

**АНАЛИЗ СТРУКТУРЫ ПОЛЯ ГЕОМАГНИТНЫХ ВАРИАЦИЙ
В ПРЕДЕЛАХ ВКМ МЕТОДОМ ГРУППОВОГО УЧЕТА АРГУМЕНТОВ****В. Н. Груздев, О. М. Муравина, А. С. Сапранова***Воронежский государственный университет**Поступила в редакцию 27 февраля 2012 г.*

Аннотация. По данным магнитовариационных исследований в пределах ВКМ и сопряженных структур были определены передаточные функции для 69 пунктов наблюдения, что позволило получить характеристику распределения глубинной электропроводности в пределах данных структур. Авторы используют метод группового учета аргументов, позволяющий генерировать множество вариантов моделей и выбирать из них оптимальную модель. Методом группового учета аргументов было выполнено структурно-идентификационное моделирование и произведен корреляционный анализ компонент геомагнитного поля для различных пунктов наблюдения, направлений поляризации первичного геомагнитного поля и периодов 1800 и 300 с.

Ключевые слова: магнитовариационные исследования, Воронежский кристаллический массив, передаточные функции, глубинная электропроводность, земная кора, сопротивление пород поверхности кристаллического фундамента, суммарная электропроводность осадочного чехла, метод группового учета аргументов, структурно-параметрическое моделирование, численный анализ данных.

Abstract. According to magnetovariation studies within the CMES and associated structures identified transfer functions to 69 sites that allowed for a characterization of the distribution of deep electrical conductivity within the data structures. The authors use of the method of the group account of the argument, allowing to generate set of variants of models of dependences and to choose from them the optimal. Group method of data handling has been structurally-identification modeling and correlation analysis component of the geomagnetic field for various observatories of the geomagnetic field and polarization primary periods of 1800 and 300 s.

Key words: magnetovariation studies, Voronezh crystalline massif, transfer functions, deep electrical conductivity, the Earth's crust, the resistance of the surface rocks of the crystalline basement, total electrical conductivity of sedimentary cover, the Group method of data handling, structure-parametric modeling, numerical analysis of data

Целью данной работы является оценка функциональной зависимости в методе магнитовариационных исследований передаточных функций, несущих информацию о глубинной электропроводности, для пунктов наблюдения расположенных в различных структурно-тектонических зонах, направлений поляризации первичного возбуждающего поля и периодов 1800 и 300 с на основе статистического метода группового учета аргументов.

Для достижения поставленной цели были решены следующие задачи:

– анализ характера пространственного распределения в пределах указанных структур экспериментального геомагнитного поля;

– построение и анализ структурно-параметрических идентификационных моделей, связывающих структуры поля вариаций в базисном пункте наблюдения 60, расположенного в сводовой части ВКМ, с рядовыми пунктами наблюдения для различных направлений поляризации первичного поля и периодов 1800 и 300 с;

– построение и анализ структурно-параметрических идентификационных моделей связи поля вариаций в пункте наблюдения 1, расположенного в пределах Тамбовской геомагнитной аномалии с пунктами наблюдения, расположенными в других структурных зонах, для различных направлений поляризации первичного поля и периодов 1800 и 300 с;

– построение и анализ структурно-параметрических идентификационных моделей H_z -, H_x - и H_y - составляющих геомагнитного поля при северо-

восточной поляризации первичного поля и периодов 1800 и 300 с в зависимости от северного, восточного и северо-западного направлений поляризации первичного поля для тех же периодов по пунктам наблюдения, расположенных в различных структурных зонах ВКМ и сопряженных структур.

Глубинные магнитовариационные исследования были выполнены в 69 точках расположенных неравномерно в пределах ВКМ и сопряженных

структур (рис. 1). Наблюдения геомагнитного поля проводились путем синхронной регистрации компонент поля в одном базисном и нескольких рядовых пунктах. Это позволило для каждой рядовой точки рассчитать матрицу передаточных функций 3×2 , которая связывает поле вариаций H_z -, H_x - и H_y - компонент в рядовом пункте наблюдения с горизонтальными компонентами поля в базисном пункте [1, 2].

