Записки Ленинградского ордена Ленина, ордена Октябрьской Революции
и ордена Трудового Красного Знамени горного института им. Г.В.Плеханова,
1987, т. 113

УДК 550.837.2

ГЕОЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАЗРЕЗА ЮГО-ЗАПАДНОЙ КАРЕЛИИ

Н.Д.ВАСИН

В результате магнитотеллурических (МТ) исследований, ранее выполненных ЛГИ в восточной части Балтийского щита [2-4] была установлена преимущественная связь аномалий МТ-поля с зонами глубинных разломов и протерозойскими структурами, в строении которых принимают участие толщи графитизированных сланцев. Эта геологическая информация представляет собой существенное дополнение к характеристике геологического разреза, получаемой по данным глубинного сейсмического зондирования (ГСЗ). Именно эта цель преследовалась при выполнении наблюдений методом магнитотеллурического зондирования (МТЗ) по профилю оз.Сегозеро – пос.Хиитала в Юго-Западной Карелии. Основной геологической особенностью изучаемого разреза является пересекаемая профилем зона глубинного Янисярвинского разлома, отделяющая Карельский мегаблок от Свекофенского геоблока (рис.I). Северовосточная половина профиля проходит по Центрально-Карельскому массиву, а юго-западная располагается в пределах Ладожского блока. Значительная протяженность профиля (300 км) позволяла сопоставить геоэлектрические характеристики представительных участков указанных блоков.

Наблюдения МТЗ по профилю осуществлялись с помощью цифровых электроразведочных станций ЦЭС-I (в интервале 10^{I}–10^{3} с) и ЦЭС-2 (0,25–10^{3} с). Всего на профиле сделано 30 пунктов МТЗ, т.е. средний шаг наблюдений равен I0 км. Весь полученный материал подвергнут стандартной машинной обработке, по существующим программам, созданным для материала станций ЦЭС-I и ЦЭС-2. Однако пришлось прибегнуть к дополнительным мерам по улучшению качества и повышению надежности получаемых данных.

Сложный характер регистрируемых сигналов, связанный с типичной для Балтийского щита повышенной неоднородностью первичного МТ-поля и неоднородностью приповерхностной части геологической среды, а также исключительно высокий уровень индустриальных электромагнитных помех – все это приводило нередко к значительной дисперсии измеряемых значений импеданса (рис.2). Поэтому с целью лучшего обеспечения процесса обработки статистическим материалом в каждом из трех рабочих частотных поддиапазонов выполнялось на каждом пункте МТЗ, по меньшей мере, по три дублирующих записи.

Действительной мерой оказался прием группирования и последующего осреднения значений МТ-параметров по нескольким пунктам МТЗ. Объединение

