

которой можно сделать выводы об их природе. Структура электронной версии карты не составляет сложности карту дополнить или внести уточнения. В дальнейшем планируется добавлять и информацию по новым районам и детализировать уже имеющуюся информацию на основании новых данных.

*Работа на первом этапе велась при поддержке РФФИ, проект 11-05-00496.*

#### ЛИТЕРАТУРА

1. *Жамалетдинов А. А.* Графит в земной коре и аномалии электропроводности // *Физика Земли.* – 1996. – № 4. – С. 12-29.
2. *Ваньян Л. Л., Хайдман Р. Д.* О природе электропроводности консолидированной коры // *Физика Земли.* – 1996. – № 4. – С. 5-11.
3. *Adam A.* Relation of mantle conductivity to physical conditions in the asthenosphere // *Geophysical Surveys.* – 1980. – № 4. – P. 43-55.
4. *Golubtsova N., Pushkarev P., Slepikh K.* Creation of crustal conductivity anomaly map of Northern Eurasia. Abstracts of the 12-th Scientific Assembly of the International Association of Geomagnetism and Aeronomy. – Mexico, Merida, 2013. – P. 109.
5. *Голубцова Н. С., Пушкарев П. Ю.* Обзор материалов для построения карты аномалий электропроводности консолидированной земной коры Северной Евразии // *Геологическая среда, минерагенические и сеймотектонические процессы : Материалы XVIII Международной научно-практической конференции.* – Воронеж, 2012.
6. *Фельдман И. С., Окулесский Б. А., Сараев Ю. А.* Карты геоэлектрических параметров (Электронный ресурс). – 2003, <http://emgeo.ru/art/105/>.
7. *Шейнкман А. Л., Нарский Н. В.* Карта суммарной электропроводности осадочного чехла территории России : Материалы IV Всероссийской школы-семинара по электромагнитным зондированиям Земли. – М. : ИФЗ РАН, 2009. – С. 45-46.

ISSN 550.837.211

### ГЛУБИННОЕ СТРОЕНИЕ СЕВЕРНОГО ПРИЛАДОЖЬЯ ПО МАГНИТОТЕЛЛУРИЧЕСКИМ И ГРАВИМАГНИТНЫМ ДАННЫМ

Е. Ю. Соколова<sup>1</sup>, Н. С. Голубцова<sup>2</sup>, М. В. Коснырева<sup>3</sup>, М. В. Минц<sup>4</sup>, П. Ю. Пушкарев<sup>2</sup>,  
Я. В. Таран<sup>2</sup>, А. Г. Яковлев<sup>2,5</sup>

<sup>1</sup> *Институт физики Земли им. О. Ю. Шмидта РАН, г. Москва, Россия;*

<sup>2</sup> *Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова, г. Москва, Россия;*

<sup>3</sup> *Воронежский государственный университет, г. Воронеж, Россия;*

<sup>4</sup> *Геологический институт РАН, г. Москва, Россия;* <sup>5</sup> *ООО «Северо-Запад», г. Москва, Россия*

Ладожская коровая аномалия электропроводности была выявлена в конце 1970-х годов в результате применявшегося тогда метода магнитовариационного профилирования (МВП) [1] и затем исследована с помощью магнитотеллурических зондирований (МТЗ) [2]. В последние годы возросли возможности измерительной аппаратуры и методов обработки, анализа и интерпретации МТ данных, что позволило вернуться к задаче изучения Ладожской аномалии на новом уровне.

Аномалия располагается на юго-востоке Балтийского щита. По результатам выполненных ранее исследований, предполагалось, что она является протяжённой проводящей зоной северо-западного простирания, которая «выныривает» из-под осадочного чехла Русской плиты, проходит под Ладожским озером и далее вглубь территории Финляндии вдоль Ладого-Балтийской зоны. Сопоставление с тектоническими схемами позволило предположить, что

аномалия маркирует границу архейского Карельского блока Балтийского щита, распространяющегося к северо-востоку, и раннепротерозойского Свекофенского блока, находящегося к западу [3]. Высокая проводимость аномалии, скорее всего, в основном обусловлена присутствием проводящими минералами (графит, сульфиды), наличие которых в регионе известно [4].

В 2013 г. начался новый этап изучения Ладожской аномалии. На профиле «Выборг-Суоярви» северо-восточного простирания и длиной около 200 км, проходящем через аномалию между Ладожским озером и территорией Финляндии, нами были выполнены измерения [5-6]. В 43 точках проведены суточные измерения с приборами MTU-5 и индукционными датчиками (Phoenix Geophysics, Канада), в 8 опорных точках – трёхсуточные измерения станциями LEMI-417M и феррозондовыми магнитометрами (ЛЦ ИКИ НАНУ и ИКИ НАНУ Украины).

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 пункте регулярных геомагнитных наблюдений СПбФ ИЗМИРАН «Красное» (2013 г.), а также в опорных рядовых точках к востоку от озера (2014 г.). При обработке низкочастотных данных использовались записи финских обсерваторий Нурмиярви и Меккроярви.