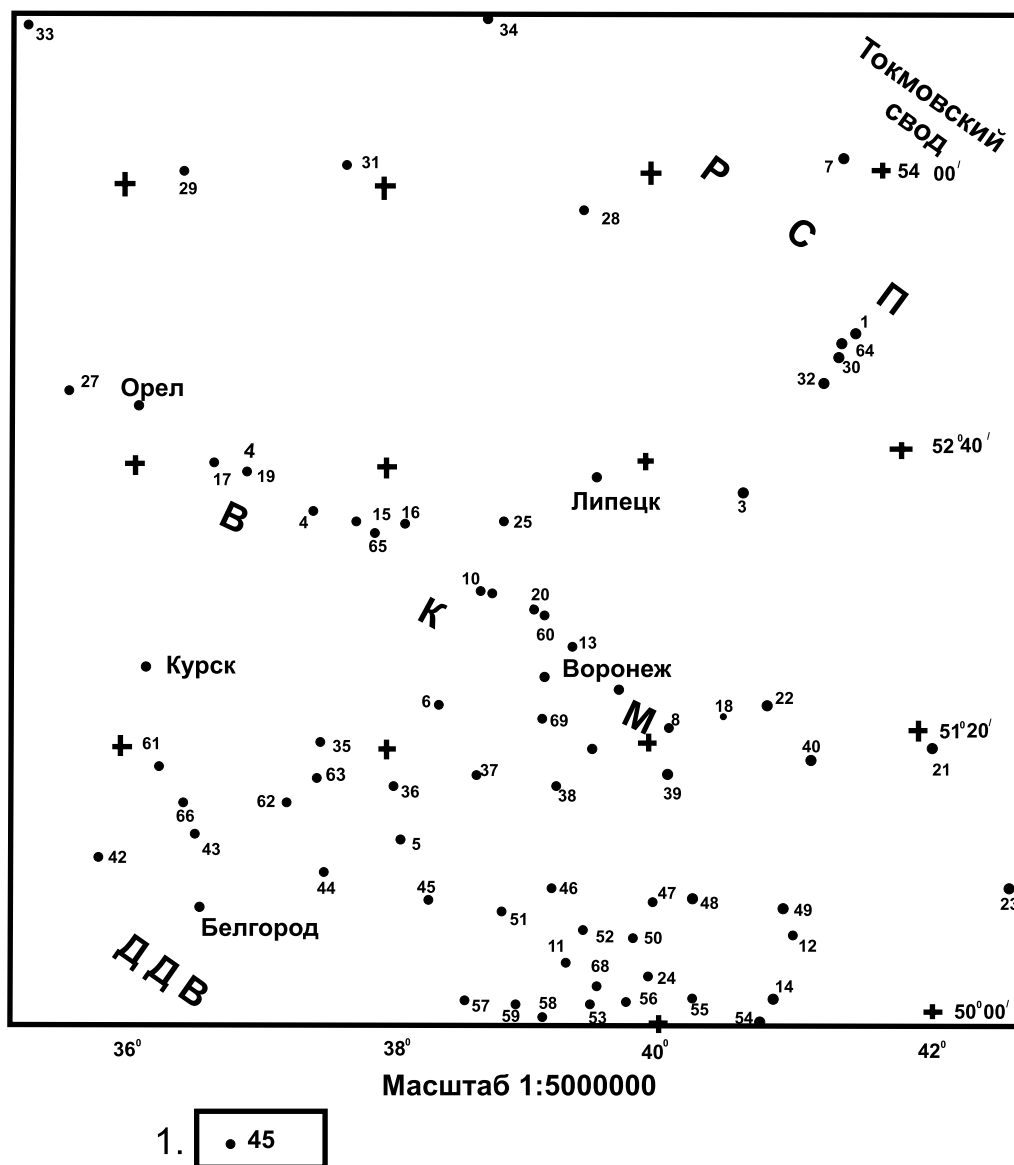


Рис. 1. Схема изученности ВКМ и сопряженных структур магнитовариационными методами. Условные обозначения: 1 – пункт наблюдения геомагнитных вариаций и его номер. Сокращенные обозначения: ВКМ – Воронежский кристаллический массив; РСП – Рязано-Саратовский прогиб; ДДВ – Днепровско-Донецкая впадина

