

ОСОБЕННОСТИ СТРОЕНИЯ ЗЕМНОЙ КОРЫ БЕЛОМОРСКОГО И ЧАСТИЧНО КАРЕЛЬСКОГО БЛОКОВ ПО ДАННЫМ МАГНИТОТЕЛЛУРИЧЕСКИХ ЗОНДИРОВАНИЙ

Е. В. Поспеева, Л. В. Витте

АННОТАЦИЯ. Приведена интерпретация результатов магнитотеллурических зондирований, выполненных по трём профилям в пределах Беломорского и частично Карельского блоков. Для объяснения геологической природы аномалий удельного электрического сопротивления привлечены материалы новых геолого-петрологических и тектонических исследований, сведения по геодинамике и тепловому режиму коры и мантии, а также карты региональных магнитных и гравитационных аномалий. Показана связь крупных высокоомных неоднородностей в земной коре с особенностями состава и строения Беломорского и Карельского блоков.

Ключевые слова: магнитотеллурическое зондирование, Беломорский и Карельский блоки, природа аномалий, неоднородности, земная кора.

ABSTRACT. The interpretation of magnetotelluric sounding results realized by three profiles at region of Belomorsk's and partially Karelia's blocks is given in the paper. The new geologic, petrologic and tectonic investigations, information about geodynamic and thermal conditions of the crust and the mantle, maps of regional magnetic and gravitation anomalies are involved to explain the geological nature of specific electric resistance. The connection of large high-resistance heterogeneities in Earth crust with features of Belomorsk's and Karelia's blocks' composition and structure was shown.

Key words: magnetotelluric sounding, Belomorsk's and Karelia's blocks, geological nature, heterogeneity, earth crust.

Введение

Глубинное строение Северной Европы, в т. ч. и Балтийского щита, привлекает отечественных и зарубежных исследователей не только в связи с решением фундаментальных, но и практических задач, таких как прогнозирование и поиски минеральных (в т. ч. и кимберлитов) ресурсов. Несмотря на большой объём комплексных геолого-геофизических исследований, выполненных здесь в последние десятилетия, многие вопросы глубинной тектоники и строения земной коры остаются неизученными.

В данной статье анализируются результаты магнитотеллурических исследований, проведённых в пределах Беломорского и части Северо-Карельского блоков. При интерпретации полученных данных использованы материалы новейших геолого-тектонических и петрологических работ, а также гравиметрические и магнитные карты, что позволило подойти ближе к пониманию природы крупных геоэлектрических неоднородностей.

К сожалению, в силу природных факторов и организационных проблем магнитотеллурические исследования не были проведены в полном объёме. Тем не менее часть работ была выполнена, и мы посчитали целесообразным провести комплексный анализ в рамках изученной, пусть очень небольшой, территории.

Методика полевых работ, обработка и интерпретация данных МТЗ

Магнитотеллурические исследования (МТЗ) в диапазоне периодов 0,003 - 10 000 с выполнялись с применением новейшей технологии V5 System-2000 с использованием аппаратуры "MTU-5" компании *Phoenix Geophysics* (Канада). Аппаратура отличается стабильностью параметров, высокой точностью, высоким уровнем автоматизации, надёжностью, возможностью работать в широком климатическом диапазоне и предусматривает регистрацию пяти компонент магнитотеллурического поля (МТ-поля). Для регистрации электрических компонент МТ-поля применялась крестообразная установка с длиной приёмных линий 100 м. Время регистрации - 19 - 22 ч. Плановая и высотная привязка пунктов зондирования осуществлялась с помощью GPS. Всего выполнено 88 ф.т. по трём профилям с шагом 2 км, со сгущением сети до 1 км на аномальных участках 1 км (рис. 1). Для обработки полевых данных использовалось программное обеспечение *Phoenix Geophysics*.

Интерпретация полученных данных включала два этапа: качественную интерпретацию, заключающуюся в выборе геоэлектрической модели, и количественную, направленную на определение параметров этой модели. При качественной интерпретации особое внима-

ние уделялось анализу формализованных магнитотеллурических тестов, которые при профильных наблюдениях играют важную роль [1]. Анализировались три параметра: N - параметр неоднородности [2]; $skew$ - параметр асимметрии Свифта [17]; η - фазочувствительный параметр асимметрии Бара [16]. Магнитотеллурические тесты определяются по формулам:

$$N = \left| \frac{Z_{xx}Z_{yy} - Z_{xy}Z_{yx}}{1 - 4 \frac{(Z_{xy} - Z_{yx})^2}{(Z_{xx} + Z_{yy})^2}} \right|, \quad (1)$$

$$skew = \left| \frac{Z_{xx} + Z_{yy}}{Z_{xy} - Z_{yx}} \right|, \quad (2)$$

$$\eta = \frac{\sqrt{0,5 \left| \operatorname{Im} (Z_{xy}Z_{yy}^* + Z_{xx}Z_{yx}^*) \right|}}{|Z_{xy} - Z_{yx}|}, \quad (3)$$

где * - означает комплексную сопряжённость. Параметры N , $skew$, η оцениваются по отношению к пороговым значениям Δ , характеризующим уровень измерительных погрешностей, которые выбирают в интервале 0,05 - 0,15 [1].