Анализ МТ данных показал, что преимущественное простирание геоэлектрических структур – северо-западное, при этом профиль ориентирован на северо-восток под углом примерно 45 градусов. Таким образом, 2D инверсия данных допустима, несмотря на присутствие локальных 3D эффектов.

На разрезах по результатам сглаживающих 1D инверсии эффективного импеданса по программе Occam1D [7] и 2D инверсии поперечного импеданса, продольного импеданса типпера по программе REBOCC [8] земная кора характеризуется низким сопротивлением большей части профиля, за исключением северо-восточной части, примерно от 180 км профиля, и центрального участка (верхняя кора Лахденпохского блока, 90-120 км профиля). Наиболее низкоомная область коры отвечает участку профиля между 50 и 90 км, далее по профилю сопротивление повышается, а между 120 и 180 км несколько понижается вновь.

Для построения детальной геоэлектрической модели по профилю «Выборг-Суоярви» использовалась программа двумерной инверсии магнитотеллурических и магнитотеллурических данных И.М. Варенцова [9]. Полученный детальный разрез коровой электропроводности интерпретировался в тектонических терминах в рамках концепции [10]. Результаты интерпретации коррелировались с геоэлектрическими и сейсмо-тектоническими представлениями о строении земной коры на сопредельных частях щита на территории Финляндии и подкреплялись имеющимися и вновь полученными сведениями о потенциальных помехах в области Северного Приладожья (по региональной объемной плотностной модели ЮВ Балтийского щита [11] и новым результатам инверсии данных магнитной съемки 1:200 000 масштаба).

Аномальные значения сопротивления земной коры на построенных нами разрезах достигают, по меньшей мере, единиц Ом\*м, что говорит о наличии электропроводящих минералов, но не исключено и присутствие воды. Минерализация и флюидизация могут быть связаны с глубинными литрическими разломами-надвигами, ЮЗ падения, известными в аномальной зоне.

Показано, что Ладожская аномалия довольно чётко делится на две части, наиболее интенсивная и глубинная связана с графит-содержащими высокометаморфизованными комплексами Южно-Финляндского гранулит-гнейсового пояса, вторая менее яркая, среднеглубинная – с метаосадками Раахе-Ладожской зоны на окраине Карельского кратона, которые отвечают высоким сопротивлениям.

Авторы благодарны сотрудникам ООО «Северо-Запад», КарНЦ РАН и КолНЦ РАН, принимавшим участие в полевых наблюдениях и обработке данных, коллегам из СПбФ ИЗМИРАН и ИГ НАНУ – первооткрывателям Ладожской аномалии, продолжающим активно участвовать

интерпретации МТ данных и обсуждении ее результатов, а также коллегам из СПбФ ИЗМРАН и финских обсерваторий, которые помогли получить дополнительные данные в наземных базовых пунктах.

Работа выполнена при поддержке РФФИ, проекты 13-05-00786, 15-05-01214, 15-05-00543.

#### ЛИТЕРАТУРА

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., Варданыц И. Л. Строение коры и мантии по профилю Суоярви-Выборг по магнитотеллурическим данным // Вестник СПбГУ. Серия 4. – 1998. – 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. Мынц 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. – Москва : ГЕОКАРТ, 2010. – Т. 1. – 408 с. – Т. 2. – 400 с.
5. Голубцова Н. С., Вагин С. А., Варданыц И. Л., Ковтун А. А., Куликов В. А., Ковачикова С., Лозовский И. Н., Пушкарев П. Ю., Смирнов М. Ю., Соколова Е. Ю., Таран Я. В., Успенский Н. И., Шустов Н. Л., Яковлев А. Г. Новые магнитотеллурические зондирования на профиле «Выборг-Суоярви» через Ладожскую аномалию электропроводности : Материалы VII Всероссийской школы-семинара им. М. Н. Бердичевского и Л. Л. Ваньяна по электромагнитным зондированиям Земли. – Иркутск : ИРНТУ, 2015.
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. Constable S. C., Parker R. L., Constable C. G. Occam's inversion: a practical algorithm for generating smooth models from electromagnetic sounding data // Geophysics. – 1987. – Vol. 52. – № 3. – P. 289-300.
8. Siripunvaraporn W., Egbert G. An efficient data-subspace inversion method for 2-D magnetotelluric data // Geophysics. – 2000. – Vol. 65. – № 3. – P. 791-803.
9. Варенцов И. М. Общий подход к решению обратных задач магнитотеллурики в кусочно-непрерывных средах. Физика Земли. 2002. № 11. С. 11–33.
10. Mints M.V., Dokukina K.A., Konilov A.N. et al. East European Craton: Early Precambrian history and 3D model s of deep cr ust al str ucture. Geol. Soc. Of Amer., Special Paper. 2015. V. 510. 433 p.
11. Glaznev V.N., Mints M.V., Muravina O.M., Raevsky A.B., Osipenko L.G. Complex geological-geophysical 3D model of the crust in the southeastern Fennoscandian Shield: Nature of density layering of the crust and the crust-mantle boundary. Geodynamics & Tectonophysics. 2015. V. 6. № 2. P. 133–170.