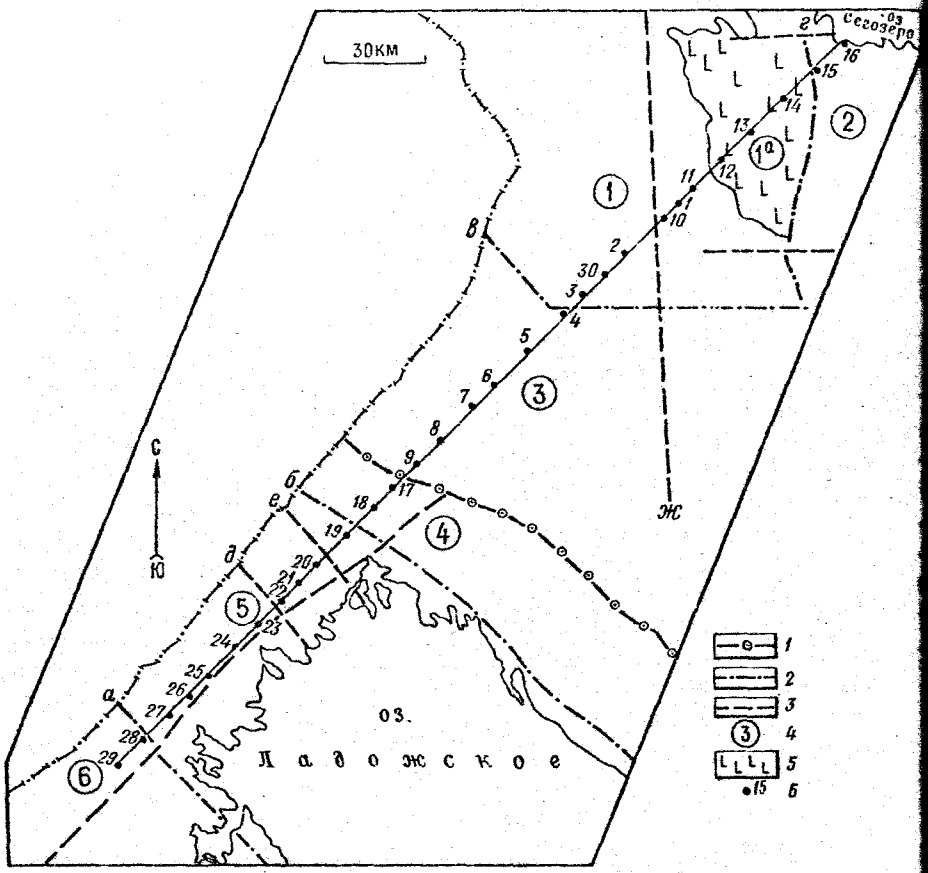


Рис.1. Схема блокового строения Юго-Западной Карелии и положения профиля МТЗ
1-3 – зоны глубинных разломов: 1 – межмегаблоковый Янисярвинский, 2 – межблоковые, Приозерский (а), Питкярантский (б), Поросозерско-Шардозерский (в), Паданский (г), 3 – внутриблоковые, Лахденпохский (д), Сортавальский (е), Суоярвско-Гимольский (ж), Элисенваарский (з); 4 – блоки III порядка: 1 – Гимольский, 1а – Янгозерская структура, 2 – Сегозерский, 3 – Ялонварский, 4 – Янисярвинский, 5 – Лахденпохский, 6 – Вуоксинский; 5 – Янгозерская структура, 6 – пункты МТЗ

МТЗ производилось при условии удовлетворительного соответствия областей дисперсии значений одноименных импедансов во всем интервале периодов, ч отражало сходство геоэлектрических условий наблюдений. После осреднения по периодам значений логарифмов импедансов кривые последних сглаживались способом скользящего среднего с окном осреднения (0,7-1,4) $\sqrt{T}$.

Повторное сглаживание проводилось при пересчете кривых импеданса в кривые кажущегося сопротивления ρ_T. В результате такой обработки резкие локальные изгибы, наблюдающиеся на многих кривых ρ_T одиночных пун тов МТЗ на итоговых кривых сильно сглаживаются или исчезают. При огромн соизмеримых с протяженностью профиля глубинах проникновения МТ-поля, по добные некоррелирующиеся локальные изгибы предстаавляются искаженными от

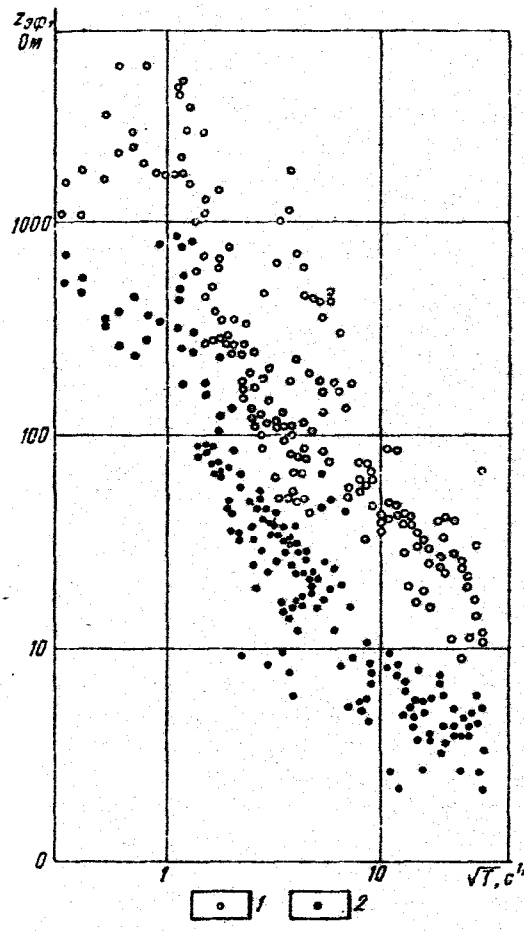


Рис.2. Примеры сильной дисперсии значений $Z_{эф}$ на пункте 11
1 и 2 – соответственно импедансные и адмитансные оценки $Z_{эф}$

приповерхностных и боковых неоднородностей среды. Таким образом, итоговые кривые ρ_T могут рассматриваться как обобщенные характеристики геоэлектрического разреза.