Профили I-I и II-II расположены в пределах Беломорского подвижного пояса, представленного здесь тоналит-гранодиоритовыми гнейсами, тоналитовыми гнейсами, а также породами Чупинского покрова (см. рис. 1). Анализ магнитотеллурических параметров по этим профилям показал, что на высоких частотах ($T \ll 1$) значения параметра неоднородности $N < 0,4$. Исключение составляют участки профилей (МТЗ 14 - 21 и 25 - 67), пересекающие южную часть крупной магнитной аномалии, вытянутой в северо-северо-западном направлении. Здесь значения N возрастают до 0,7 во всём интервале частот (рис. 2, а, б). Интенсивные положительные глубинные аномалии в этом регионе могут быть вызваны телами, сложенными мафическими или ультрамафическими образованиями. В геоэлектрическом разрезе им соответствуют обширные неоднородности высокого сопротивления (см. рис. 4, 5). Глубина залегания верхней кромки глубинного тела составляет ~10 км [8]. Примерно такие же оценки глубины залегания получены по результатам количественной интерпретации данных МТЗ. С понижением частоты ($T > 100$ с) значения N возрастают до 0,7 - 0,9 на всём протяжении профилей. Высоким значениям N отвечают повышенные значения $skew = 0,4... 2$ и $\eta > 0,15... 0,3$. В пределах аномалии высокого сопротивления повышенным значениям N и $skew$ соответствуют пониженные значения η , что говорит о наличии в этом интервале разреза 3D-неоднородностей [16]. Таким образом, распределение магнитотеллурических параметров соответствует трёхмерной модели среды, за исключением самой верхней части разреза (до глубин 6 - 10 км). Этот вывод подтверждает и анализ полярных диаграмм магнитотеллурического тензора, которые на высоких частотах со-

ответствуют 2D-модели, а на низких - осесимметричной 3D-модели.

Профиль III-III характеризуется более сложным геологическим строением. В северной части он проходит вдоль границы Беломорского блока с Карельским, затем вдоль структур Беломорского блока, а в крайней южной части по территории Северо-Карельского блока (см. рис. 1). Каждый из пересекаемых участков характеризуется своим, отличным от других, геоэлектрическим разрезом. Шовная зона Беломорского и Карельского мегаблоков сложена сильно дислоцированными породами нижнего протерозоя. Сопроотивления пород верхней - средней коры на этом участке профиля составляют 2000 - 3000 Ом·м. Для этого интервала разреза характерны самые низкие значения $N < 0,35$ (см. рис. 2, в). С понижением частоты значения N увеличиваются до 0,4 - 0,5, а на $T > 100$ с - до 0,7 - 0,9. Наибольшие значения N отмечаются в пределах проводящих геоэлектрических неоднородностей. Здесь, как и на профилях I-I и II-II, высоким значениям N отвечают повышенные значения $skew$. Значения фазочувствительного параметра η увеличиваются с понижением частоты и значительно превышают пороговые ($> 0,7$). Центральный участок профиля ха-

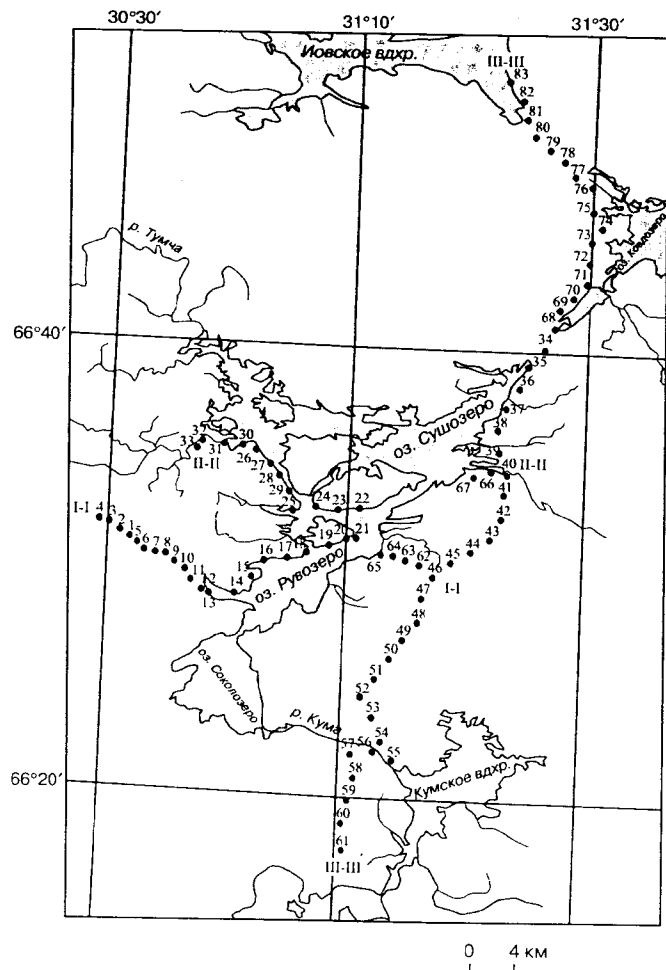


Рис. 1. Схема расположения профилей магнитотеллурических зондирований:

точки - пункты МТЗ; I-I, II-II, III-III - профили МТЗ

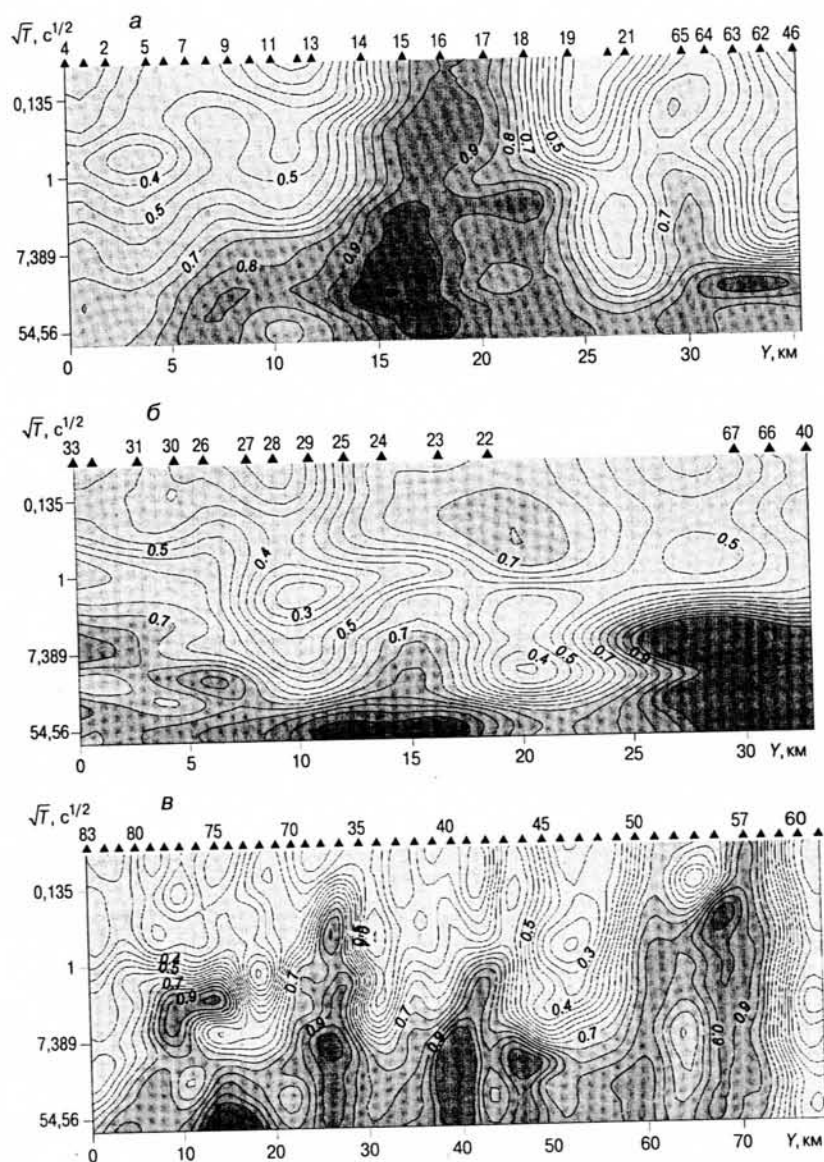
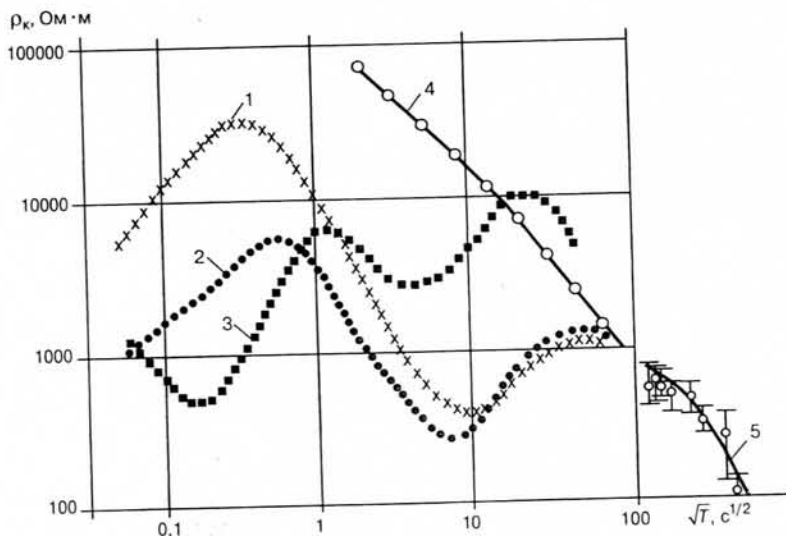


Рис. 2. Частотные разрезы магнитотеллурического параметра неоднородности N :

а - по профилю I-I; б - по профилю II-II; в - по профилю III-III



характеризуется наличием пород высокого сопротивления, представленными тоналит-грандиитовой ассоциацией. Здесь на $T \ll 1$ с также отмечаются самые низкие значения $N (< 0,3)$, характерные для двумерной модели разреза. Начиная с $T = 1$ с отмечается увеличение значений N от 0,4 до 0,7 - 0,9 во всем диапазоне частот. Самым высоким значениям N отвечают проводящие субвертикальные зоны, отделяющие центральный участок от северного и южного. Самое сложное геоэлектрическое строение имеет южный участок профиля, который характеризуется чередованием узких блоков земной коры высокого и низкого удельного сопротивления (рис. 5). Здесь магнитотеллурические параметры N , $skew$ и η имеют повышенные значения во всем диапазоне частот.

Количественная интерпретация осуществлялась в рамках 1D-модели. В качестве интерпретационных были выбраны продольные (квазипродольные) кривые. Теоретические исследования основных классов неоднородных моделей показали, что в условиях отсутствия осадочного чехла и выхода на поверхность высокоомных пород кристаллического фундамента, искажающие эффекты в МТ-поле имеют главным образом гальваническую природу [14]. В этом случае получение информации о параметрах глубинного разреза возможно путём интерпретации так называемых "квазипродольных" кривых [6]. Правомочность такого выбора для изученной территории подтверждается результатами сопоставления "квазипродольных" кривых с "нормальной" кривой Ваньяна [2] и кривой глобального магнитовариационного зондирования. На рис. 3 приведены средние продольные кривые для блоков земной коры с различным типом геоэлектрического разреза, из анализа которых следует, что продольные кривые в интервале периодов $T > 10^2$ с удовлетворительно совпадают с кривой Ваньяна, а на $T > 10^4$ с близки к кривой глобального магнитовариационного зондирования.

Обсуждение результатов

Строение земной коры Беломорского блока и частично (северная часть) Карельского охарактеризовано тремя глубинными (до 35 км) разрезами (см. рис. 1). Профили I-I и II-II расположены полностью в пределах Беломорского блока. Профиль III-III в северной части проходит вдоль границы Беломорского

Рис. 3. Средние продольные кривые МТЗ: 1, 3 - из высокоомного разреза земной коры; 2 - из низкоомного разреза; 4 - "нормальная" кривая Ваньяна; 5 - кривая глобального магнитовариационного зондирования

блока с Карельским, характеризуя особенности тектонической структуры северного фаса последнего, далее вдоль структур Беломорского блока, а в крайней южной части характеризует область развития архейских гранито-гнейсовых комплексов Северо-Карельского блока.

