
ОПЫТ ИНВЕРСИИ ДАННЫХ НОВЫХ МТ/МВ ЗОНДИРОВАНИЙ ПО ПРОФИЛЮ ВЫБОРГ-СУОЯРВИ ЧЕРЕЗ ЛАДОЖСКУЮ АНОМАЛИЮ ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТИ

Таран Я. В.¹, Зайцев С. В.¹, Соколова Е. Ю.^{2,3}, Пушкарев П. Ю.¹

¹*Московский Государственный Университет им. Ломоносова, Москва, Россия*

²*Институт физики Земли РАН, Москва, Россия*

³*Tyumen State University, Tyumen, Russia*

EXPIRIENCE OF INVERSION RESULTS OF NEW SYNCHRONOUS MT/MV DATA ACROSS LAKE LADOGA CONDUCTIVITY ANOMALY

Taran I. V.¹, Zaytsev S. V.¹, Sokolova E. Yu.², Pushkarev P. Yu.¹

¹*Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia*

²*Institute of the Earth Physics RAS, Moscow, Russia*

³*Tyumen State University, Tyumen, Russia*

Abstract

Modern stage of LA investigations has been initiated in 2013 responding to actual demand of the Precambrian studies in solid geophysical constraints for understanding the deep architecture and evolution of the Baltic (Fennoscandian) Shield in this key region, which were still absent. New MT/MV sounding experiment of LADOGA WG has overcome serious restrictions of previous phases of the studies: it is characterized by synchronous scheme of broadband and basic long-period recording and application of advanced data processing and inversion techniques for adequate analyses of noise containing observations. The paper is focused on the methodology and results of Vyborg-Suoyarvi MT/MV data set inversions, extending limits of earlier 1D approaches and proceeding to 2D and 3D analyses.

Введение

Ладожская аномалия (ЛА) электропроводности впервые была обнаруженная более тридцати лет назад методом магнитовариационного (МВ) зондирования расположена на Юго-Востоке Балтийского (Фенноскандинавского) щита на границе архейского Карельского кратона и палеопротерозойского Свекофеннского аккреционного орогена [2]. На основании результатов ранних магнитотеллурических (МТ) исследований 80–90-х годов сотрудниками СПбГУ с помощью одномерной инверсии наименее искаженных МТ кривых была построена квазидвумерная модель ЛА [3]. В связи с ростом возможностей современных синхронных методов зондирования вновь возник интерес к исследованию Ладожской аномалии с целью получения более детальной и надежной модели ЛА, пригодной для геотектонической интерпретации.

Методы исследований

Наблюдения по профилю Выборг-Суоярви, имеющем длину более 200 км, проведены в 2013–2016 годах сотрудниками ООО «Северо-Запад», МГУ, ИФЗ и КрНЦРАН. В процессе полевых работ со станциями Phoenix и LEMI были получены около 44 рядовых и 9 длиннопериодных МТ/МВ зондирований с синхронной записью (рис 1.) [6, 5].