Было установлено, что структура геомагнитного поля в пределах ВКМ и сопряженных структур для периодов 300, 1800 с и различных направлений поляризации первичного возбуждающего поля сильно отличается. Это объясняется неоднороднос-

тью распределения параметра электропроводности в пределах земной коры, а также поверхности кристаллического фундамента [3] и осадочного чехла (использовались данные по суммарной электропроводности S для территории ВКМ [4]).

По характеру поведения передаточных функций и распределения синхронизированных амплитуд компонент поля для различных периодов и направлений поляризации первичного поля на территории ВКМ и сопредельных структур отмечается несколько зон аномального поведения геомагнитного поля.

При северо-восточной поляризации первичного поля для периодов 1800 и 300 с геомагнитное поле имеет наиболее аномальный характер поведения [1, 2, 5]. В пределах мегаблока КМА, за исключением его юго-восточной части, отмечается региональное положительное поле в H_z - и H_x -компонентах. Все остальные крупные структуры ВКМ характеризуются отрицательным полем H_z -компонента, интенсивность которого плавно возрастает по модулю от свода ВКМ в сторону РСП, достигая максимальной величины на сочленении ВКМ и РСП. Амплитуда H_x -компонента постепенно увеличивается в направлении РСП. На фоне регионального изменения поля выделяются локальные аномальные зоны изометрической формы, которые приурочены к зонам разломов различного порядка и сочленениям структурно-тектонических блоков ВКМ.

К северу от г. Тамбова наблюдается крупная аномалия геомагнитных вариаций, получившая название как Тамбовская аномалия [2]. Наиболее четко данная геомагнитная аномалия проявляется на периоде 1800 с. Аномалия имеет квазидвумерный характер простирания в северо-западном направлении на расстояние более 1000 км при ширине до 150 км. Интенсивность аномального поля в горизонтальных компонентах составляет 100 % от уровня нормального поля, а отрицательные значения амплитуды H_z -компонента по величине достигают значений горизонтальных компонент нормального поля. Наиболее четко аномальная зона проявляется при поляризации горизонтального вектора в северо-восточном и северном направлениях. При других поляризациях, особенно отличающихся на 90° , аномальный эффект ослаблен в H_x - и H_y -компонентах, а инверсия в H_z -компоненте полностью отсутствует.

В районе г. Обояни расположена четко выраженная Обоянская аномалия геомагнитных вариаций. Аномалия в плане имеет размеры в поперечнике до 150 км и выделяется по четкой инверсии H_z -компонента и одновременном увеличении амплитуды H_x -компонента на 44 %. В общем плане интенсивность поля в аномальной зоне на 30–40 % превышает нормальный фон [1].

Для создания идентификационных моделей, позволяющих выявить как зоны с сильной корреляцией, так и области нарушения корреляционных связей между характеристиками поля в базисных и рядовых пунктах был использован метод группового учета аргументов (МГУА) [6].

Метод относится к индуктивным методам моделирования и позволяет создавать структурно-параметрические идентификационные модели, выявляющие корреляционные связи между случайными величинами. В процессе моделирования выявляется форма зависимости и определяется набор факторов, оказывающих наиболее существенное влияние на зависимую переменную. Принципиальное отличие МГУА от традиционных методов множественного регрессионного анализа заключается в том, что форма зависимости не задается заранее, а выбирается из множества моделей, генерируемых в процессе вычислительного эксперимента. Генерация математических моделей осуществляется автоматически с использованием специальных комбинаторных или многорядных алгоритмов на основе трансформации опорной функции. В качестве опорной функции может быть использован полином Колмогорова – Габора, ряды Фурье или другие функции, отражающие физическую сущность исследуемого процесса. Оптимальная модель, как в смысле достоверности, так и степени сложности находится по минимальным значениям внешних критериев. Внешние критерии определяются таким образом, чтобы данные, по которым тестируется модель, не участвовали в ее создании. При выборе оптимальной модели можно использовать различные внешние критерии в зависимости от задач моделирования. Принцип самоорганизации, лежащий в основе МГУА, можно сформулировать следующим образом: при постепенном увеличении сложности модели значение внутренних критериев уменьшается, а внешние критерии проходят через свои минимумы, что позволяет определить модель оптимальной сложности. Таким образом, выбор лучшей модели осуществляется автоматически.

