

## *Новые данные МТЗ-ГМТЗ по профилю «Кириши-Подпорожье» 2018г.*

**Куликов Виктор Александрович<sup>1</sup>, Соколова Елена Юрьевна<sup>2</sup>, Десятов Дмитрий Олегович<sup>1</sup>, Ионичева Анна Павловна<sup>1</sup>, Пушкарев Павел Юрьевич<sup>1</sup>, Сумарокова Елизавета Сергеевна<sup>1</sup>.**

<sup>1</sup> *Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова*

<sup>2</sup> *ИФЗ РАН*

### **Введение**

Летом 2018 года рабочей группой LADOGA, объединяющей геоэлектриков Геологического факультета МГУ, Института геологии КарНЦ РАН и ИФЗ РАН, в целях изучения юго-восточного продолжения Ладожской аномалии электропроводности были выполнены полевые работы методами МТЗ и ГМТЗ по региональному 180-километровому профилю «Кириши-Подпорожье» (рис. 2).

При проведении работ использовалось два вида магнитотеллурической аппаратуры – низкочастотные станции LEMI-417 (разработка Львовского центра ИКИ НАНУ) и новая магнитотеллурическая станция МЭРИ-ПРО, разработанная в компании ООО «Северо-Запад» (г. Москва).

### **Методика полевых измерений**

Пятикомпонентные измерения со станциями LEMI-417 выполнялись в синхронном режиме. Базовая станция располагалась в районе п. Лоймола (Северное Приладожье), еще две станции параллельно вели регистрацию на рядовых точках. Длительность записи со станциями LEMI-417 составила в среднем 2 суток. Компоненты магнитного поля измерялись с помощью магнитометров, изготовленных на основе феррозондового датчика и размещенных в одном термостабильном корпусе.

Высокочастотная составляющая МТ-поля измерялась с помощью новой компактной магнитотеллурической аппаратуры «МЭРИ-ПРО». Наблюдения в рядовых пунктах велись в попарно-синхронном режиме без базовой станции. Для регистрации магнитных компонент использовались современные индукционные датчики IMS-010 (ООО «Вега», г. Санкт-Петербург). Длительность записи со станциями «МЭРИ-ПРО» на точках МТЗ составила в среднем 15-16 часов.

Перед началом полевых работ в районе учебно-научной базы МГУ в д. Александровка Калужской области были проведены тестовые записи на идентичность всех станций, задействованных в проекте, которые показали совпадение результатов оценивания  $[Z]$  и  $[W]$  во всем диапазоне частот.

Применение шумоподавляющих технологий оценивания МТ передаточных функций позволило получить параметры матрицы импеданса и матрицы Визе в диапазоне периодов 0.001–2000 с на всех 12 точках профиля, несмотря на значительные помехи от электрифицированной железной дороги Москва-Петрозаводск (рис. 1).

### **Геологическое строение района работ**

Профиль «Кириши-Подпорожье» располагается на юго-востоке Фенноскандинавского щита на стыке двух крупных тектонических структур - архейского Карельского кратона и позднепалеопротерозойского Свекофеннского аккреционного орогена (Минц, Соколова, 2017).

На границе между Свекофенским орогеном, сформированным при закрытии одноименного океана, и Карельским кратоном располагается Ладожско-Ботнический пояс шириной от 20 до 50 км (рис. 2). Этот пояс представлен метаморфизованными вулканогенно-осадочными комплексами, сформированными на шельфе и континентальном склоне пассивной окраины, возникшей при раскрытии океана.