Характерной особенностью геоэлектрических разрезов исследуемых блоков Балтийского щита является широкое развитие областей, характеризующихся понижением электрического сопротивления пород от верхних уровней разреза коры до нижних (35 км) её горизонтов, причём в пределах этих областей наиболее интенсивное уменьшение УЭС отмечается преимущественно в средней и нижней частях разреза. Обширные глубокие минимумы характерны особенно для разрезов по профилям I-I и II-II, а также для северо-центральной части профиля III-III (рис. 4, 5). Существование таких обширных и глубинных зон земной коры, характеризующихся весьма низкими значениями УЭС в пределах блоков, сложенных древними исключительно высокоомными породами, требует объяснения. Необходимо прежде всего анализ термального состояния земной коры и верхней мантии Балтийского щита, а также особенностей геодинамики неотектонического этапа его развития.

Исследования термального режима [3] показало смещение нижнекоровых геотерм на PT -диаграмме относительно верхнемантийной геотермы в высокотемпературную область, что соответствует приблизительно модельной геотерме с тепловым потоком 65 мВ/м^2 . Термальная граница между верхней мантией и нижней корой существует в тектонических структурах различного типа. Она отражает значительное увеличение термических градиентов в нижней коре по сравнению с верхней мантией.

Рассмотрим геодинамику Балтийского щита на неотектоническом этапе [9, 10]. На новейшем этапе Балтийский щит характеризуется режимом транспрессии, выраженной в напряжённом состоянии пород - наличии взбросо-надвиговых, сдвиговых и пликативных дислокаций, отражающих деформации объёмного течения [7, 9, 10]. Эти процессы сопряжены с режимом растяжения в прилегающих рифтах и в глубоководных частях Арктической и Атлантической депрессий. Геологические, структурно-морфологические и геодезические наблюдения позволяют предполагать, что современный подъём щита связан главным образом с тектоническими причинами, а именно, со встречным движением глубинных масс из областей впадин в область щитового поднятия. "Балтийский щит можно рассматривать как область нагнетания материала за счёт встречных конвективных струй: атлантической (океанической) и вос-

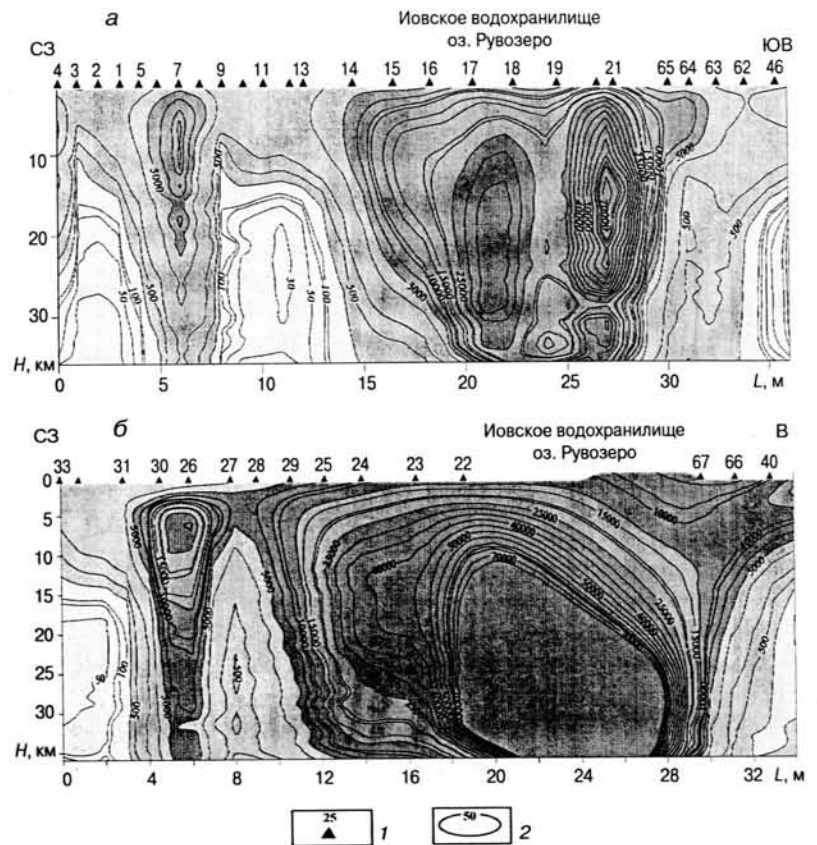


Рис. 4. Глубинные геоэлектрические разрезы:

а - профиль I-I; б - профиль II-II (положение профилей см. рис. 1); 1 - пункты магнитотеллурических зондирований; 2 - изолинии удельного электрического сопротивления в Ом·м

точно-европейской (подкратонной). Отсутствие данных о сейсмофокальной зоне в этом регионе свидетельствует о том, что здесь происходит взаимопроникновение вещества океанической и континентальной литосферы и его перемешивание" [9, с. 146]. Процесс взаимопроникновения и перемешивания вещества океанической и континентальной литосферы может иметь следствием изменение термического режима в нижней и средней коре: значительное увеличение здесь термических градиентов и теплового потока, обусловивших

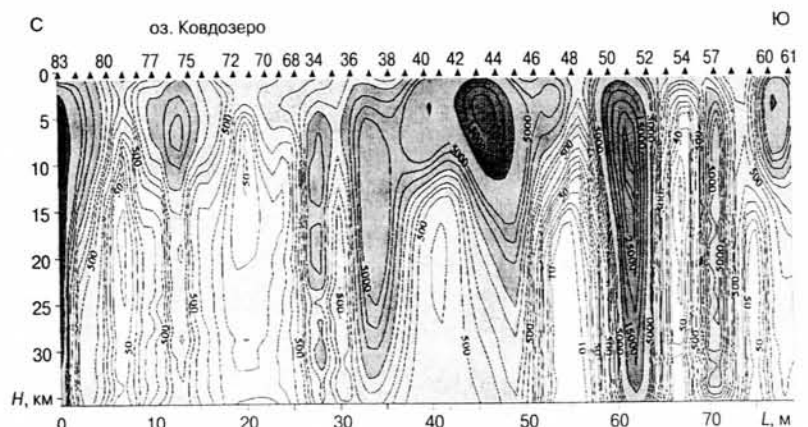


Рис. 5. Глубинный геоэлектрический разрез по профилю III-III: усл. обозн. - см. рис. 4