Общие положения метода группового учета аргументов изложены в работах [6, 7].

Для численной реализации метода группового учета аргументов использовалась программа, разработанная на кафедре геофизики ВГУ. Программа была успешно опробована при анализе петрофизических данных и при оценке информативности геофизических исследований в скважинах при поисках и изучении кимберлитовых тел [7, 8].

Генерация множества вариантов модели осуществляется с помощью многорядного алгоритма с комбинаторным перебором вариантов [7]. Программа написана на языке Visual Basic for Application (VBA), ввод и вывод данных, а также вызов программы осуществляется в EXCEL.

В качестве опорной функции был использован полином Колмогорова – Габора вида

$$Y = a_0 + a_1 X_1 + a_2 X_2 + a_3 X_1 \cdot X_3$$

Этот полином позволяет методом обнуления коэффициентов получить семь вариантов моделей

Для выбора оптимальной модели могут быть использованы критерии сходимости, регулярности, минимума смещения [6, 7].

Была построена и проанализирована структурно-параметрическая идентификационная модель, связывающая структуру поля вариаций в базисном пункте наблюдения 60, расположенного в сводовой части ВКМ, с рядовыми пунктами наблюдения для различных направлений поляризации первичного поля и периодов 1800 и 300 с. Наиболее оптимальная модель с наилучшим относительным

критерием сходимости (0.0015) получена для пунктов наблюдения 17 и 32 (рис. 2). Аналогичные результаты получены также по п.н. 10, 16, 18, 20, 21, 25, 29, 30, 36, 44. Наибольшая расхожимость для экспериментальных (п.н. 60) и теоретических данных (относительный критерий более 0.0511) характерна для пунктов наблюдения, расположенных в южной части ВКМ в пределах северного сочленения Россошанского массива.

Структурно-параметрическая идентификационная модель поля вариаций в п.н. 1, расположенного в пределах Тамбовской аномалии геомагнитных вариаций (сочленение ВКМ и РСП), наиболее оптимальна (относительный критерий сходимости – 0.0044) для структуры поля по п.н. 4 и 37, расположенных в сводовой части ВКМ, учитывая различные направления поляризации первичного поля и периоды 1800 и 300 с (рис. 3). Аналогичные результаты отмечаются также по п.н. 2, 12, 25, 27, 33, 35, 38, 40, 44, 51. Фиксируется значительная расхожимость для экспериментальных (п.н. 1) и теоретических данных (с критерием 0.0356) для пунктов наблюдения, расположенных также в южной части ВКМ.

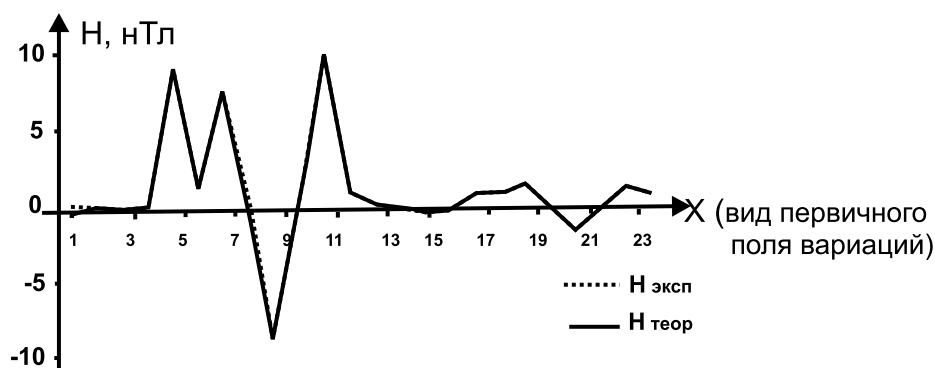


Рис. 2. Структурно-параметрическая идентификационная модель, связывающая структуру поля вариаций в базисном (60) и рядовых (17, 32) пунктах наблюдения для различных составляющих и направлений поляризации первичного поля на периодах 1800 и 300 с

