

ИССЛЕДОВАНИЕ ГЛУБИННОЙ ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТИ ЛИТОСФЕРЫ БАЛТИЙСКОГО ЩИТА

А. А. Жамалетдинов, Ю. А. Копытенко, В. С. Исмагилов

Санкт-Петербургский филиал Института земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн им. Н. В. Пушкова Российской академии наук (СПбФ ИЗМИРАН)

Выполнен комплексный анализ результатов трёх крупных экспериментов по глубинному электромагнитному зондированию литосферы Балтийского щита: а) «Хибины» (зондирование с магнитогидродинамическим генератором мощностью 80 МВт), б) BEAR (синхронные магнитотеллурические зондирования на сети 150×150 км) и в) FENICS (частотное тензорное зондирование в поле двух взаимно ортогональных линий электропередач). По результатам интерпретации составлен сводный геоэлектрический разрез литосферы.

Ключевые слова: геоэлектрика, глубинное электромагнитное зондирование, Балтийский щит.

ВВЕДЕНИЕ

Балтийский (Фенноскандинавский) щит представляет особый интерес для изучения глубинной электропроводности литосферы Земли. Этому способствует большая площадь территории щита, достигающая 1 млн. кв. км, отсутствие осадочного чехла и преимущественное развитие на поверхности плохо проводящих кристаллических пород древнейшего, докембрийского возраста. Однако уже первые работы по глубинному зондированию с естественными [Лазарева, 1964; Рокитянский и др., 1963] и контролируемые [Жамалетдинов и др., 1973; Краев и др., 1947; Тихонов и др., 1967] источниками указали на резкое влияние горизонтальной электрической неоднородности пород. Это проявилось в существенной зависимости результатов наблюдений от места расположения и ориентировки приёмных линий и, как следствие, привело к неоднозначности данных формальной интерпретации. В работе [Рокитянский и др., 1963] был сделан в целом негативный вывод относительно перспектив на проведение глубинных зондирований на территории Балтийского щита. За прошедшие с тех пор полвека ситуация неоднократно менялась в пользу того или иного из приведённых выше двух противоположных взглядов на рассматриваемую проблему. В настоящей работе представлен краткий обзор современного состояния этой задачи на примере проведения трёх крупных экспериментов, выполненных с участием сотрудников СПбФ ИЗМИРАН, — «Хибины», BEAR (Baltic Electromagnetic Array Research) и FENICS (рис. 1).

Жамалетдинов Абдулхай Азымович — старший научный сотрудник, доктор геолого-минералогических наук, главный научный сотрудник, abd.zham@mail.ru

Копытенко Юрий Анатольевич — заведующий отделом, доктор физико-математических наук, профессор, office@izmiran.spb.ru

Исмагилов Валерий Сарварович — учёный секретарь, кандидат физико-математических наук, ivs@izmiran.spb.ru

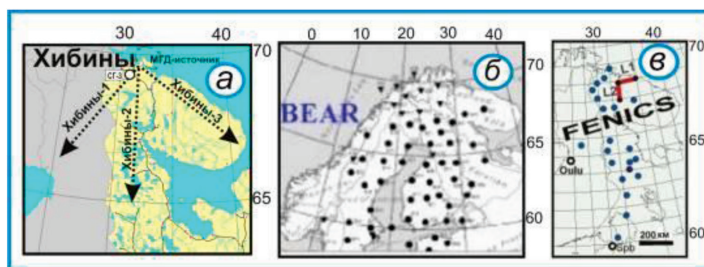


Рис. 1. Схема расположения пунктов и трасс наблюдений в экспериментах «Хибины» (а), BEAR (б) и FENICS (в). Пояснения к рисункам даны в тексте