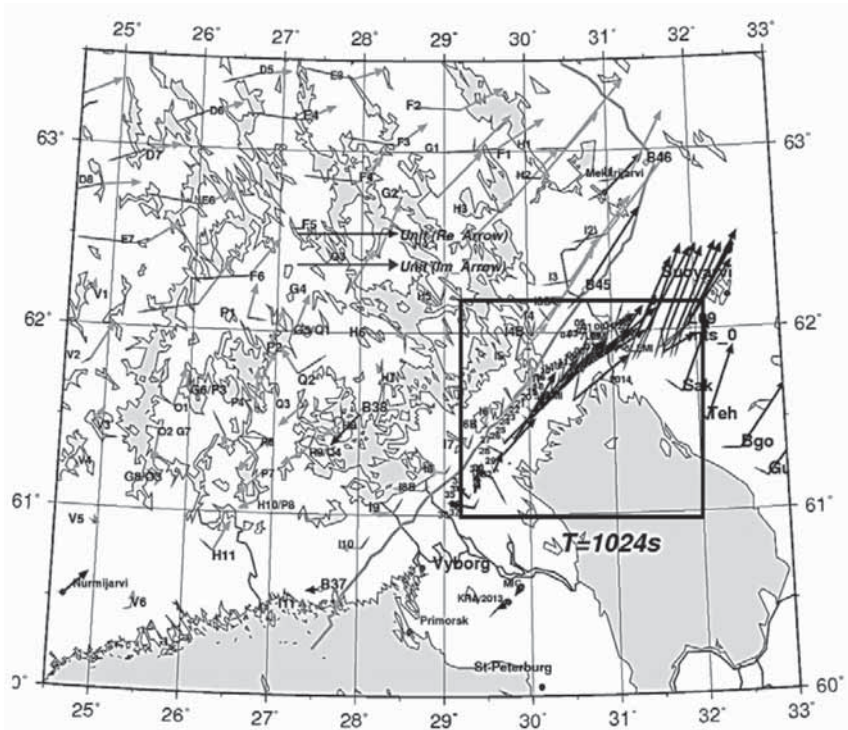


Рис. 1. Расположение профиля Выборг–Суоярви и финских МТ/МВ исследований. Показаны индукционные стрелки для $T=1024$ с (черные – действительные, серые – мнимые, конвенция Визе) по данным [5, 1]. Квадратом выделена область трехмерной инверсии 3DInv

Fig. 1. Location of Viborg–Suoyarvi profile. The induction vectors from [5, 1] are presented in Wiese convention (real – black, grey – imaginary). The square indicates the area of 3D inversion model

Обработка данных осуществляется с помощью современных методов и алгоритмов с использованием записей собственных базовых станций и финских геомагнитных обсерваторий. Несмотря на изобилие промышленных шумов в исследуемой местности передаточные МТ/МВ функции удалось получить в широкой полосе частот. Инвариантный анализ позволил оценить размерность среды, знание которой необходимо для выбора наиболее адекватного подхода к интерпретации, как квазидвумерную с локальными трехмерными неоднородностями [6].

Проведение одномерных инверсий по характерным и малоискаженным амплитудно-фазовым кривым эффективного импеданса дало возможность проверить и уточнить имеющиеся априорные сведения о нормальном разрезе Карельского и Свекофенского блоков, а также получить начальные оценки глубинного распределения сопротивлений на аномальных участках профиля.

Чтобы получить новую модель глубинного геоэлектрического разреза ЛА использовались различные методы 2D инверсии полученных данных, включая сглаживающие инверсии [9] на начальном этапе, а также детальные последовательные и совместные многокомпонентные инверсии в кусочно-непрерывной аппроксимации распределения электропроводности среды, использующие оригинальные процедуры подавления локальных 3D искажений [10]. В докладе тестируются и сравнительно анализируются их разрешающие способности. Примеры результатов подобных инверсий приведены на (рис. 2).

В настоящее время с использованием данных зондирований на профиле Выборг–Суоярви осуществлен первый пилотный запуск программы 3D инверсии ModEM [7] на быстродействующем кластере ИФЗ РАН. Использовались как МТ, так и МВ данные: комплексные тензоры импеданса и реальные и мнимые части типпера на сетке 18 периодов в диапазонах (0.003–1024с) и (0.003–512с), соответственно. Первый опыт 3D инверсии профиля В–С дал результаты хоть и недостаточно разрешенные, но, в целом, разумно соотносящиеся с двумерными (рис. 3). Важным результатом явилось обнаружение расширения области повышенной электропроводности к востоку от ЮЗ оконечности профиля В–С. Готовится следующий, уточняющий, счет по расширенному входному ансамблю, включающему материалы МТ/МВ зондирований, полученные в ходе нынешних и предыдущих исследований области сочленения Карельского и Свекофенского геоблоков российскими [5] и финскими [8] геоэлектриками, с применением откорректированной стратегии сглаживания и взвешивания различных компонент данных.