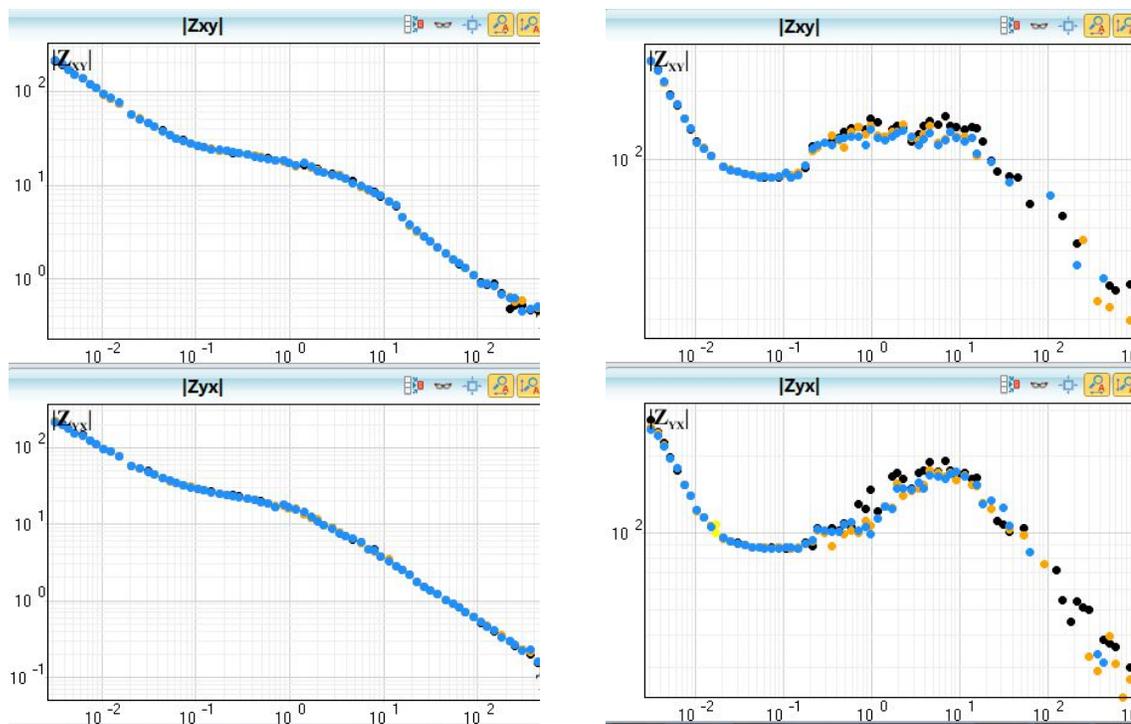


Рис. 1. Предварительная обработка данных МТЗ. Главные компоненты тензора импеданса. Слева – точка № 5. Влияние ж/д отсутствует. Справа – точка № 12. Влияние ж/д проявляется в виде увеличения модуля импеданса в диапазоне периодов 0.5-100 с.

По результатам комплексной интерпретации сейсмических и электроразведочных данных, выполненных на территории Финляндии, Карельский кратон надвинул навстречу тектоническим пластинам аккреционного комплекса, погружающимся под его окраину. В этой же области вулканогенно-осадочный комплекс пассивной окраины (Ладожско-Ботнический пояс) напротив, надвинул в восточном направлении на окраину кратона.

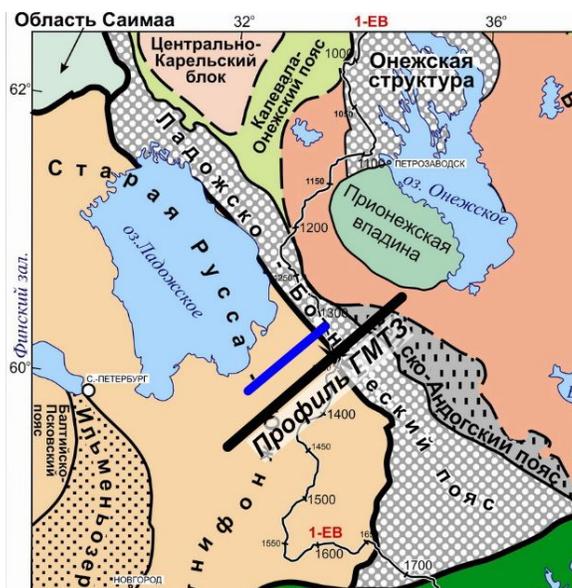


Рис. 2. Положение профиля «Кириши-Подпорожье» на тектонической карте (Минц и др., 2010).