1. ЭКСПЕРИМЕНТ «ХИБИНЫ» ПО ГЛУБИННОМУ ЗОНДИРОВАНИЮ С ИМПУЛЬСНЫМ МАГНИТОГИДРОДИНАМИЧЕСКИМ ГЕНЕРАТОРОМ МОЩНОСТЬЮ 80 МВТ

В начале 70-х гг. прошлого столетия в Советском Союзе по инициативе и под научным руководством академика Е. П. Велихова было создано новое направление глубинной электроразведки с контролируруемыми источниками, основанное на использовании нетрадиционной геофизической техники — импульсных магнитогидродинамических (МГД) генераторов мощностью в десятки и до 100 МВт. В короткое время были проведены МГД-эксперименты на Памире [Гармский..., 1990; Нерсесов и др., 1979], на Урале [Астраханцев и др., 1974], в Поволжье и в Сибири [Фельдман, 2006]. Одним из наиболее значительных исследовательских МГД-проектов явился эксперимент «Хибины» на Кольском полуострове [Velikhov et al., 1986]. Главная особенность эксперимента заключалась в использовании акватории вокруг полуостровов Рыбачий и Средний в качестве естественного токового контура (см. рис. 1а). Идея проведения МГД-эксперимента «Хибины» оказалась тем более привлекательной, что источник излучения был установлен недалеко от места бурения Кольской сверхглубокой скважины СГ-3 (см. рис. 1а).

В 1975 г. на перешейке между полуостровами Кольский и Средний был размещён 160-тонный, 7-километровый алюминиевый кабель, соединяющий Мотовский залив с губой Малой Волоковой. Благодаря низкому общему сопротивлению кабеля и заземлений (0,09 Ом) удалось извлечь более 50 % потенциальной мощности МГД-установки «Хибины» (80 МВт). Сила тока в контуре достигала 22 тыс. А при выходном напряжении 2,5 кВ. Магнитный момент контура ($M = IS$) по экспериментальным оценкам достиг рекордной для мировой практики величины 10^{14} А·м². Наблюдения были выполнены в пределах основных рудных районов Кольского полуострова и вдоль трёх региональных профилей, показанных на рис. 1а.

Методика наблюдений, обработки и интерпретации результатов МГД-эксперимента «Хибины» отражены в целом ряде статей и монографий [Геоэлектрические..., 1989; Жамалетдинов, 1990]. В качестве иллюстрации на рис. 2а показана схема изолиний модуля полного электрического поля $|E|$ (в [мВ]), приведённого к частоте 1 Гц по результатам регистрации сигналов

МГД-источника «Хибины» на Кольском полуострове и в Северной Финляндии. На рис. 2б представлены результаты интерпретации этих данных в виде схемы продольной проводимости верхней толщи земной коры мощностью 10 км. Можно видеть, что электропроводность разных блоков земной коры изменяется от тысяч до десятых долей Сименсов.

Результаты МГД-эксперимента «Хибины» позволили существенно уточнить представления о структуре и природе электропроводности литосферы Балтийского щита. Одним из наиболее важных результатов явилось экспериментальное установление связи резкой электрической неоднородности щита с присутствием электронно-проводящих сульфидно-углеродистых пород. Известные ранее в виде разобщённых зон и полос проводимости [Жамалетдинов, Семёнов, 1984], они проявились в поле МГД-генератора в виде крупных блоков, различающихся между собой по сопротивлению на несколько порядков и охватывающих территории в десятки тысяч квадратных километров. Они получили понятие электронно-проводящих пород «SC-слоя Семёнова».

Показательным результатом с точки зрения геологической интерпретации данных эксперимента «Хибины» явился обнаруженный в земной коре эффект плохопроводящего основания, ограничивающего «просачивание» на глубину токов гальванической моды. По этим данным установлена относительно небольшая (порядка 10 км) протяжённость на глубину супра-крупных толщ с развитыми в них электронно-проводящими образованиями. Это, в свою очередь, послужило отправной точкой для разработки концепции о покровном залегании коровых аномалий проводимости на поверхности древнейшего (нижнеархейского) протофундаментa, сформированного на первоначальной, так называемой «нуклеарной» стадии развития Земли [Жамалетдинов, 1990].