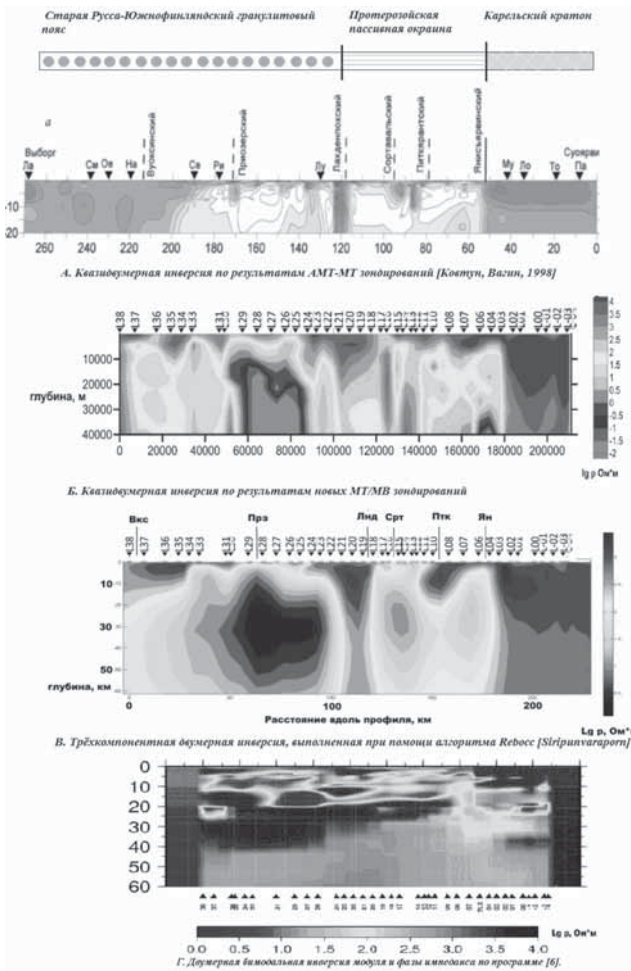


Рис. 2. Сопоставление различных результатов двумерной инверсии АМТ и МТ/МВ данных профиля Выборг–Суоярви. Положение тектонических разломов нанесено в соответствии с [3], тектоническое районирование по [4]

Fig. 2. Geoelectrical cross-sections along Vyborg–Suoyarvi line, obtained as a results of different codes and approaches to profile inversein and application of different inversion tool. The location of the faults is shown according to [3] and tectonic zoning – according to [4].

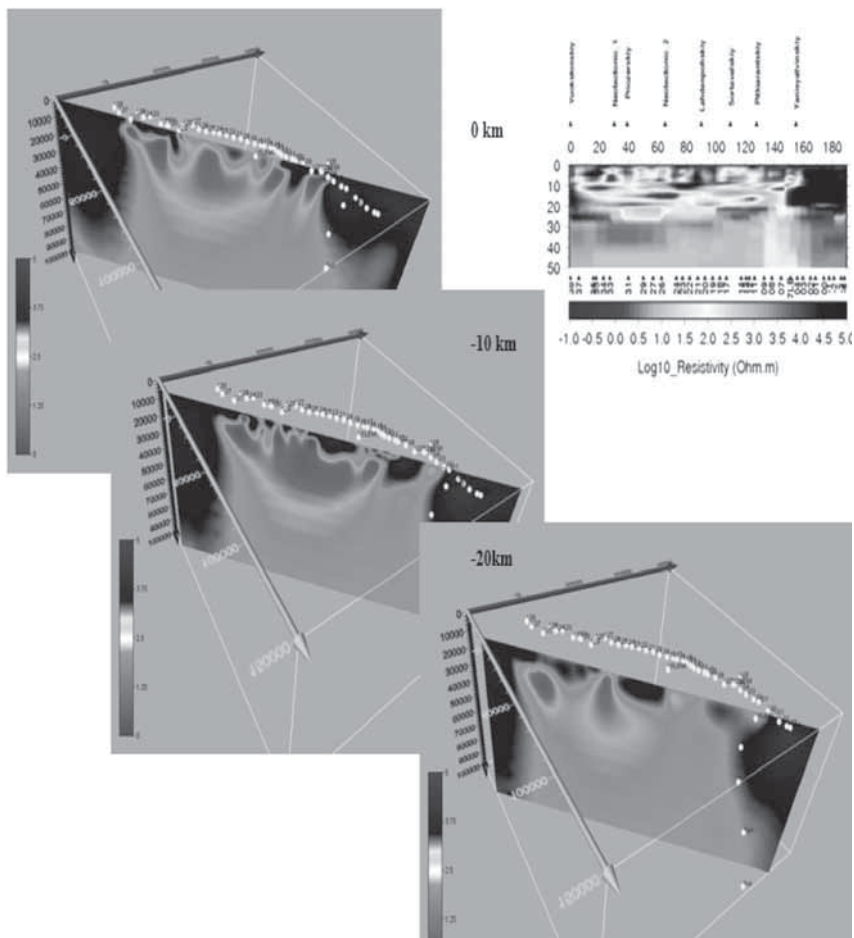


Рис.3. Сопоставление первых результатов трехмерной инверсии [7] ансамбля комплексных тензоров импеданса и реальных и мнимых частей типпера в точках профиля Выборг–Суоярви на сетке 18 периодов в диапазонах (0.003–1024с) и (0.003–512с), соответственно, с результатами двумерной детерминантной инверсии [5, 10]

