

Авторы признательны П. Гупте, И. М. Варенцову, А. В. Кошурникову, М. В. Черватовой и Т. А. Егоровой за их вклад в МТ/МВ-исследования Гарвальских Гималаев.

Библиографический список

1. *Varentsov I. 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.
2. *Caldwell W. B., Klemperer S. L., Rai S. S., Lawrence J. F., Ashish.* Characterizing the Main Himalaya Thrust in the Garhwal Himalaya, India with receiver function CCP stacking // *E.P.S. Lett.* – 2013. – № 367. – P. 15–27.
3. *Mukhopadhyay S., Sharma J.* Crustal scale detachment in the Himalayas: a reappraisal // *Geophys. J. Int.*, 2010. – № 183. – P. 850–860.
4. *Arora B. R., Mahashabde M. V.* A transverse conductive structure in the northwest Himalaya // *PEPI.* – 1987. – № 45. – P. 119–127.
5. *Mackie R. L., Smith J. T., Madden T. R.* Three-dimensional electromagnetic modeling using finite difference equations: the magnetotelluric example // *Radio Science.* – 1994. – № 29. – P. 923–935.
6. *Siripunvaraporn W., Egbert G., Lenbury Y., Uyeshima M.* Three-dimensional magnetotelluric inversion: data-space method // *Physics of the Earth and planetary interiors.* – 2005. – № 150. – P. 3–14.
7. *Egbert G., Kelbert A.* Computational recipes for electromagnetic inverse problems // *Geophysical Journal International.* – 2012. – № 189. – P. 251–267.



УДК 550.837.211

Н. С. Голубцова^{^1}, *С. А. Вагин*^{^2}, *И. Л. Варданянц*^{^2}, *А. А. Ковтун*^{^2},
В. А. Куликов^{^1,3}, *С. Ковачикова*^{^4}, *И. Н. Лозовский*^{^5}, *П. Ю. Пушкарев*^{^1},
М. Ю. Смирнов^{^2}, *Е. Ю. Соколова*^{^4}, *Я. В. Таран*^{^1}, *Н. И. Успенский*^{^2},
Н. Л. Шустов^{^1,3}, *А. Г. Яковлев*^{^1,3}

НОВЫЕ МАГНИТОТЕЛЛУРИЧЕСКИЕ ЗОНДИРОВАНИЯ НА ПРОФИЛЕ «ВЫБОРГ – СУОЯРВИ» ЧЕРЕЗ ЛАДОЖСКУЮ АНОМАЛИЮ ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТИ*

Аннотация. Новые разведочные и глубинные МТ/МВ-зондирования выполнены в 2013–2014 годах на профиле вкост Ладожской аномалии электропроводности на юго-востоке Балтийского щита. Проведена синхронная обработка записей, оценка размерности структур, предварительные сглаживающие 1D- и 2D-инверсии. На полученных разрезах выделяются две части аномалии, при этом более проводящей является юго-западная, очевидно связанная в основном с электропроводящими минералами.

Ключевые слова: магнитотеллурическое зондирование, Ладожская аномалия.

Об авторах:

^{^1} Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова, Москва.

^{^2} Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург.

^{^3} ООО «Северо-Запад», Москва.

^{^4} Институт геофизики Чешской АН, Прага.

* Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 13-05-00786-а.

⁵ *Институт физики Земли имени О. Ю. Шмидта РАН, Москва.*

*N. S. Golubtsova, S. A. Vagin, I. L. Vardanyants, A. A. Kovtun, V. A. Kulikov,
S. Kovachikova, I. N. Lozovsky, P. Yu. Pushkarev, M. Yu. Smirnov, E. Yu. Sokolova,
Ya. V. Taran, N. I. Uspensky, N. L. Shustov, A. G. Yakovlev*

NEW MAGNETOTELLURIC SOUNDINGS ON THE «VYBORG – SUOYARVI» PROFILE ACROSS THE LADOGA CONDUCTIVITY ANOMALY

Abstract. *New broadband and long-period MT/MV soundings were performed in 2013–2014 on the profile crossing the Ladoga conductivity anomaly in the south-eastern part of the Baltic shield. We performed remote reference data processing, evaluated dimensionality of structures, made preliminary 1D and 2D inversions. On the resulting cross-sections the anomaly splits into two parts, south-western one being more conductive, probably mainly because of electronically conducting minerals.*

Keywords: *magnetotelluric sounding, Ladoga anomaly.*

Одна из наиболее ярких коровых аномалий электропроводности, Ладожская, была выявлена в конце 1970-х годов в результате магнитовариационного профилирования [1] и затем исследована с помощью магнитотеллурических зондирований [2]. В последние годы существенно возросли возможности измерительной аппаратуры и методов обработки, анализа и интерпретации магнитотеллурических (МТ) и магнитовариационных (МВ) данных, что позволило вернуться к задаче изучения Ладожской аномалии на новом уровне.