Ботнического поясов выделяется Паша-Ладожский грабен, который является частью широко распространенной рифтовой системы, находящейся под осадочным чехлом Русской плиты в западной части Фенноскандианского щита. Сейсмические, магнитотеллурические исследования, а также плотностное моделирование показали, что Паша-Ладожский грабен контролируется коровыми и мантийными разломными зонами, а фундамент под ним представлен изверженными породами основного и ультраосновного состава (Stepanov a et., 2016).

### Предварительные результаты интерпретации

Этап качественной интерпретации МТ-данных включал в себя анализ глубинных псевдорезов кажущихся сопротивлений и фаз импеданса, компонент матрицы Визе-Паркинсона, параметров неоднородности тензора импеданса; карт амплитудных и фазовых полярных диаграмм. По результатам качественного анализа мы можем предположить существование крупной проводящей структуры в центральной части профиля, ориентированной в северо-западном направлении (50°СВ).

Предварительные результаты 2D инверсии эффективного импеданса и типпера, выполненной с использованием программы ZONDMT2D А.Е. Каминского (г. Санкт-Петербург) в виде глубинной геоэлектрической модели приведены на рис. 3,б. В центральной части профиля, на глубинах 15-30 км фиксируется чашеобразная область повышенной электропроводности ( $УЭС < 10 \text{ Ом}\cdot\text{м}$ ). В районе точек ГМТЗ № 8-10 (Ладожско-Ботнический пояс) и № 3-4 узкие зоны аномальной электропроводности ( $УЭС \approx 100 \text{ Ом}\cdot\text{м}$ ) прослеживаются и в верхней части земной коры, практически до поверхности земли. Проводящая область ограничена высокоомными блоками. Самые высокие удельные сопротивления наблюдаются восточнее т. ГМТЗ № 10 и отвечают породам коры архейского Карельского микроконтинента.

В Приладожье Карельский кратон через Ладожско-Ботническую зону граничит с Южно-Финляндским гранулитогнейсовым поясом (рис. 2). Этот пояс протягивается от оз. Ильмень и города Старая Русса к северу, далее через Северное Приладожье на запад вдоль северного побережья Финского залива. Протяженность пояса достигает 1200 км. Южно-Финляндская ветвь этого пояса традиционно рассматривается финскими исследователями в составе Svecofennского орогена. Наиболее часто употребляемое наименование этой структуры – Южно-Финляндский осадочно-вулканогенный комплекс.

В Южном Приладожье, на границе Южно-Финляндского и Ладожско-

Для сравнения, на рис. 3,а приведена модель УЭС, полученная Санкт-Петербургскими геофизиками по результатам интерпретации данных АМТЗ по параллельному профилю (положение профиля показано на рис. 2 синей линией).

