
4.4. Расчет напряжений в литосфере.....	140
4.4.1. Двухмерные задачи.....	140
4.4.2. Трехмерные задачи.....	142
ГЛАВА 5. ДВУХМЕРНЫЕ КОМПЛЕКСНЫЕ МОДЕЛИ СТРОЕНИЯ ЗЕМНОЙ КОРЫ.....	145
5.1. Геотраверс EU-3.....	146
5.1.1. Комплексная интерпретация.....	146
5.1.2. Геолого-геофизическая модель.....	150
5.2. Профиль «Балтик».....	153
5.2.1. Комплексная интерпретация.....	154
5.2.2. Геолого-геофизическая модель.....	161
5.3. Профиль Никель – Умбозеро.....	163
5.3.1. Комплексная интерпретация.....	164
5.3.2. Геолого-геофизическая модель.....	167
ГЛАВА 6. ТРЕХМЕРНЫЕ КОМПЛЕКСНЫЕ МОДЕЛИ СТРОЕНИЯ ЛИТОСФЕРЫ.....	171
6.1. Строение литосферы Фенноскандии и прилегающих регионов.....	172
6.1.1. Комплексная интерпретация геофизических данных.....	173
6.1.1.1. Сейсмогеологическая модель.....	173
6.1.1.2. Термическая модель.....	175
6.1.1.3. Плотностная модель.....	185
6.1.1.4. Магнитная модель.....	192
6.1.2. Геолого-геофизическая модель.....	197
6.1.2.1. Тектоническое районирование и типизация коры.....	198
6.1.2.2. Возможная природа границы Мохо.....	203
6.1.2.3. Оценка реологии коры.....	206
6.1.2.4. Мощность термической литосферы.....	210
6.2. Строение коры северо-востока Балтийского щита.....	213
6.2.1. Комплексная интерпретация геофизических данных.....	215
6.2.2. Геолого-геофизическая модель.....	222
6.2.3. Геодинамические следствия из плотностной модели коры.....	223
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	225
ЛИТЕРАТУРА.....	235

CONTENTS

INTRODUCTION.....	7
CHAPTER 1. BASIC INTEGRATED INTERPRETATION PRINCIPLES OF THE GEOPHYSICAL DATA FOR STUDING LITOSPHERE STRUCTURE.....	13
1.1. Common approach to integrated interpretation of the geophysical data.....	13
1.1.1. Aims and tasks of the integrated geophysical study.....	14
1.1.2. Criteria-target approach in integrated inversion.....	16
1.1.3. Concordance for the parameters of the combined model.....	17
1.1.4. About two statements in combined inverse task.....	19
1.2. Integrated interpretation in the studying of the lithosphere structure.....	21
1.2.1. Geophysical methods combined modeling of the lithosphere.....	21
1.2.2. Tasks of the integrated interpretation.....	23
1.2.3. Structures of the algorithms for combined modeling of the lithosphere.....	30
1.3. Main problems in the combined modeling of the lithosphere structure.....	34
1.3.1. Petrophysical investigations.....	34
1.3.2. Gravity and magnetic methods.....	36
1.3.3. Geothermal method.....	39
1.3.4. Seismic methods.....	41
1.3.5. Geodynamic sequences.....	42
CHAPTER 2. GEOLOGICAL DESCRIPTION AND PHYSICAL PROPERTIES OF THE BALTIC SHIELD AND ADJACENT AREAS.....	44
2.1. Brief geological description of the Baltic Shield and adjacent areas.....	44
2.2. Density of the Baltic Shield rocks.....	49
2.2.1. Regional sketch of the rocks density for the Baltic Shield and adjacent territories..	49
2.2.2. Rocks density for the north-eastern part of the Baltic Shield.....	52
2.3. Thermal properties of the Baltic Shield rocks.....	55
2.3.1. Heat conductivity.....	55
2.3.2. Heat generation.....	58
2.4. Magnetic properties.....	60
2.5. Relationship between physical properties of the Baltic Shield rocks at normal PT-conditions.....	61
2.5.1. Relationship velocity – density.....	62
2.5.2. Relationship density – heat generation.....	63
2.5.3. Relationship density – magnetic susceptibility.....	65
2.6. Dependencies of the rocks physical properties on PT-conditions.....	67
2.6.1. Dependence of the velocities and density on PT-conditions.....	68
2.6.2. Dependence of the heat conductivity on PT-conditions.....	71
2.6.3. Dependence of the magnetization on PT-conditions.....	73
CHAPTER 3. STOCHASTIC MODELS OF THE POTENTIAL FIELD.....	75
3.1. Boundary estimation for the stochastic approach application.....	76
3.2. Common relationship for correlation function of the potential fields.....	81
3.2.1. Correlation function relationships of a different composition of the potential fields.....	81
3.2.2. Stochastic estimations of the extremely depth for a sources.....	82
3.2.3. Poisson equations in correlation representation.....	86
3.3. Autocorrelation functions of a potential fields dew to stochastic sources.....	89
3.3.1. Horizontal layer with a random distribution of the point sources.....	89
3.3.2. Two-dimensional blocks models of the continental crust.....	93
3.3.3. Two-dimensional blocks models of the oceanic crust.....	97
3.3.4. Optimal choice of a stochastic models.....	100
CHAPTER 4. DIRECT AND INVERSE PROBLEMS IN COMBINED MODELING OF THE LITOSPHERE STRUCTURE.....	102