Аномалия располагается в юго-восточной части Балтийского щита и представляет собой протяжённую проводящую зону в кристаллическом фундаменте преимущественно северо-западного простирания. Она «выныривает» из-под осадочного чехла Русской плиты, проходит под одноименным озером и далее вглубь территории Финляндии. Есть основания полагать, что аномалия маркирует границу между позднеархейским Карельским блоком Балтийского щита, расположенным к северо-востоку, и раннепротерозойским Свекофенским блоком, находящимся на юго-западе [3]. Высокая проводимость аномалии, по всей вероятности, в первую очередь обусловлена электропроводящими минералами (графит, сульфиды), наличие которых в регионе известно по геологическим данным [4].

В 2013–2014 годах на профиле «Выборг – Суоярви» северо-восточного простирания и длиной около 200 км, проходящем вкост аномалии между Ладожским озером и территорией Финляндии, были выполнены МТ- и МВ-зондирования. В 43 точках проведены суточные измерения с помощью аппаратуры MTU-5 с использованием индукционных датчиков магнитного поля (Phoenix Geophysics, Канада), в 8 опорных точках – трёхсуточные зондирования с аппаратурой LEMI-417M и феррозондовыми магнитометрами (Львовский центр ИКИ НАНУ и НКАУ). Положение точек наблюдения показано на рис. 1.

Обработка данных проводилась в синхронном режиме, позволяющем подавить влияние локальных источников промышленных помех вблизи точек наблюдения. Синхронные записи были выполнены в базовых точках к западу от Ладожского озера в об-

серватории «Красное» (2013 г.), а также к востоку от озера (2014 г.). При обработке низкочастотных данных использовались записи финских обсерваторий.