региональное понижение УЭС. Существенную роль в формировании зон с низкими значениями УЭС играют новейшие глубинные разломы, связанные с крупнейшей внутриплатформенной Рифтовой системой Белого моря. "Геодинамика современного этапа определяется, несомненно, влиянием Северо-Атлантической зоны спрединга, создающей напряжения сжатия, разряжающиеся преимущественно вдоль северо-западных разломных зон Рифтовой Системы Белого моря" [13, с. 168]. Эти разломные зоны хорошо выражены в гравитационном поле (рис. 6, а). Система северо-западных глубинных разломов подчёркивает крупную новейшую структуру Кандалакшского грабена и его обрамления, прослеживаясь в пределы Северо-Карельского и Беломорского блоков. Современные землетрясения пространственно приурочены также к зоне новейшего Кандалакшского грабена (палеорифта) и к системе поперечных нарушений (см. рис. 6, а).

Электромагнитные профили I-I и II-II пересекают комплексы Беломорского подвижного пояса в области развития пород нижнего структурного яруса, представленного тоналит-трондjemитовыми гнейсами, тоналитовыми гнейсами, а также породами Чупинского покрова, в составе которого: метаморфизованные гра-

увакки и метавулканы среднего, кислого и реже основного составов [12]. В основе разреза земной коры района, пересекаемого профилем II-II, залегают породы Хетолабинского покрова, в составе которого развиты тоналиты с полосами базитов, телами ультрабазитов и линзами парагнейсов. Это так называемые мафические зоны, которые рассматриваются как реликты протофиолитов [11, 12]. Покров сложен тремя тектоническими пластинами значительной мощности, разделёнными мафическими зонами. Породы, охарактеризованные выше, имеют высокие значения УЭС, что и подтверждается характеристиками УЭС верхней половины разреза (от 10 000 - 50 000 Ом·м). В интервале глубин от ~15 до 35 км выделяется обширная область с очень высокими значениями УЭС - от 75 000 до 300 000 Ом·м. Глубинное тело расположено в нижней половине разреза земной коры между глубинными разломами, пункты 23 и 22 и 67 (см. рис. 4, б). Природа этого высокоомного образования может быть объяснена существованием в средней и нижней частях разреза земной коры крупного глубинного объекта. Высокие значения УЭС, свойственные этому объекту, сочетаются с высокими значениями намагниченности. На рис. 6, б показана глубинная региональная магнитная аномалия (модель корового магнитного поля NGDC-720, гармоники 16-720). Аномалия вытянута в северо-северо-западном направлении и состоит из двух максимумов. Южный максимум - Пяозерская аномалия, хорошо изучен [8]. Результаты моделирования показали двухъярусное строение земной коры на территории региональной магнитной аномалии. Первый ярус отражает распределение намагниченности пород фундамента до глубины ~10 км, второй - магнитную неоднородность коры глубже 10 км. Верхний ярус сложен магнитоактивными телами, суммарная намагниченность которых в 2 - 10 раз меньше намагниченности глубинных объектов ($J = 1,2$ А/м). Вклад поверхностных источников на высоте 10 км составляет 250 нТл. Однако эти источники не объясняют региональную составляющую аномалии. Исключение влияния поверхностных источников позволило выделить на глубине 8 - 28 км тело с намагниченностью 3,8 А/м. Расчёты показали существование намагниченных тел во всем разрезе коры и возрастание намагниченности с глубиной. Авторы делают вывод о приуроченности аномалии к тяжёлому блоку коры, сложенному породами фемического типа.

Профили I-I и II-II пересекают южную часть крупной магнитной положительной аномалии, расположенной к северо-западу от охарактеризованной выше Пяозерской аномалии. Эта крупная аномалия вызвана теми же телами, что и Пяозерская аномалия. Интенсивные положительные магнитные аномалии глубинного типа, характерные для исследуемого региона, могут быть вызваны телами, характеризующимися очень высоким содержанием магнетита. Такими породами могут быть посторогенные интрузии, широко развитые в районе Приладожья [4]. Здесь они сложены в основном двумя интрузивными сериями: ультрамафит-мафиты включают породы от калиевых апатитонесущих ультрамафитов, субщелочных габброидов до кварцевых