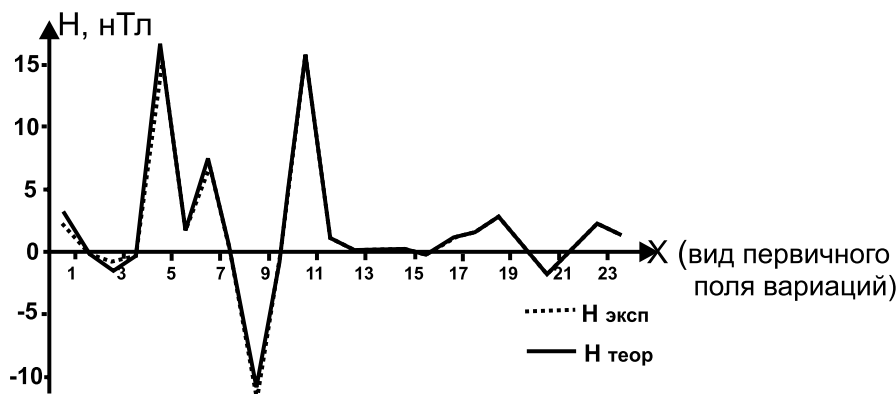


Рис. 3. Структурно-параметрическая идентификационная модель, связывающая структуру поля вариаций в пунктах наблюдения, расположенных в пределах склона (1) и свода ВКМ (4, 37) для различных составляющих и направлений поляризации первичного поля на периодах 1800 и 300 с

Построена структурно-параметрическая идентификационная модель распределения составляющих геомагнитного поля вариаций при северо-восточной поляризации первичного поля для периода 1800 с в зависимости от северного, восточного и северо-западного направлений поляризации первичного поля на периодах 1800 и 300 с по всем рассматриваемым пунктам наблюдения (рис. 4). Наиболее оптимальная связь с наименьшим критерием 0.2257 по H_z -составляющей отмечается с вертикальной составляющей при северной на

$T = 300$ с и восточной на $T = 1800$ с поляризациях первичного поля по всем пунктам наблюдения. По H_x -составляющей поля вариаций практически на всех пунктах наблюдения не наблюдается четкой корреляционной зависимости для различных направлений поляризации поля и периодов. По H_y -составляющей отмечается довольно устойчивая корреляция по всем пунктам наблюдения с H_x -компонентой на $T = 1800$ с северного и H_y -компонентой на $T = 1800$ с восточного направления поляризации первичного поля.