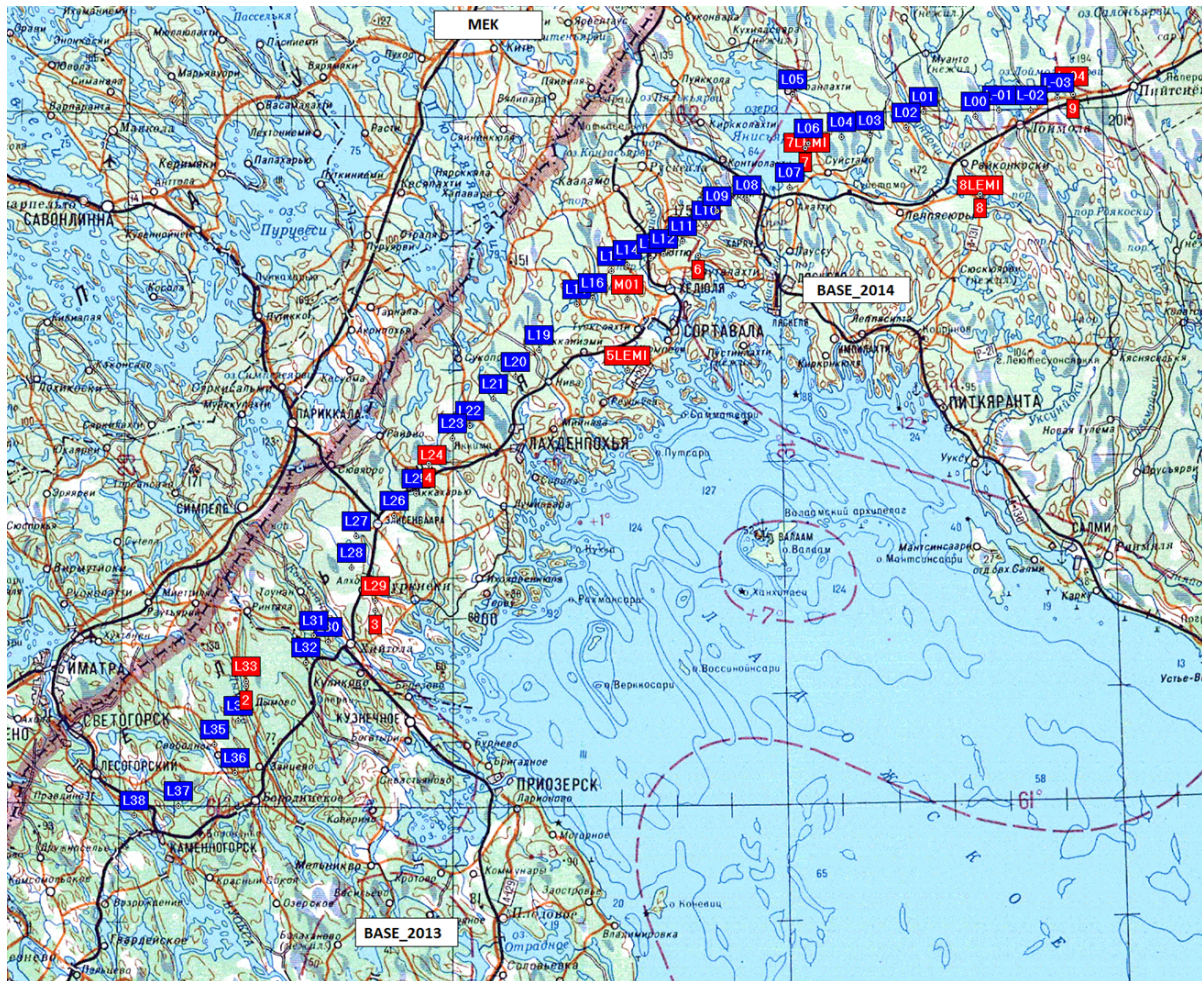


Рис. 19. Положение базовых пунктов непрерывных МТ/МВ-наблюдений в 2013 и 2014 гг. и точки рядовых пятикомпонентных зондирований: трёхсуточных с аппаратурой LEMI-417М (красный цвет) и односуточных с аппаратурой MTU-5 (красный цвет для точек, данные которых объединялись с данными трёхсуточных зондирований, и синий цвет для остальных точек)

Анализ МТ/МВ-данных [5] показал, что преимущественное простирание геоэлектрических структур – северо-западное, при этом профиль ориентирован на северо-восток по азимуту примерно 45 градусов. Таким образом, 2D-инверсия данных допустима, несмотря на присутствие локальных 3D-эффектов. Для примера на рис. 2 показана карта полярных диаграмм на профиле «Выборг – Суоярви», на рис. 3 – карта индукционных стрелок, полученных как на профиле, так и ранее в регионе.

На разрезах по результатам предварительных 1D- и 2D-инверсий МТ-данных земная кора характеризуется низким сопротивлением на большей части профиля, за исключением его северо-восточной части, примерно от 160 до 200 км профиля. Наиболее проводящая область коры отвечает участку профиля между 40 и 70 км, далее по профилю проводимость понижается, а между 120 и 160 км несколько повышается вновь. Разрез по результатам сглаживающей 1D-инверсии по программе [5] приведён на рис. 4.