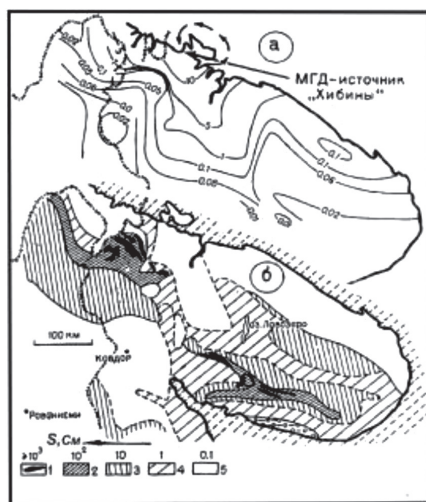


Рис. 2. Блоковая структура проводимости земной коры по результатам МГД-эксперимента «Хибины»: *a* — изолинии полного электрического поля, приведённого к току 20 кА; *b* — схема продольной проводимости S земной коры для верхних 10 км (легенда $S > 1000$; 100; 10; 1 и 0,1 См)

Новым и неожиданным для геофизической практики результатом МГД-эксперимента «Хибины» явилось обнаружение в земной коре сквозных токопроводящих каналов, по которым электрический ток гальванически распространяется в горизонтальном направлении на сотни километров, соединяя разобщённые между собой электронно-проводящие графитистые структуры [Zhamaletdinov et al., 1993].

Результаты глубинного МГД-зондирования литосферы Балтийского щита наиболее полно отражены в работах [Жамалетдинов, 1990; Zhamaletdinov et al., 2002]. Частично они рассмотрены в разд. 3, совместно с данными эксперимента FENICS.

2. ЭКСПЕРИМЕНТ BEAR

Эксперимент BEAR выполнялся в два этапа в рамках международного проекта SVEKALAPKO (SVEden-KArelia-LAPland-KOLA) [Korja et al., 2002]. На первом этапе, в течение июня-июля 1998 г., были выполнены синхронное магнитотеллурическое зондирование (МТЗ) на 50 станциях, размещённых по регулярной сети (в среднем 150×150 км) на территории Балтийского (Фенноскандинавского) щита (см. рис. 2б). На втором этапе, в рамках проекта ИНТАС (INTAS — International Association for the Promotion of Cooperation-operation with Scientists from the New Independent States of the Former Soviet Union) BEAR-PMI (PMI — Processing, Modeling, Interpretation) в течение 1998–2002 гг. проводились обработка, моделирование и интерпретация результатов эксперимента BEAR (со-координаторы — Т. Korja, М. Smirnov, I. Varentsov, L. Pedersen, А. Zhamaletdinov). Эксперимент BEAR-PMI привлёк внимание целого ряда творческих коллективов из России, Украины, Финляндии, Швеции, Германии, в том числе и СПбФ ИЗМИРАН. Результаты этого эксперимента значительно расширили представления об электропроводности Земной коры. Одним из существенных результатов явилось создание схемы электропроводности земной коры Фенноскандинавского щита и его обрамления (рис. 3). Схема составлена путём обработки МТ-результатов эксперимента BEAR совместно с данными всех предыдущих геоэлектрических исследований [Korja et al., 2002]. Значения интегральной продольной проводимости земной коры на ней изменяются от десятых долей до десятков тысяч Сименсов. На экспериментальных данных это проявляется в параллельных смещениях кривых кажущегося сопротивления в интервале значений от единиц до сотен тысяч Ом на метр. Характерно, что кривые фазы импеданса при этом изменяются незначительно. Это указывает на статическую природу смещений кривых кажущегося сопротивления и на покровный характер залегания коровых проводников. На основе формальных оценок схема на рис. 1 в работе [Korja et al., 2002] определяется как результат осреднения продольной проводимости до глубины 60 км. Однако мы полагаем, что мощность коровых аномалий проводимости на рис. 1 не превышает 10...15 км. Это обосновывается результатами эксперимента «Хибины» (см. рис. 2) [Жамалетдинов, 1990], результатами эксперимента FENICS [Жамалетдинов и др., 2011] и материалами магнитовариационного профилирования [Жамалетдинов и др., 1980].