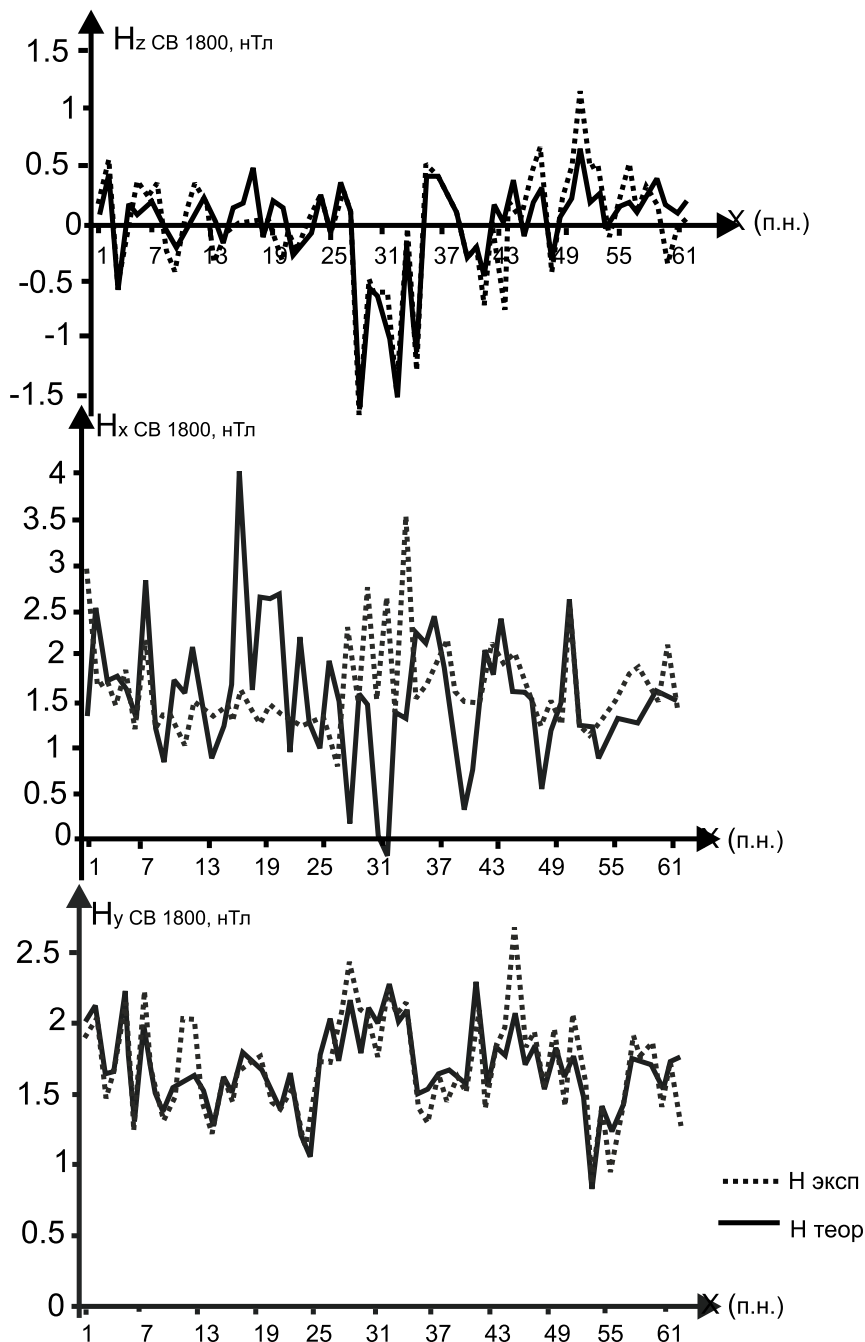


Рис. 4. Структурно-параметрическая идентификационная модель зависимости геомагнитного поля вариаций северо-восточной поляризации на периоде 1800 с от северного, северо-западного и западного направления поляризации поля на периодах 1800 и 300 с для различных пунктов наблюдения

Выполнен анализ структурно-параметрической идентификационной модели распределения составляющих геомагнитного поля при северо-восточной поляризации первичного поля для периода 300 с в зависимости от северного, восточного и северо-западного направлений поляризации первичного поля, для периодов 1800 и 300 с и по всем рассматриваемым пунктам наблюдения (рис. 5). Наиболее оптимальная связь с наименьшим критерием 0.0102 с H_x -составляющей отмечается на $T = 300$ с по

H_x -составляющим при северо-западной и восточной поляризациях первичного поля на всех пунктах наблюдения. С H_y -составляющей с критерием 0.0059 фиксируется довольно устойчивая корреляция на $T = 300$ с по H_y -составляющей при восточной поляризации и на $T = 1800$ с при северо-восточной поляризации первичного поля по всем пунктам наблюдения. По H_z -составляющей поля вариаций четкой корреляционной зависимости не фиксируется.