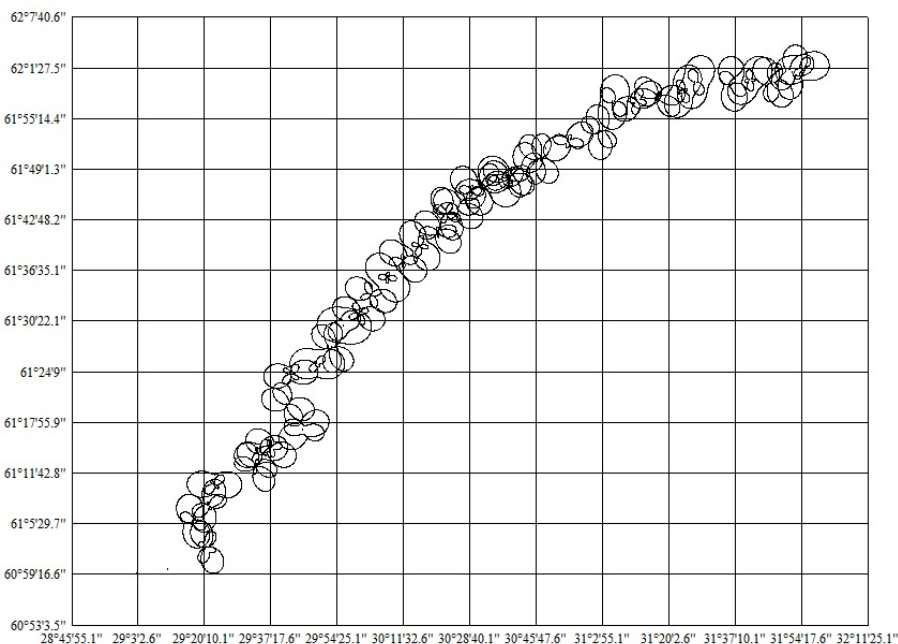


Рис. 20. Карта амплитудных полярных диаграмм тензора импеданса на профиле «Выборг – Суоярви» на периоде 10 с

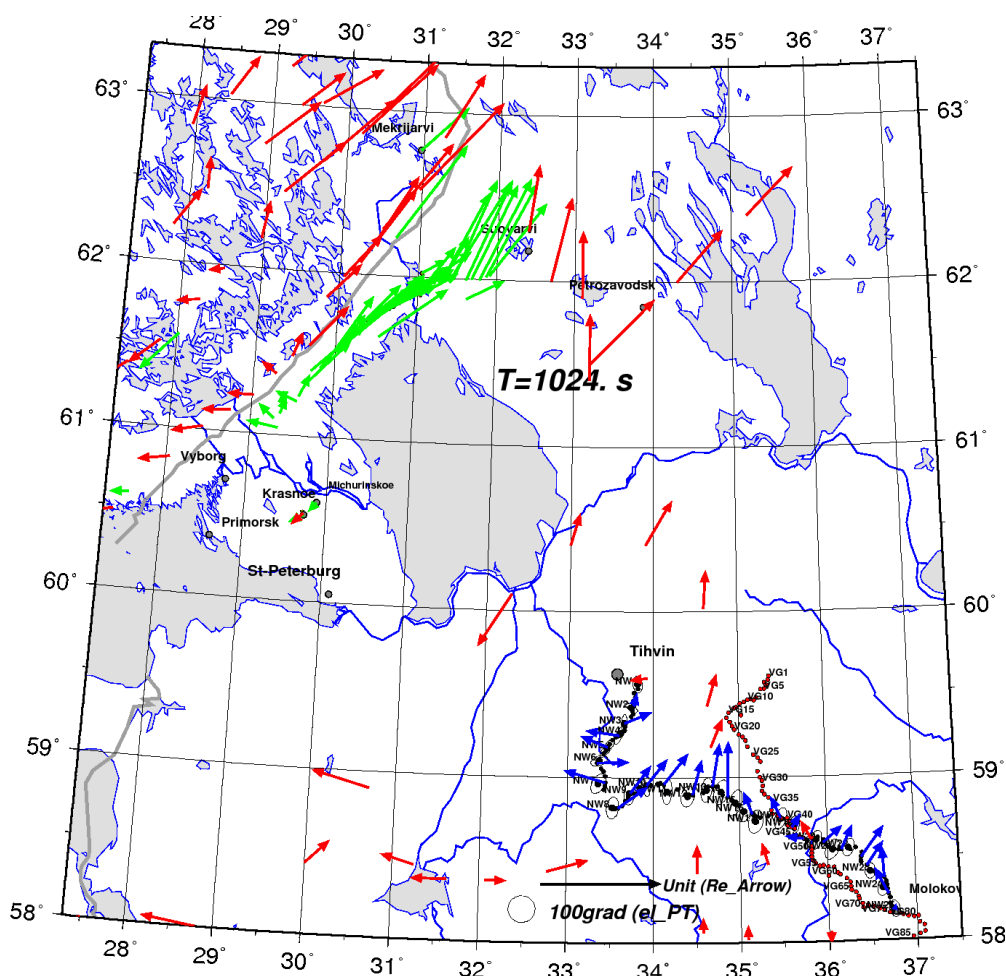


Рис. 21. Вещественные индукционные стрелки (в конвенции Визе – смотрят от проводников) на профиле «Выборг – Суоярви» (зелёный цвет), на участке профиля 1-ЕВ (синий цвет) и по материалам других исследований в регионе (красный цвет)