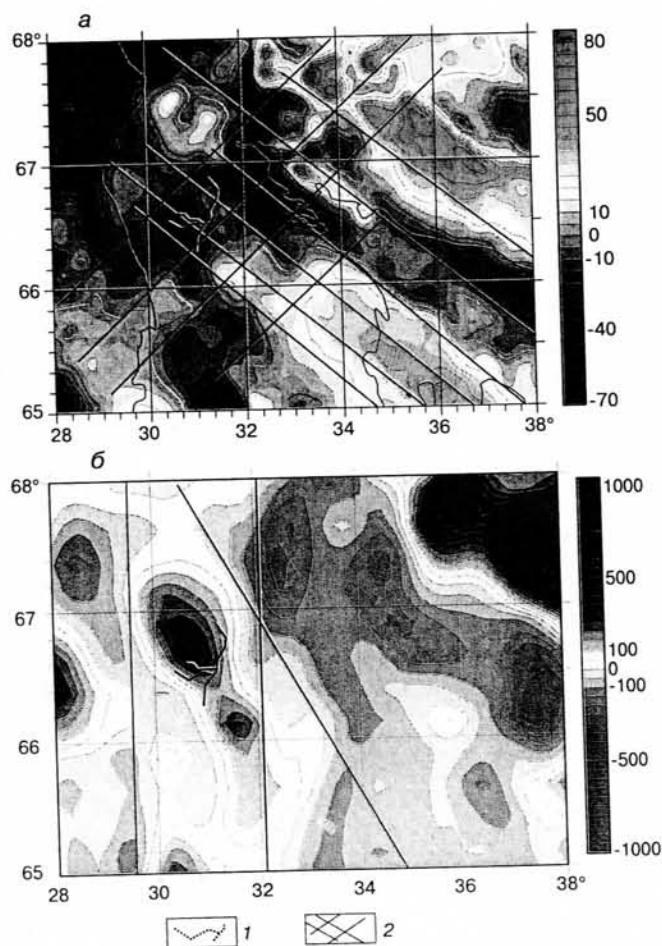


Рис. 6. Фрагменты карт:
а - гравитационного поля (аномалии Фая); б - регионального магнитного поля; 1 - профили магнитотеллурических зондирований; 2 - глубинные разломы мантийного заложения

диоритов, монцодиоритов и мезосиенитов; фельзитические породы представлены лейкосиенитами, кварцевыми монцонитами, гранодиоритами, гранодиоритовыми гранитами. Геохимические и петрологические характеристики калиевых ультрамафитов позволяют связывать их с процессами мантийно-корового взаимодействия в зонах свекофенской субдукции. Содержание магнетита в этих посторогенных сериях очень высоко. Во многих мафитах магнетит может быть породообразующим минералом. Интенсивные глубинные (региональные) магнитные аномалии, принадлежащие меридиональной зоне интенсивного положительного регионального магнитного поля (от Ладожского озера на юге до Мурманска на севере) могут быть связаны с процессами становления посторогенных интрузивных комплексов.

Профиль II-II пересекает интенсивную положительную магнитную аномалию вблизи её эпицентра (см. рис. 6, б). Обширный максимум удельного электрического сопротивления отвечает сильно магнитным образованиям, располагающимся в средней и нижней частях разреза земной коры и, возможно, связанными, как показано выше, с процессами её преобразования в период становления посторогенных интрузивных комплексов. Породы, входящие в состав этих комплексов, характеризуются не только высокой намагниченностью, около 3,8 А/м, но и очень высокими значениями УЭС. Максимальные значения характерны для глубинного тела (от 10 до 35 км, а возможно, и глубже), т. е. для уровня, в пределах которого протекали процессы мантийно-корового взаимодействия и становления комплекса ультрамафит-мафитовых образований. Верхняя часть геоэлектрического разреза характеризуется достаточно высокими значениями УЭС (от 5000 до 6000 Ом·м), отражающими развитие здесь пород, слагающих Хетоламбинский покров (см. выше). Охарактеризованному геологическому разрезу в целом отвечает увеличивающееся с глубиной удельное электрическое сопротивление - от 10 000 до 60 000 Ом·м.

Профиль I-I проходит в южной краевой части глубинного тела, которое на этом срезе представлено существенно менее высокоомными породами (до 70 000 Ом·м) (см. рис. 4, а), образующими меридиональные обособления, связанные с системами молодых региональных глубинных разломов северо-западного и северо-восточного протираний. Влиянием этих разломов обусловлены и обширные области минимумов УЭС в северо-западной и юго-восточной частях профиля.

Профиль III-III протягивается приблизительно в субмеридиональном направлении от северной границы Карельского блока через структуры Беломорского блока в область развития плутонических пород таважвинского и нотозерского комплексов (см. рис. 1). По особенностям геоэлектрического разреза можно выделить три существенно различающихся участка: северный (Ковдозерский) - пункты 68 - 83; центральный (Беломорский) - пункты 34 - 46 и Южный (Северо-Карельский) - пункты 46 - 61 (см. рис. 5).

Ковдозерский участок профиля пересекает Северо-Карельскую зону, расположенную на границе двух ме-

габлов земной коры - Беломорского и Карельского [4, рис. 3.1, рис. 4.37]. Северо-Карельская зона сложена сильно дислоцированными породами нижнего протерозоя, надвинутыми в основном в общем северном направлении. В плане зона имеет форму дуги длиной около 80 км, выгнутой к северу. Ей соответствуют повышенные отметки рельефа, косвенно свидетельствующие о её неотектонической активности. К северу от Северо-Карельской зоны расположено Ковдозеро, которое генерализовано также в форме дуги, примерно параллельной надвиговому фронту. Образование подобного прогиба перед фронтом надвигов Северо-Карельской зоны свидетельствует об активизации этого фронта на новейшем этапе. Детальными работами были установлены морфоструктуры, отражающие движение выступа карелид, ограниченного Северо-Карельской зоной - в общем направлении на север [12].