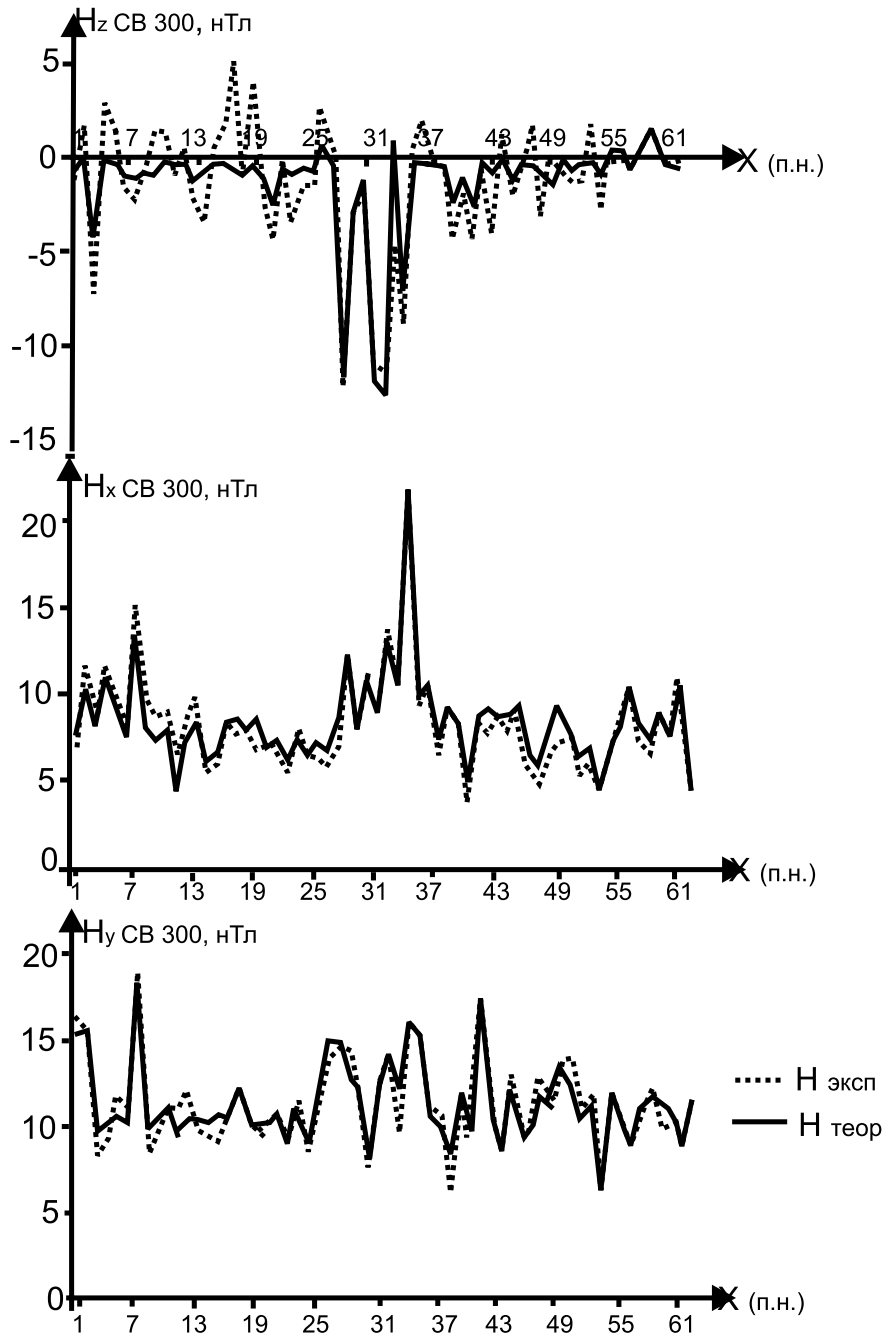


Рис. 5. Структурно-параметрическая идентификационная модель зависимости геомагнитного поля вариаций северо-восточной поляризации на периоде 300 с от северного, северо-западного и западного направления поляризации поля на периодах 1800 и 300 с для различных пунктов наблюдения

На основе построенных моделей можно сделать следующие выводы.