Главной задачей эксперимента BEAR стало изучение электропроводности литосферы на границе между верхней и нижней мантией и поиск возможного существования астеносферы. Однако эта задача не получила однозначного ответа. Более того, разные исследовательские группы на основе одного и того же экспериментального материала пришли к разным, противоречащим друг другу выводам. Согласно результатам обработки данных BEAR, выполненной в работе [Варданыц, Ковтун, 2009], астеносфера как промежуточный проводящий слой, связанный с частичным плавлением пород, отчётливо фиксируется в диапазоне глубин 200...400 км. При этом средняя величина продольной проводимости астеносферы оценивается в 8000 См. Согласно результатам интерпретации, выполненной другими творческими коллективами на основе материалов того же эксперимента BEAR, астеносфера вообще не существует под Фенноскандинавским щитом или проявлена крайне слабо, на уровне погрешности наблюдений [Sokolova, Varentsov, 2007; Varentsov et al., 2002]. Такие расхождения объясняются, прежде всего, резкой электрической неоднородностью верхней части разреза, затрудняющей корректное решение обратной задачи.

3. ЭКСПЕРИМЕНТ FENICS

Наиболее уязвимым местом глубинных электромагнитных зондирований с мощными контролируруемыми источниками являлось использование только одной поляризации первичного поля, создаваемого заземлённой электрической линией (диполем) одного направления. Это не позволяло оценивать размерность геологической среды и возможное влияние региональной анизотропии и горизонтальной неоднородности строения литосферы. Отмеченные трудности удалось преодолеть путём проведения международного эксперимента FENICS в 2007 и 2009 гг. [Жамалетдинов и др.,

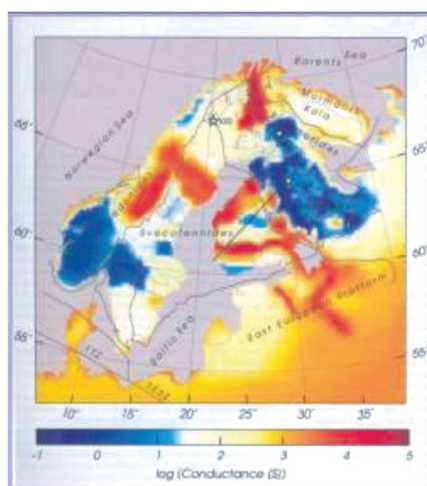


Рис. 3. Схема продольной проводимости земной коры по результатам эксперимента BEAR

2011]. Зондирования выполнялись с использованием двух взаимно ортогональных промышленных линий электропередачи (ЛЭП), обозначенных L1 и L2 на рис. 1в. Ток в промышленные ЛЭП длиной 109 и 120 км подавался от генератора «Энергия» мощностью до 200 кВт в диапазоне частот 0,1...200 Гц. Зондирования выполнены на территории восточной части Балтийского щита (Карело-Кольский регион и Северная Финляндия) на удалениях до 700 км от источника. В обобщённом виде геоэлектрический разрез литосферы Балтийского щита по данным эксперимента FENICS, приведён на рис. 4 в виде градиентной модели (кривая 1) и её ступенчатой аппроксимации (кривая 2). Отметим, что полученный разрез располагается примерно на 30 % ниже по уровню сопротивления в сравнении с данными эксперимента «Хибины».

По результатам эксперимента FENICS установлена высокая степень горизонтальной однородности (стратификации) литосферы в диапазоне глубин от 10...15 до 50...70 км на всей изученной территории. Этот результат фактически подтвердил данные предыдущих исследований с мощными контролируруемыми источниками, но при этом существенно повысил их достоверность, поскольку были использованы две взаимно ортогональные поляризации первичного поля. При этом было зафиксировано хорошее (с погрешностью в пределах 10 %) совпадение функций отклика среды (кривых кажущегося сопротивления), полученных при облучении нижнего полупространства с применением питающих линий широтной и меридиональной ориентировки [Жамалетдинов и др., 2011].

Электрический разрез литосферы на рис. 4, полученный в отсутствие влияния электронно-проводящих пород «SC-слоя Семёнова», представляет собой пятислойную модель вида КНК с тремя проводящими слоями.