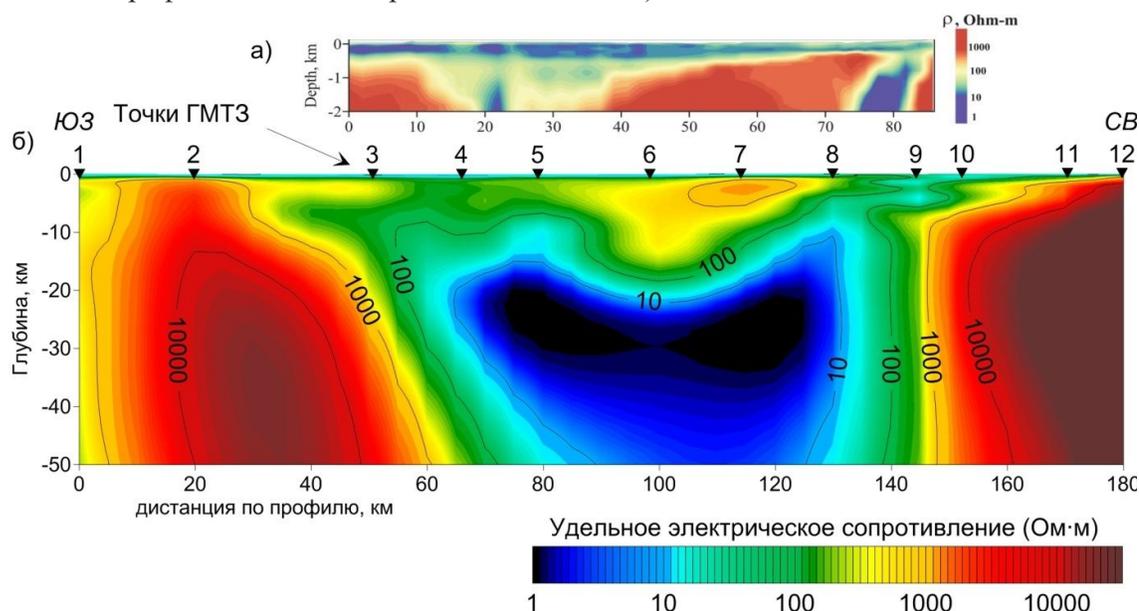


Рис. 3. Геоэлектрическая модель по профилю «Кириши-Подпорожье» по результатам 2D инверсии эффективных кривых и типпера.

#### Выводы

По результатам интерпретации МТ-данных в широком частотном диапазоне была построена глубинная геоэлектрическая модель вдоль профиля «Кириши-Подпорожье» от первых десятков метров до десятков км. Структура Ладожской коровой аномалии хорошо согласуется с результатами, полученными на исследуемой площади ранее сотрудниками Санкт-Петербургского университета (Stepanov *et al.*, 2016) и Института геологии КарНЦ РАН (Жамалетдинов и др., 2018).

Дискуссионным остается вопрос о природе высокой электропроводности Ладожской аномалии. Полученные нами результаты косвенно подтверждают гипотезу Б. Н. Клабукова (Клабуков, 2006) о двухъярусном строении Ладожско-Ботнической зоны, являющейся сложением проводников двух типов – электронно-проводящих пород у дневной поверхности и флюидных зон на глубине 10–30 км.

Исследования проведены в рамках работ по гранту РФФИ 16-05-00543А.

#### Список литературы

15. А.А. Жамалетдинов, В.Е. Колесников, А.А. Скороходов и др. Результаты электропрофилирования на постоянном токе в комплексе с АМТЗ по профилю, пересекающему Ладожскую аномалию. // Труды Карельского научного центра РАН № 2. 2018. С. 91–110.

16. К. Stepanov, К. Antashchuk, А. Saraev. Clarification of Pasha Rift Structure in Pasha-Ladoga Basin Based on AMT and Gravity Data // *Geophysica*, 2016, 51(1), 51–67.

17. Клабуков Б.Н. Возможности петроэлектрики в изучении земной коры Карелии // Геология и полезные ископаемые Карелии. Вып. 9. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2006. С. 127–134.

18. *М. В. Минц, Е. Ю. Соколова.* Объемная модель глубинного строения Свекотенского аккреционного орогена по данным МОВ-ОГТ, МТЗ и плотностного моделирования. // Труды Карельского научного центра РАН № 2. 2018. С. 34–61.

19. *Е.Ю. Соколова, Н.С. Голубцова, А.А. Ковтун и др.* Результаты синхронных магнитотеллурических и магнитовариационных зондирований в районе Ладожской аномалии электропроводности // Геофизика. — 2016. — № 1. — С. 48–61.