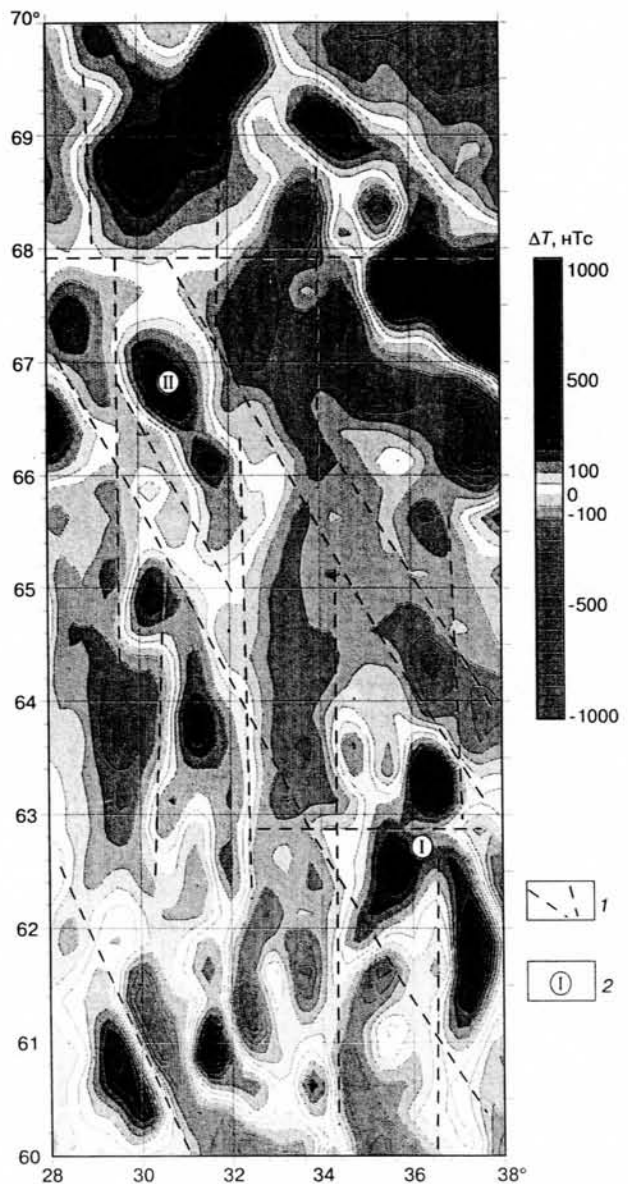


Рис. 7. Модель корового магнитного поля NGDC-720: 1 - региональные глубинные разломы; 2 - магнитные аномалии: I - Кимозерская, II - исследуемая

Участок профиля III-III между пунктами 68 - 75 проходит вдоль молодого глубинного разлома, ограничивающего зону молодых надвигов с северо-запада. Этому участку профиля отвечает блок земной коры с очень низкими значениями УЭС (до 70 Ом·м), безусловно, свидетельствующими о высокой активности новейших процессов здесь. Участок профиля между пунктами 75 - 83 также проходит вдоль глубинного регионального разлома северо-западного простирания. Разломы этого направления, как и разломы северо-восточного направления, связаны с молодыми глубинными процессами в Рифтовой системе Белого моря (см. рис. 6. а). Высокоомные тела в крайней северной части отвечают древним комплексам Беломорского блока (пп. 80 - 83) и, возможно, фрагментам глубоко метаморфизованных и сложнодислоцированных комплексов зоны надвигов (пп. 74 - 78).

Центральный участок профиля III-III характеризуется преобладанием высокоомных образований в средней и верхней частях разреза коры. Разлом в п. 68 северо-восточного простирания ограничивает центральный блок с севера, а разлом в п. 49 имеет северо-западную ориентировку и ограничивает Центральный массив с юга. Разрез земной коры в пределах центрального участка представлен тоналит-трондьейтовой ассоциацией, состав и структура которой описаны в характеристике профилей I-I и II-II. Это преимущественно высокоомные образования, что видно и на центральном участке профиля III-III (см. рис. 5). Здесь породы с высоким сопротивлением (700 - 11 000 Ом·м) тяготеют к верхним и средним горизонтам разреза коры. С глубиной значения сопротивления уменьшаются, что связано с особенностями термального режима на нижних уровнях разреза коры.

Южный участок профиля III-III характеризуется чередованием узких блоков коры с высокими и низкими значениями УЭС. Их разделяют глубинные региональные разломы северо-западного направления, прослеживающиеся от крупной новейшей морфоструктуры - Кандалакшского грабена и активных глубинных структур в его северо-восточном и юго-западном бортах. Системы этих разломов хорошо выражены в гравитационном поле (рис. 6, а). Области влияния этих новейших глубинных структур, выраженных минимумами УЭС, рассекают в вертикальном направлении толщу пород высокого сопротивления, представленных гранит-гранодиоритовым плутоном таваярвинского комплекса.

Исследуемый район по геолого-геофизическим характеристикам интересен в аспекте сходства его с Кимозерской аномальной зоной, в пределах которой выявлено единственное в Карелии месторождение алмазов. Оно приурочено к центральным частям магнитной и гравитационной аномалиям, которые, по мнению исследователей [15], являются индикаторами глубинного очага магмогенерации. Однако авторы не располагают достаточными данными для доказательства аналогичности этих структур. Для этого необходимы более глубокие геолого-петрологические и геофизические исследования.

Геофизические аномалии, характеризующие Кимозерский ареал кимберлитового магматизма и исследуемый нами район, принадлежат к единой крупной тектоно-геофизической зоне, ограниченной глубинными (мантийными) разломами северо-западного простирания, осложненными также глубинными (мантийными) разломами меридионального простирания (рис. 7).

Опыт геофизических исследований, проведенных на территории Якутской и Архангельской алмазоносных провинций, показал, что, наряду с аномалиями потенциальных полей и повышенной сейсмической гетерогенностью земной коры, критерием прогнозирования кимберлитоперспективных площадей является наличие субвертикальных проводящих неоднородностей на фоне высокоомного разреза. К проводящим геоэлектрическим неоднородностям, расположенным в узлах пересечения разноориентированных систем разломов, приурочены все известные продуктивные кусты кимберлитовых тел Якутской и Архангельской алмазоносных провинций. Подобные геоэлектрические неоднородности выявлены и на исследуемой территории (см. выше). Неоднородность высокого сопротивления пространственно сопряжена с магнитной аномалией. Кроме того, данные, полученные по профилю II-II, секущему эпицентральной части магнитной аномалии, говорят о наличии глубинного объекта в интервале разреза 10 - 35 км, сопротивление которого составляет около 300 000 Ом·м. По мнению авторов, природа этого тела также связана с процессами магмогенерации, сопровождающимися формированием ультрамафит-мафитовых щелочных пород, с которыми может быть связана коренная алмазоносность.