С учетом преобладающего северо-северо-западного простирания большинства геологических границ на рассматриваемой территории для получения продольных и поперечных кривых кажущегося сопротивления измерительные установки на всех пунктах МТЗ ориентировались в магнитных азимутах 50^0 и 140^0. Однако, воздействие геологических структур других простираний приводило к заметным изменениям ориентировок импедансных диаграмм на многих точках, что вынудило привлекать к анализу так называемые максимальные (ρ_{xy}) и минимальные (ρ_{yx}) кривые кажущегося сопротивления, которые приближенно могут отождествляться с поперечными и продольными кривыми. В этих условиях резонно использование также эффективных кривых $\rho_{эф}$. Максимальные кривые ρ_{xy} характеризуются плохой коррелируемостью форм и положений, обусловленной их повышенной чувствительностью к приповерхностным неоднородностям и здесь не рассматриваются (рис.3). Три из групп МТЗ (I, II и III) сформированы с учетом положения пунктов МТЗ в пределах того или иного блока, степени сходства формы кривых, близости уровней значений импедансов: I – пункты МТЗ I, I0, II, I2 и 30; II – пункты 2, 3, 4, 5, 6 и 7; III – пункты 9, I4, I8, I9, 23, 24, 26 и 28 (рис.4,а). Из этих групп исключены МТЗ с аномальной электропроводностью. Кривые тех МТЗ, которые непосредственно попадают в зоны высокой электропроводности, образовали группу IУ.

К особенностям формы всех средних кривых кажущегося сопротивления относится сравнительная выдержанность угла наклона кривых к оси абсцисс во всем интервале периодов вариации, несколько большего (45-55^0) у мини-

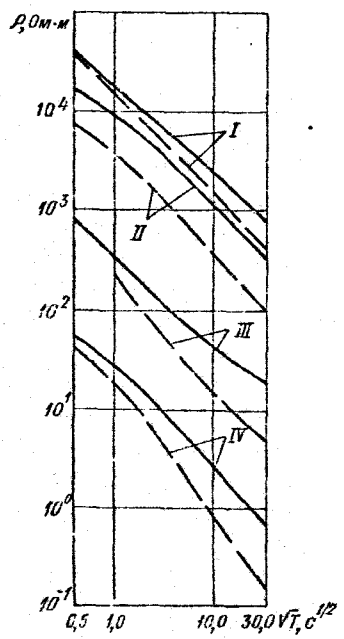


Рис.3. Осредненные кривые $\rho_{ус}$ (сплошные кривые) и $\rho_{эф}$ (пунктирные) по группам I-IУ

мальных кривых. Это позволяет сделать вывод об отсутствии в глубинных частях изучаемого разреза достаточно контрастных геоэлектрических границ и близком к градиентном характере повышения проводимости разреза с глубиной.

Для псевдоразреза изолиний эффективной продольной проводимости значения $S_{эф}$ рассчитаны для каждого пункта МТЗ на I2 фиксированных значениях $\sqrt{T}$ по формуле $S_{эф} = 796/|Z_{эф}|$, где $Z_{эф}$ – модуль эффективного импеданса; T – соответствующий период вариаций, с.

Здесь построение псевдоразреза изолиний $S_{эф}$ в зависимости от эффективной глубины проникновения МТ-поля $h_{эф}$ теряло смысл из-за сильных изменений $h_{эф}$ от пункта к пункту, обусловленных не периодом вариаций, а крайне резкими изменениями кажущегося сопротивления. В этих условиях основная ценность псевдоразреза – наглядность – отсутствует. Поэтому была использована вертикальная шкала значений $\sqrt{T}$, не зависящих от проводимости разреза, но косвенно связанных с глубиной исследования. Псевдоразрез сопоставлен с принципиальным геоэлектрическим разрезом (рис.4,б) и схемой основных элементов тектонического строения (рис.4,в) [5]. Последние представлены серией глубинных разломов и крупной Янгозерской протерозойской структурой, пересекаемой в северном конце профиля.