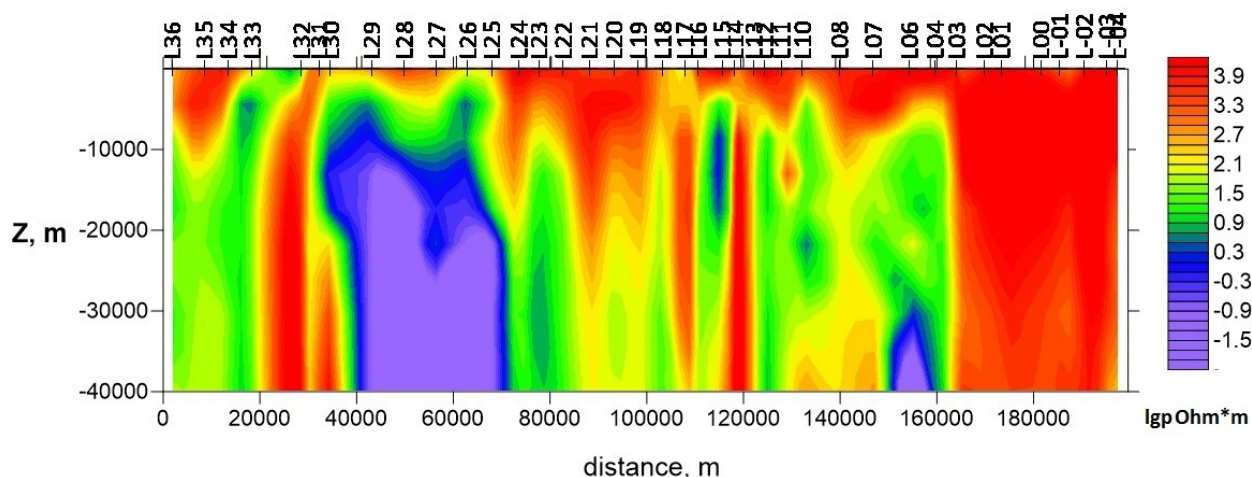


Рис. 22. Геоэлектрический разрез по линии «Выборг – Суоярви», построенный по результатам предварительной сглаживающей 1D-инверсии эффективного импеданса

Планируется проведение углубленной 2D-инверсии с использованием разных программ и параметров процедур инверсии, а также весов компонент МТ/МВ-данных. Будет выполнена объемная и пленочная 3D-инверсии данных, как с профиля «Выборг – Суоярви», так и полученных в регионе ранее.

Авторы благодарны сотрудникам ООО «Северо-Запад», принимавшим участие в полевых работах и обработке данных.

Библиографический список

1. Рокитянский И. И., Кулик С. Н., Рокитянская Д. А. Ладожская аномалия электропроводности // Геофизический журнал. – 1981. – № 3. – С. 97–99.
2. Ковтун А. А., Вагин С. А., Вардадяц И. Л. Строение коры и мантии по профилю Суоярви-Выборг по магнитотеллурическим данным // Вестник СПбГУ. – 1998. – Сер. 4. – Вып. 4. – С. 25–34.
3. Жамалетдинов А. А., Кулик С. Н. Крупнейшие аномалии электропроводности мира // Геофизический журнал. – 2012. – Т. 34. – № 4. – С. 22–39.
4. Миц М. В. и др. Глубинное строение, эволюция и полезные ископаемые раннедокембрийского фундамента Восточно-Европейской платформы. Интерпретация материалов по опорному профилю 1-ЕВ, профилям 4В и Татсейс. – М.: ГЕОКАРТ, 2010. – Т. 1. – 408 с. – Т. 2. – 400 с.
5. Бердичевский М. Н., Дмитриев В. И. Модели и методы магнитотеллурики. – М.: Научный мир, 2010. – 680 с.
6. Constable S. C., Parker R. L., Constable C. G. Occam's inversion; a practical algorithm for the inversion of electromagnetic data // Geophysics. – 1987. – Vol. 52. – Pp. 289–300.



УДК 550.83

Б.С. Светов^{^1}

САМОСОГЛАСОВАННЫЕ ЗАДАЧИ ГЕОФИЗИКИ

Аннотация. Известно большое количество научных работ, посвященных рассмотрению различных модификаций электромагнитных методов разведки независимо от параллельно существующих в реальной Земле других физических полей. Такой подход в некоторых ситуациях оправдывает себя, однако в общем случае он дает лишь некоторое приближение к искомому решению задачи. Более строго интерпретация наблюдаемых данных может быть проведена в рамках решения