1. Точность расчета передаточных функций, используемых для анализа синхронной структуры поля по всем трем компонентам на пунктах наблюдения в пределах ВКМ и РСП вполне удовлетворительная, несмотря на то, что импульсы вариаций поля выбирались случайно, учитывая весь период наблюдения на конкретном пункте.

2. Наиболее аномальный характер поля вариаций отмечается как на периодах 300 с, так и на периодах 1800 с при северо-восточной, северной и восточной поляризациях первичного поля. Это вполне согласуется с аномальными избыточными токами проводимости в направлении простирания структур ВКМ и РСП.

3. Метод группового учета аргументов геомагнитных вариаций позволяет районировать территорию по характеру распределения параметра электропроводности, выделяя геоблоки различного порядка, различающиеся по составу, структуре и термодинамическим условиям.

Исследования выполнены по гранту РФФИ № 11-05-00110

ЛИТЕРАТУРА

1. Максимов В. М. Обоянская аномалия геомагнитных вариаций и ее взаимосвязь с основными геолого-геофизическими особенностями строения КМА / В. М. Максимов, В. Н. Груздев // Геофизические исследования на КМА. – Воронеж, 1984. – С. 21–29.

*Воронежский государственный университет
В. Н. Груздев, доцент кафедры геофизики, кандидат физико-математических наук
Тел. 8 (473) 230-57-29, 8 (473) 275-48-95
grumerr@rambler.ru*

*О. М. Муравина, доцент кафедры геофизики, кандидат геолого-минералогических наук
Тел. 8 (473) 227-67-89, 8-905-651-11-20
comovo@yandex.ru*

*А.С. Сапранова, студентка 5-го курса геологического факультета
Тел. 8-920-558-94-72
sas_oskol@mail.ru*

2. Груздев В. Н. Геоэлектрическая модель Воронежского кристаллического массива / В. Н. Груздев // Вопросы теории и практики геологической интерпретации гравитационных, магнитных и электрических полей : тез. докл. международной конференции. – Воронеж, 1996. – С. 72–73.

3. Жаворонкин В. И. Структура литосферы Воронежского массива вдоль профиля Брянск – Павловск по данным глубинных электромагнитных исследований / В. И. Жаворонкин, В. Н. Груздев // Вестн. Воронеж. ун-та. Серия: Геология. – 1996. – № 2. – С. 190–194.

4. Рокитянский И. И. Площадные магнитовариационные исследования в центральной части Русской платформы / И. И. Рокитянский [и др.] // Изв. АН СССР. Физика Земли. – 1977. – № 9. – С. 107–112.

5. Надежка Л. И. Результаты глубинных исследований на Воронежском кристаллическом массиве / Л. И. Надежка [и др.] // Вопросы теории и практики геологической интерпретации гравитационных, магнитных и электрических полей : тез. докл. междунар. конференции. – Воронеж, 1996. – С. 117–118.

6. Ивахненко А. Г. Индуктивный метод самоорганизации моделей сложных систем / А. Г. Ивахненко. – Киев : Наук. думка, 1982. – 296 с.

7. Муравина О. М. Возможности метода группового учета аргументов при статистической обработке петрофизических данных / О. М. Муравина // Вестн. Воронеж. гос. ун-та. Серия: Геология. – 2009. – № 2. – С. 150–154.

8. Аузин А. А. Статистический анализ данных каротажа методом группового учета аргументов / А. А. Аузин, О. М. Муравина // Вестн. Воронеж. гос. ун-та. Серия: Геология. – 2010. – № 2. – С. 219–224.

*Voronezh State University
V. N. Gruzdev, Assistant Professor of geophysics, Candidate of Physical and Mathematical Sciences
Tel. 8 (473) 302-57-29, 8 (473) 2-75-48-95.
grumerr@rambler.ru*

*O. M. Muravina, Assistant Professor of geophysics, Candidate of Geological and Mineralogical Sciences
Tel. 8 (473) 227-67-89, 8-905-651-11-20
comovo@yandex.ru*

*A. S. Sapranova, student of the Geological faculty, course 5
Tel. 8-920-558-94-72
sas_oskol@mail.ru*