

АНАЛИЗ МАГНИТОТЕЛЛУРИЧЕСКИХ ДАННЫХ В ЮЖНОМ ПРИЛАДОЖЬЕ.

Куликов Виктор Александрович¹, Ионичева Анна Павловна¹, Королькова Александра Васильевна¹, Соколова Елена Юрьевна², Пушкарев Павел Юрьевич¹, Яковлев Андрей Георгиевич¹

¹ *Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова*

² *Всероссийский научно-исследовательский геологический нефтяной институт (ВНИГНИ), г. Москва, Россия*

Введение

Ладожская коровая аномалия электропроводности является одной из наиболее изученных коровых аномалий электроразведочными методами на территории России. Большая часть магнитотеллурических (МТ) зондирований была выполнена в Северном Приладожье и на территории Финляндии. Предшественниками были построены комплексные геофизические модели по отдельным профилям, а по МТ-данным проведена 3D-инверсия.

Южная часть Ладожской аномалии изучалась в меньшей степени. Это связано с двумя причинами: а) сильной зашумленностью территории электрифицированными железными дорогами С. Петербург – Мурманск и С. Петербург – Вологда; б) усилением экранирования глубинных структур за счет увеличения мощности и, соответственно, суммарной продольной проводимости (S) осадочного чехла.

Активизация магнитотеллурических работ в Южном Приладожье с 2018 г. связана с деятельностью группы ЛАДОГА, в которую вошли студенты и преподаватели Геологического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова, геоэлектрики Института геологии КарНЦ РАН, ИФЗ РАН и ООО «Северо-Запад».

За период с 2018 по 2021 гг. рабочей группой ЛАДОГА были организованы 4 экспедиции на территории Южного Приладожья, отснято более 80 точек МТЗ (рис. 1), построены и проанализированы карты параметров тензора импеданса. Проведен первый вариант трехмерной инверсии МТ-данных Южного Приладожья.

Методика работ и аппаратура

При проведении магнитотеллурических работ использовалось два вида аппаратуры: низкочастотные станции LEMI-417M (Украина) и магнитотеллурические станции "МЭРИ-ПРО", разработанные в компании ООО "Северо-Запад" (г. Москва) с датчиками магнитного поля IMS-010 (ООО «Вега», г. Санкт-Петербург). Станции LEMI-417M использовались только на начальной стадии работ в Южном Приладожье, в 2016-18 гг. Основным объемом измерений был выполнен со станциями «МЭРИ-ПРО».

Съемка пятикомпонентная. Приемные линии MN=80м и индукционные датчики ориентировались на магнитные север (X) и восток (Y). Наблюдения на рядовых точках проводились несколькими станциями одновременно. Во время экспедиций 2019 и 2021 гг. параллельно велась запись на базовой станции В 2019 году базовая станция располагалась в центре профиля работ, в районе п. Алёховщина. В 2021 году базовая станция располагалась в п. Александровка Калужской области на базе Геологического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова. Длина записи в зависимости от методики работ изменялась от 5 часов до суток. Самые короткие записи проводились во время зимних работ 2019 года, так как по техническим причинам не было возможности оставлять станции на ночь, и запись производилась исключительно в дневные часы.

Обработка сигнала осуществлялась с помощью новой программы EPI-KIT, разработанной в ООО "Северо-Запад". Применение перекрёстного взвешивания, индивидуальных процедур расчёта весов при оценивании различных передаточных функций, а также использование как электрического, так и магнитного поля удалённой базы при проведении спектрально-статистической обработки МТ-данных позволило эффективно

оценивать полный набор передаточных функций в присутствии значительных электромагнитных шумов.

Для расчета компонент горизонтального магнитного тензора (ГМТ) использовались материалы с магнитной обсерватории Института физики Земли им. О.Ю. Шмидта, расположенной в п. Борок Ярославской области. Данные обсерватории брались из открытых источников.