## **New MTS-Deep MTS data on the profile “Kirishi-Podporozhje” 2018.**

**Kulikov V.A.<sup>1</sup>, Sokolova E.Yu.<sup>2</sup>, Desyatov D.O.<sup>1</sup>, Ionicheva A.P.<sup>1</sup>, Pushkarev P.Yu.<sup>1</sup>, Sumarokova E.S.<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> *Lomonosov Moscow State University*

<sup>2</sup> *Institute of physics of the earth Russian Academy of Sciences*

### **Introduction**

In the summer of 2018, the LADOGA working group, uniting the geoelectrics of the Geological Faculty of the Moscow State University, the Institute of Geology of the KarRC of the Russian Academy of Sciences and the Institute of Physics of the Russian Academy of Sciences, made field work using the MTS and DMTS methods on the regional 180 km-long profile "Kirishi-Podporozhje" for studying the southeasterly continuation of the Ladoga electrical conductivity anomaly.

Two types of magnetotelluric equipment were used: low-frequency stations LEMI-417 (the Lvov center IKI NASU) and a new magnetotelluric station MARY-PRO, developed at OOO Nord-West (Moscow).

### **Field Measurement Technique**

Five component measurements were made in synchronous mode, the base station was located in the area of Loymola village (Northern part of Ladoga Lake). The recording time for the MARY-PRO stations averaged 15-16 hours, for LEMI-417 stations - 2 days.

The use of noise-pressing technologies for estimating MT transfer functions made it possible to obtain parameters of the impedance matrix and the Wiese matrix in the period range 0.001-2000 s at all 12 points of the profile, despite high noise from the electrified Moscow-Petrozavodsk railway.

### **Geological structure of the area of work**

The profile locates in the southeast of Fennoscandian field. It crosses the Ladoga-Bothnian belt which is located between the Svekofennorogen and the Karelian craton; represented by metamorphosed volcanogenic-sedimentary complexes. Karelian craton borders with South Finnish granulite-gneiss belt which is a part of the Svekofennorogen. On the limit of the South Finnish and Ladoga-Bothnian belts, the Pasha-Ladoga graben stands out, which is a part of a widespread rift system located under the sedimentary cover of the Russian Plate in the western part of the Fennoscandian shield. Geophysical researches have shown that the Pasha-Ladoga graben is controlled by crustal and mantle fracture zones, and the foundation under it is represented by igneous rocks of the basic and ultrabasic composition (Stepanov et al., 2016).

### **Preliminary interpretation results**

Qualitative interpretation of the MT data included the analysis of deep pseudo-cuts of apparent resistances and impedance phases, the components of the Wiese-Parkinson matrix, the heterogeneity parameters of the impedance tensor; maps of amplitude and phase polar diagrams. According to the results of qualitative analysis, were supposed the existence of a large conducting structure in the central part of the profile, oriented in the north-west direction (50 ° C).

Preliminary results of 2D inversion of the effective impedance and tipper, received using the program ZONDMT2D A.E. Kaminsky (St. Petersburg) are presented as a deep geoelectric model. In the central part of the profile at a depth of 15–30 km an area of increased electrical conductivity is recorded. On the DMTZ points № 8-10 and № 3-4 narrow zones of anomalous electrical conductivity can be traced in the upper part of the Earth's crust. The conductive area is bounded by

high resistance blocks. The highest values of apparent resistances are observed at the east of the DTMT point № 10 and correspond to the rocks of the Archean Karelian microcontinent crust.

### **Conclusion**

Based on the interpretation of MT data of a wide frequency range a deep geoelectric model was built along the profile "Kirishi-Podporozhje" from the first tens of meters to tens of kilometers. The structure of Ladoga crust anomaly agrees well with the results obtained by staff of St. Petersburg University (Stepanov et al., 2016) and the Institute of Geology, KarRC of RAS (Zhamaletdinov et al., 2018).

The question of the nature of the Ladoga anomaly is still debatable. Our results indirectly confirm the B. N. Klabukov's hypothesis (Klabukov, 2006) on the two-tier structure of the Ladoga-Bothnian zone, which is a combination of two types of conductors — electron-conducting rocks at the surface and fluid zones at a depth of 10–30 km.

Investigations were made as a part of the RFBR grant 16-05-00543A.