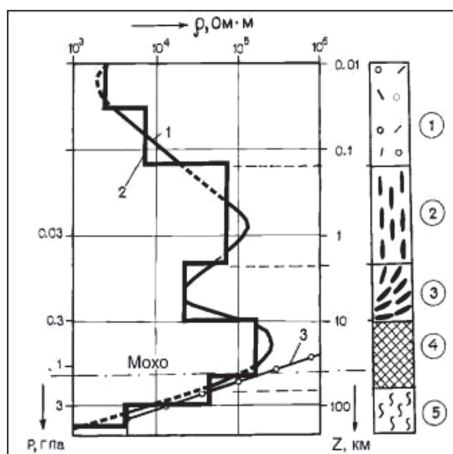


Рис. 4. Электрический разрез литосферы северо-восточной части Балтийского щита и его структурно-геодинамическая интерпретация. Цифры в кружках у геодинамической колонки: 1 — обводнённая морена и кровля кристаллического фундамента; 2 — верхняя, хрупкая часть литосферы с субвертикальными разломами; 3 — то же с наклонными разломами (зона дилатансии); 4 — средняя псевдопластичная часть литосферы; 5 — нижняя литосфера (зона пластичности)

Интерпретация природы выявленных слоёв приведена на рис. 3 в виде структурно-геодинамической колонки по Н.В. Николаевскому [1996]. Верхнюю часть разреза на колонке занимает область пониженного сопротивления (1), которая включает осадочные моренные отложения мощностью 20...30 м и верхнюю, дезинтегрированную и обводнённую часть кровли кристаллического основания средней мощностью 100 м. Ниже залегает слой высокого сопротивления (2) с развитыми в нём субвертикальными разломами и трещинами, заполненными водными растворами (флюидами). Средняя мощность его оценивается в 2...3 км.

В интервале глубин от 2 до 10 км выделяется промежуточная проводящая область (3), где сопротивление понижается с $2 \cdot 10^5$ до порядка 10^4 Ом·м. Природа понижения сопротивления связана с проникновением на глубину флюидов метеорного происхождения. Этот слой имеет дилатантно-диффузионную природу и определяется нами как «слой ДД» [Жамалетдинов, 2006]. Однако это — сугубо условное понятие, поскольку выявленная область имеет крайне неоднородное строение и характеризуется значительными разбросами по мощности и электропроводности. Удельное электрическое сопротивление слоя изменяется в разных районах исследований в интервале от $3 \cdot 10^3$ до $3 \cdot 10^4$ Ом·м. Величина продольной проводимости слоя при этом изменяется в пределах от 0,3 до 1...2 См. Природа отмеченных разбросов объясняется не столько за счёт неоднозначности решения обратной задачи, сколько за счёт изменяющихся геологических условий и физического состояния среды.

Глубже 10 км наблюдается снова рост удельного электрического сопротивления пород до 10^5 ... 10^6 Ом·м. Мощность плохопроводящей части литосферы оценивается в 60...80 км. Средняя величина поперечного сопротивления составляет примерно 10^{10} Ом·м². Ниже наблюдается экспоненциальное снижение сопротивления. Экстраполируя полученный разрез на глубину, можно предположить, что понижение удельного сопротивления до значения 100 Ом·м, необходимое для появления зоны частичного плавления в астеносфере [Ваньян, 1997], может наблюдаться на глубине порядка 250...300 км.

ЛИТЕРАТУРА

- [Астраханцев и др., 1979] *Астраханцев Г. В., Бабаков Ю. П., Булашевич Ю. П.* и др. Индукционное зондирование земной коры на Урале с применением МГД-генератора // Изв. АН СССР. Физика Земли. 1979. № 1. С. 78–90.
- [Ваньян, 1997] *Ваньян Л. Л.* Электромагнитные зондирования. М.: Научный мир, 1997. 218 с.
- [Варданыц, Ковтун, 2009] *Варданыц И. Л., Ковтун А. А.* Исследование возможности присутствия астеносферы на территории Фенноскандинавского щита по данным BEAR // Комплексные геолого-геофизические модели древних щитов: тр. Всерос. (с международ. участием) конф. Апатиты: Изд-во Геологического ин-та КНЦ РАН, 2009. С. 15–18.
- [Гармский..., 1990] Гармский геофизический полигон / Ред. Сидорин А. Я. М.: ИФЗ АН СССР, 1990. 240 с.
- [Геоэлектрические..., 1989] Геоэлектрические исследования с мощным источником тока на Балтийском щите / Ред. Велихов Е. П. М.: Наука, 1989. 272 с.