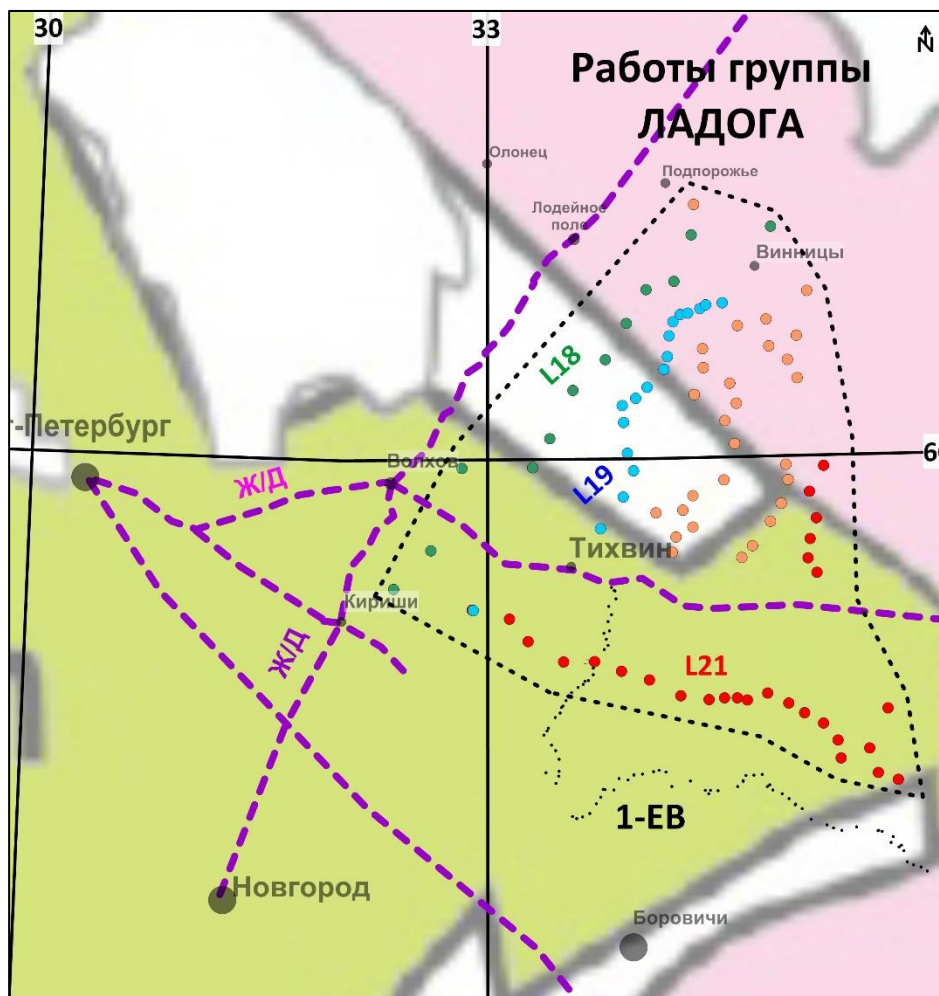


Рис 1. Точки МТЗ, выполненные группой ЛАДОГА в 2018-2021 гг. в Южном Приладожье на фоне тектонической карты Богдановой С.В.

В итоге обработки были получены компоненты магнитотеллурического и магнитовариационного тензоров в диапазоне частот от 1000 Гц до ≈ 0.001 Гц.

Наиболее интенсивные помехи на участке работ связаны с электрифицированными железными дорогами. В районе работ находятся сразу несколько железных дорог постоянного тока, которые являются источниками сильных помех, прежде всего в электрическом поле. Это дороги: Москва-Мурманск, Санкт-Петербург-Кириши, Санкт-Петербург-Вологда (рис. 1).