4.1. Gravity and magnetic	103
4.1.1. Two-dimensional approach	104
4.1.1.1. Direct problem	105
4.1.1.2. Inverse problem	106
4.1.2. Three-dimensional approach	109
4.1.2.1. Direct problem	110
4.1.2.2. Inverse problem	115
4.2. Geothermal	124
4.2.1. Estimation of the mantle heat flow	124
4.2.2. Calculation of a thermal models	126
4.2.2.1. Two-dimensional tasks	126
4.2.2.2. Three-dimensional tasks	130
4.3. Seismic	134
4.3.1. A priory data in seismotomography	134
4.3.2. Approximation of a seismic models	137
4.4. Calculation of a stress fields	140
4.4.1. Two-dimensional tasks	140
4.4.2. Three-dimensional tasks	142
CHAPTER 5. TWO-DIMENSIONAL COMBINED MODELS OF THE BALTIC SHIELD CRUST	145
5.1. Geotransect EU-3	146
5.1.1. Combined interpretation	146
5.1.2. Geophysical and geological models	150
5.2. "Baltic" profile	153
5.2.1. Combined interpretation	154
5.2.2. Geophysical and geological models	161
5.3. Profile Nickel – Umbozero	163
5.3.1. Combined interpretation	164
5.3.2. Geophysical and geological models	167
CHAPTER 6. TWO-DIMENSIONAL COMBINED MODELS OF THE FENNOSCANDIA LITHOSPHERE	171
6.1. Structure of the Fennoscandia lithosphere and adjacent areas	172
6.1.1. Combined interpretation of the geophysical data	173
6.1.1.1. Seismo-geological model	173
6.1.1.2. Thermal model	179
6.1.1.3. Density model	185
6.1.1.4. Magnetic model	192
6.1.2. Geophysical and geological models	197
6.1.2.1. Tectonic setting and crustal types	198
6.1.2.2. Possible origin of the Moho boundary	203
6.1.2.3. Rheology of the crust	206
6.1.2.4. Thickness of the thermal lithosphere	210
6.2. Structure of the crust for the north-eastern Baltic Shield	213
6.2.1. Combined interpretation of the geophysical data	215
6.2.2. Geophysical and geological model	222
6.2.3. Geodynamic sequences from the crustal density model	223
CONCLUSION	229
REFERENCES	235