Fig.3. The comparison of 3D inversion results, obtained with a help of code [7] for data ensemble including full complex tensor Z and Re, Im parts of tipper Wz inn the ranges (0.003–1024) and (0.003–512)s, correspondingly, with 2D determinant inversion [5, 10]

Выводы

Полученная геоэлектрическая модель позволяет сделать выводы, что Ладожская аномалия образована не одним объектом, а сложной композицией проводящих объектов различной структуры. В средне- и нижнекоровых уровнях они, как правило, характеризуются отчетливым юго-западным падением, наиболее вероятно, приуроченные к контактовым зонам с графитосодержащими поверхностями палеопротерозойских образований в процессе их срастания на юго-западной границе Карельского кратона в конце Палеопротерозоя. В верхней части разреза они имеют большую крутизну падения и приурочены к основным разломам, выявленным на поверхности, в том числе неотектоническим, которые ограничивают Ладога-Ботническую тектонической зоной. Особого внимания требуют результаты инверсий на ЮЗ части профиля, для которой есть появились указания на присутствие трехмерных искажений проводящими объектами вне профиля.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, инициативные гранты 13-05-00786, 15-05-01214, 16-05-00543, экспедиционного гранта 14-05-10042, а также ООО «Северо-Запад».

Список литературы

1. Берзин Р. Г. и др. Построение геоэлектрического разреза земной коры по данным МТЗ на участке Тихвин–Молоково профиля 1-ЕВ. Пятые геофизические чтения им. В. В. Федынского. 2003. Москва. GEON. Тезисы. 1с.
2. Глубинное строение и сейсмичность Карельского региона и его обрамления, под ред. Н. В. Шарова, Петрозаводск, Издательство Карельского научного центра РАН, 2004, 352с.
3. Ковтун А. А., Варданыц И. Л., Успенский Н. И. Сопоставление сейсмической и геоэлектрической моделей Ладожско-Ботнической аномальной зоны, СПб, Вопросы геофизики. Выпуск 44, 2011. С. 124–133.
4. Минц М. В. и др. Глубинное строение, эволюция и полезные ископаемые раннедокембрийского фундамента Восточно-Европейской платформы, Москва, ГЕОКАРТ, GEOS, 2010.
5. Соколова Е. Ю. и рабочая группа ЛАДОГА. Эксперимент синхронного профильного МТ/МВ зондирования Ладожской аномалии электропроводности: новые свидетельства о структуре коры юго-востока Балтийского щита. Труды всероссийской конференции с международным участием «Глубинное строение и геодинамика Приладожья». 22–24 мая. 2017. ИГ КарНЦ РАН. Петрозаводск.
6. Соколова Е. Ю., Голубцова Н. С., Ковтун А. А., Куликов В. А., Лозовский И. Н., Пушкарев П. Ю., Рокитянский И. И., Таран Я. В., Яковлев А. Г. Результаты синхронных магнитотеллурических и магнитовариационных зондирований в районе Ладожской аномалии электропроводности. Геофизика, 2016, № 1. С. 48–61.

7. Kelbert A., Meqbel N, Egbert G. D., Tandon K. ModEM: A modular system for inversion of electromagnetic geophysical data. *Computers & Geosciences* 66. 2014. P. 40–53.
8. Pajunpää, K. Conductivity anomalies in the Baltic Shield in Finland. *Geophys. J. R. astr. Soc.*, 1987. 91. P. 657–666.
9. Siripunvaraporn W., Egbert G. An efficient data-subspace inversion method for 2-D magnetotelluric data. *Geophysics*, 2000. V. 65, N 3. P. 791–803.
10. Varentsov Iv. M. Joint robust inversion of magnetotelluric and magnetovariational data. *Electromagnetic sounding of the Earth's interior (Methods in geochemistry and geophysics, 40, Ed. V. V. Spichak)*. Elsevier. 2007. P. 189–222.