Качественный анализ данных

Качественный анализ МТ-данных включал в себя расчет и построение карт кажущихся сопротивлений, фаз импеданса, параметров неоднородности и асимметрии, построение амплитудных и фазовых полярных диаграмм, индукционных векторов, компонент ГМТ. При построении карт нами использовались данные МТЗ опорного геофизического профиля 1ЕВ. Измерения на опорном профиле проводились в начале 2000 годов. Это были одни из первых работ на территории России с аппаратурой MTU-5 канадской фирмы «Phoenix Geophysics».

Для того, чтобы согласовать результаты работ группы ЛАДОГА со старыми данными профиля 1ЕВ были проведены повторные измерения на отдельных точках опорного профиля зимой 2021 года.

Карты кажущегося сопротивления для меридиональной (ρ_{xy}) и широтной (ρ_{yx}) компонент приведены на рис. 2. На карты вынесены индукционные вектора для периода 100с. На основе поведения индукционных векторов, в ручном режиме были примерно восстановлены оси проводников, которые показаны пунктирными линиями.

Полученный результат показывает, что в Южном Приладожье мы имеем дело со сложной трехмерной геоэлектрической моделью земной коры, сформированной в результате наложения тектонических элементов разного направления – северо-западного, отвечающего Ладожско-Ботнической зоне, и северо-восточного, отвечающего простирающуюся Южнофинляндского гранулитового пояса (Морозов и др., 2010).

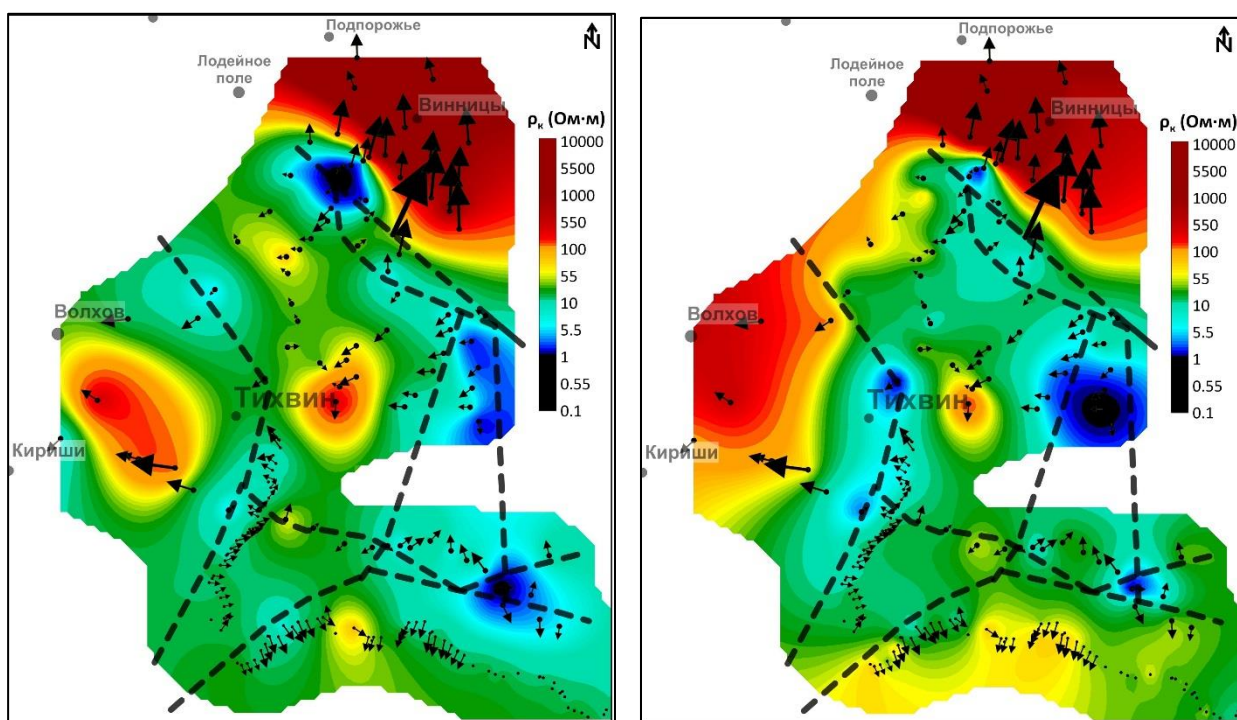


Рис 2. Карты кажущегося сопротивления на периоде 100с. Слева – широтная компонента, справа – меридиональная. Стрелки – реальные индукционные вектора. Пунктирными линиями показаны оси проводников по индукционным векторам.