- [Жамалетдинов, 1990] *Жамалетдинов А. А.* Модель электропроводности литосферы по результатам исследований с контролируруемыми источниками поля (Балтийский щит, Русская платформа). Л.: Наука, 1990. 159 с.
- [Жамалетдинов, 2006] *Жамалетдинов А. А.* Дилатантно-диффузионная модель электропроводности земной коры по результатам комплексного анализа данных СГ-3 // Рос. геофиз. журн. 2006. № 41-42. С. 22–28.
- [Жамалетдинов, Семёнов, 1984] *Жамалетдинов А. А., Семёнов А. С.* Электронно-проводящие породы кристаллического фундамента — объект глубинных электрических зондирований // Коровые аномалии электропроводности. Л.: Наука, 1984. С. 8–21.
- [Жамалетдинов и др., 1973] *Жамалетдинов А. А., Иванов А. П., Круль Э. П., Порай-Кошиц А. М.* Первый опыт частотного электромагнитного зондирования на Кольском полуострове // Геофизические исследования на Кольском полуострове. Апатиты: Изд. КФАН СССР, 1973. С. 14–21.
- [Жамалетдинов и др., 1980] *Жамалетдинов А. А., Кулик С. Н., Павловский В. И., Рокитянский И. И., Таначев Г. С.* Аномалия короткопериодных геомагнитных вариаций над структурой Имандра-Варзуга (Кольский полуостров) // Геофиз. журн. 1980. Т. 2. № 1. С. 91–96.
- [Жамалетдинов и др., 2011] *Жамалетдинов А. А., Шевцов А. Н., Короткова Т. Г., Копытенко Ю. А., Исмагилов В. С., Петрищев М. С., Ефимов Б. В., Баранник М. Б., Колобов В. В., Прокочук П. И., Смирнов М. Ю., Вагин С. А., Пертель М. И., Терещенко Е. Д., Васильев А. Н., Григорьев В. Ф., Гохберг М. Б., Трофимчик В. И., Ямпольский Ю. М., Колосков А. В., Фёдоров А. В., Корья Т.* Глубинные электромагнитные зондирования литосферы восточной части Балтийского (Фенноскандинавского) щита в поле мощных контролируемых источников и промышленных ЛЭП (эксперимент FENICS) // Физика Земли. 2011. № 1. С. 4–26.
- [Краев и др., 1947] *Краев А. П., Семёнов А. С., Тархов А. Г.* Сверхглубокое электророндирование // Разведка недр. 1947. № 3. С. 40–41.
- [Лазарева, 1964] *Лазарева Н. В.* Применение магнитотеллурических методов в Печенгском районе // Вопросы разведочной геофизики. М.: Недра, 1964. С. 105–107.
- [Нерсесов и др., 1979] *Нерсесов И. Л., Сидорин А. Я., Журавлёв В. И., Велихов Е. П., Волков Ю. М., Кукса Ю. И., Венгерский В. В., Бабаков Ю. П., Писакин А. В., Исаев Ю. И., Назаровский В. М.* Прогноз землетрясений методом глубинного электрического зондирования земной коры с использованием МГД-генератора «Памир-1» // Докл. АН СССР. 1979. Т. 245. № 1. С. 55–58.
- [Николаевский, 1996] *Николаевский В. Н.* Катакластическое разрушение пород земной коры и аномалии геофизических полей // Изв. РАН. Физика Земли. 1996. № 4. С. 41–50.
- [Рокитянский и др., 1963] *Рокитянский И. И., Зыбин К. Ю., Рокитянская Д. А., Щепетнев Р. В.* Магнитотеллурическое исследование массива на геофизических станциях Борок, Ловозеро и Петропавловск-Камчатский // Электромагнитные зондирования и магнитотеллурические методы разведки. Л.: ЛГУ, 1963. С. 124–130.
- [Тихонов и др., 1967] *Тихонов А. Н., Эненштейн Б. С., Скугаревская О. А.* Изучение внутреннего строения кристаллического фундамента электромагнитным зондированием // Докл. АН СССР. 1967. Т. 173. № 5. С. 1062–1064.
- [Фельдман, 2006] *Фельдман И. С.* Геолого-геофизические результаты МГД-экспериментов в СССР (обзор) // Теория и методика глубинных электромагнитных зондирований на кристаллических щитах. Апатиты: Изд-во КНЦ РАН, 2006. С. 80–85.