Заключение

В заключение следует отметить, что наши исследования методом МТЗ, несмотря на небольшой объем, внесли определённый вклад в понимание глубинных процессов, с которыми связаны кимберлитовые месторождения. Особенности геоэлектрического разреза, а именно, наличие в разрезе коры высокоомных и проводящих геоэлектрических неоднородностей, являются одним из глубинных критериев прогноза проявления щелочно-ультраосновного магматизма. В пределах неоднородности высокого сопротивления расположены кимберлитовые поля Якутской и Архангельской алмазоносных провинций, а тела и кусты кимберлитовых трубок - в пределах проводящих неоднородностей, приуроченных к узлам пересечения разноориентированных систем разломов. При этом высокоомные неоднородности интерпретируются как области генерации магмы щелочно-ультраосновного состава, а проводящие зоны - как пути её транспортировки в верхние горизонты разреза.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бердичевский М. Н., Дмитриев В. И., 2009, Модели и методы магнитотеллурики: М., Научный мир.
2. Ваньян Л. Л., Бердичевский М. Н., Васин Н. Д., Окулесский Б. А., Шиловский П. П., 1980, О нормальном геоэлектрическом разрезе: Изв. АН СССР. Физика Земли, 2, 73 - 76.

3. Глебовицкий В. А., Никитина Л. П., Хильтова В. Я., Овчинников Н. О., 2002, Термальные режимы в континентальной верхней мантии и нижней коре в разных типах тектонических структур (по данным термобарометрии ксенолитов из кимберлитов и щелочных базальтов): Глубинное строение и геодинамика Феноскандии, окраинных и внутриплатформенных транзитных зон: Материалы 8-й Международной конференции: Петрозаводск, 66 - 67.
4. Глебовицкий В. А., Седова И. С., Конопелько Д. Л., 2005, Свекофенская провинция: Ранний докембрий Балтийского щита: СПб, Наука.
5. Зыков Д. С., 2002, Новейшая геодинамика Карельского массива: Глубинное строение и геодинамика Феноскандии, окраинных и внутриплатформенных транзитных зон: Материалы 8-й Международной конференции: Петрозаводск, 64 - 65.
6. Ковтун А. А., Вагин С. А., Варданянц И. Л., Легенькова Н. П., Смирнов М. Ю., Успенский Н. И., 2004, Особенности строения Карельского региона по данным геоэлектрических исследований: Глубинное строение и сейсмичность Карельского региона и его обрамления. Под редакцией Шарова Н. В.: Петрозаводск, Карельский научный центр РАН.
7. Колодяжный С. Ю., 2002, Тектоника Восточно-Карельской зоны сдвиговых деформаций: Глубинное строение и геодинамика Феноскандии, окраинных и внутриплатформенных транзитных зон: Материалы 8-й Международной конференции: Петрозаводск, 124 - 125.
8. Крутиховская З. А., Кливиденко Л. Д., Елисеева С. В., Сунич В. С., 1983, Некоторые результаты изучения регионального магнитного поля Карелии: Геофизический журнал, 5, 3, 10 - 19.
9. Леонов М. Г., 2002, Карельский массив: тектоническая эволюция на постархейском этапе: Глубинное строение и геодинамика Феноскандии, окраинных и внутриплатформенных транзитных зон: Материалы 8-й Международной конференции: Петрозаводск, 145 - 146.
10. Леонов М. Г., 2002, Новейшая геодинамика и ее отражение в структуре консолидированной коры континентов: Глубинное строение и геодинамика Феноскандии, окраинных и внутриплатформенных транзитных зон: Материалы 8-й Международной конференции: Петрозаводск, 146 - 147.
11. Лобач-Жученко С. Б., Чекулаев В. П., Степанов В. С., Слабунов А. Н., Арестова Н. А., 1998, Беломорский пояс - позднеархейская аккреционно-коллизонная зона Балтийского щита: Докл. РАН, 38, 2, 226 - 229.
12. Миллер Ю. В., Глебовицкий В. А., Мысцова Т. А., Львов А. Б., 1999, Новые данные о структурной позиции и геотектонической значимости Чупинского покрова Беломорского подвижного пояса: Докл. РАН, 366, 3, 379 - 383.
13. Моралев В. М., Балуев А. С., Терехов Е. Н., 2002, Геодинамика главных этапов эволюции внутриплатформенной Риф-

товой Системы Белого моря: Глубинное строение и геодинамика Феноскандии, окраинных и внутриплатформенных транзитных зон: Материалы 8-й Международной конференции: Петрозаводск, 168 - 169.

14. Спичак В. В., 2009, Современные методы измерения, обработки и интерпретации электромагнитных данных. Электромагнитное зондирование Земли и сейсмичность: М., Научный мир.

15. Устинов В. Н., Загайный А. К., Смит К. Б., Ушков В. В., Лазько Е. Е., Лукьянова Л. И., Лобкова Л. П., 2009, Раннепротерозойские алмазоносные кимберлиты Карелии и особенности их формирования: Геология и геофизика, 50, 9, 963 - 977.

16. Bahr K., 1988, Interpretation of magneto telluric impedance tensor: regional induction and local telluric distortion: Geophysics, 119 - 127.

17. Swift C. M., 1967, A magnetotelluric investigation of an electrical conductivity anomaly in the southwestern United States: Dissertation MIT, Cambridge.

ОБ АВТОРАХ



**Елена Валентиновна
ПОСПЕЕВА**

Старший научный сотрудник Института нефтегазовой геологии и геофизики СО РАН, кандидат геол.-минер. наук. Окончила Иркутский политехнический институт в 1980 г. Специалист в области магнитотеллурических исследований. Автор и соавтор 15 научных публикаций. E-mail: pospeevaev@ipgg.nsc.ru



**Лидия Викторовна
ВИТТЕ**

Научный сотрудник Института нефтегазовой геологии и геофизики СО РАН, кандидат геол.-минер. наук. Окончила Ленинградский горный институт в 1961 г. Специалист в области комплексной интерпретации геолого-геофизических данных. Автор двух монографий и соавтор 20 научных публикаций.