По версии Богдановой С.В. зона СВ направления от широты г. Великие Луки до Южного Приладожья отвечает палеорифтовой структуре, разделяющей Фенноскандию с палеопротерозойской корой (1.6-1.9 млрд. лет) и архейский блок Волго-Уралии (рис. 1). В результатах магнитотеллурических зондирований данная зона проявляется на профиле L21 в 30 км южнее г. Тихвин в виде области пониженных удельных сопротивлений (1-100 Ом·м) в верхней и средней частях земной коры. Низкие удельные сопротивления связаны с повышенной трещиноватостью и флюидонасыщенностью ослабленного участка литосферы.

Заключение

На ВЕП неопротерозойское время отмечено масштабным развитием процессов континентального рифтогенеза и связанными с ним проявлениями внутриплитного магматизма. В рифейскую эпоху здесь можно выделить, по крайней мере, четыре самостоятельных периода рифтогенеза (Балуев, Моралев, 2001).

Ладожская рифтовая зона входит в состав Ладожско-Ботнической рифтогенной системы. По результатам электроразведочных и сейсморазведочных исследований Северо-Ладожский блок обладает уникальными структурно-вещественными параметрами. По данным МОВЗ этот блок ограничивается падающими навстречу друг другу под углами 60–40° Приозерским и Рускеальским рифтообразующими разломами (Шаров, 2015).

Среднерусская система палеорифтов формировалась в позднем рифее, одно из основных направлений рифтовых систем – СВ (Волыно-Оршанский авлакоген).

В Южном Приладожье происходит наложение разновозрастных палеорифтовых систем, что отражается во всех геофизических полях сложной картиной из комбинации аномалий разной ориентации.

Работы методом МТЗ, проводимые группой ЛАДОГА с 2013 года, изначально были направлены на изучение глубинного строения Ладожско-Ботнической зоны, но, по мере расширения географии работ в Южном Приладожье, мы пересекли нашими профилями шовные зоны СВ направления, проявившиеся на результатах МТЗ и отражающие Среднерусскую систему палеорифтов. Если для построения геоэлектрической модели Ладожской зоны можно было использовать двумерную интерпретацию, то в сложных условиях Южного Приладожья единственным возможным инструментом интерпретации МТ-данных является трехмерная инверсия, учитывающая влияние всех аномалиеобразующих объектов.

Список литературы

Балуев А.С., Моралев В.М. Структурный контроль и геодинамические условия внутриплитного магматизма на Восточно-Европейской платформе // Известия вузов. Геология и разведка. 2001, № 1, с. 13-30.

Морозов А.Ф. и др. Глубинное строение, эволюция и полезные ископаемые раннедокембрийского фундамента Восточно-Европейской платформы: Интерпретация материалов по опорному профилю 1-ЕВ, профилям 4В и ТАТСЕЙС: В 2 т. М.: ГЕОКАРТ: ГЕОС, 2010. Т. 2. 400 с.

Шаров Н.В. Результаты глубинных сейсмических исследований Ладожской протерозойской структуры (Фенноскандинавский щит) // Уральский геофизический вестник, 2015 г., № 2(26), С. 67-82.

Bogdanova S.V., Gorbatshev R., Garetsky R.G. EUROPE. East European Craton // Reference Module in Earth Systems and Environmental Sciences. 2016. P. 1-18.