- [Korja et al., 2002] *Korja T., Engels M., Zhamaletdinov A. A., Kovtun A. A., Palshin N. A., Smirnov M. Yu., Tokarev A. D., Asming V. E., Vanyan L. L., Vardaniants I. L.* and the BEAR WG. Crustal conductivity in Fennoscandia — a compilation of a database on crustal conductivity in Fennoscandian shield // *Earth, Planets, Space*. 2002. No. 54. P. 535–558.
- [Sokolova, Varentsov, 2007] *Sokolova E. Yu., Varentsov I. M.* Deep array electromagnetic sounding on the Baltic Shield: External excitation model and implications for upper mantle conductivity studies // *Tectonophysics*. 2007. V. 445. P. 3–25.
- [Varentsov et al., 2002] *Varentsov I. M., Engels M., Korja T., Smirnov M. Yu.* and the BEAR Working Group. The generalized geoelectric model of Fennoscandia: a challenging database for long period 3D modeling studies within Baltic electromagnetic array research (BEAR) // *Fizika Zemli*. 2002. No. 10. P. 64–105.
- [Velikhov et al., 1986] *Velikhov Ye. P., Zhamaletdinov A. A., Bel'kov I. V., Gorbunov G. I., Hjelt S. E., Lisin A. S., Vanyan L. L., Zhdanov M. S., Demidova T. A., Korja T., Kirillov S. K., Kuksa Yu. I., Poltanov A. Ye., Tokarev A. D., Yevstigneev V. V.* Electromagnetic Studies on the Kola Peninsula and in Northern Finland by Means of a Powerful Controlled Source // *J. Geodynamics*. 1986. No. 5. P. 237–256.
- [Zhamaletdinov et al., 1993] *Zhamaletdinov A. A., Tokarev A. D., Vinogradov Yu. N., Asming V. E., Otchur N. A., Ronning I. S., Lile O. B.* Deep geoelectrical studies in the Finnmark and the Pechenga area by means of the “Khibiny” source // *Physics of the Earth and Planetary Interiors*. 1993. No. 81. P. 277–287.
- [Zhamaletdinov et al., 2002] *Zhamaletdinov A. A., Semenov V. Yu., Shevtsov A. A., Tokarev A. D., Bobachev A. A.* Geoelectrical structure of the Baltic Shield and its vicinity through the lithosphere and mantle // *Acta Geophysica Polonica*. 2002. V. 50. No. 4. P. 583–606.

INVESTIGATION OF DEEP ELECTRIC CONDUCTIVITY OF THE BALTIC SHIELD LITHOSPHERE

A. A. Zhamaletdinov, Yu. A. Kopitenko, V. S. Ismaguilov

Pushkov Institute of Terrestrial Magnetism, Ionosphere and Radio Wave Propagation
of Russian Academy of Sciences (SPbF IZMIRAN)

Comprehensive analysis of results of three large-scale experiments on the deep electromagnetic sounding of the lithosphere of the Baltic Shield is performed: (i) Khibiny experiment (the sounding with pulse MHD generator of 80 MW power), (ii) BEAR experiment (synchronous MT-soundings on the network 150×150 km) and (iii) FENICS experiment (frequency tensor sounding in the field of two mutually orthogonal transmission lines). Summary geoelectric profile of the lithosphere was formed as result of the interpretation.

Keywords: geoelectricity, deep electromagnetic sounding, Baltic Shield.

Zhamaletdinov Abdulhai Azymovich — senior scientist, doctor of geological and mineralogical sciences, chief scientist. abd.zham@mail.ru

Kopytenko Yuri Anatolevich — head of department, doctor of physical and mathematical sciences, professor, office@izmiran.spb.ru

Ismaguilov Valery Sarvarovich — central administration, PhD, ivs@izmiran.spb.ru