Отличительной особенностью псевдоразреза является чередование протяженных участков с практически горизонтальным положением изолиний $S_{эф}$ и разделяющих их сравнительно узких максимумов проводимости. Отвечающие им зоны проводимости в подавляющем большинстве случаев (семи из восьми) соответствуют известным зонам глубинных разломов, в двух случаях на несколько километров корректируется положение зон разломов, а наблюдаемая в северо-восточном конце псевдоразреза интенсивная асимметричная аномалия проводимости, по-видимому, обусловлена совместным воздействием слоя графитизированных пород, участвующего в строении Янгозерской структуры и отмеченного здесь же глубинного разлома. Разделение аномального эффекта здесь легко осуществимо детальными измерениями.

Такие наблюдения методом переменного естественного электрического поля (ПЕЭП) осуществлены, в частности, на участке α для уяснения природы аномального объекта и участке β, где сближенные зоны глубинных разломов отразились единой аномалией (рис.4, 5). Графики средней напряженности электрического поля на частоте 8 Гц, на участке β зона межблоко-

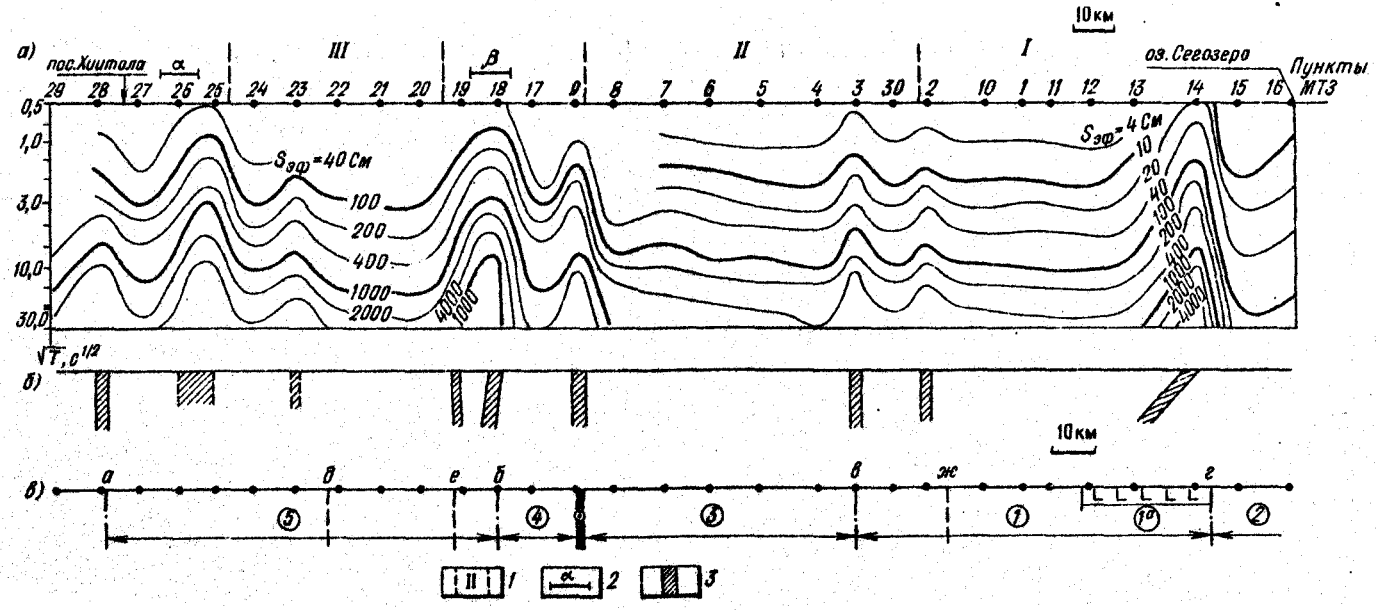


Рис.4. Сопоставление данных МТЗ с элементами блоковой тектоники в разрезе: а – псевдоразрез изолиний $S_{эф}$; б – положение проводящих зон в разрезе; в – положение структурных элементов в разрезе (условные обозначения см. на рис.1)
1 – интервалы группирования МТЗ; 2 – участки детализации; 3 – проводящие зоны

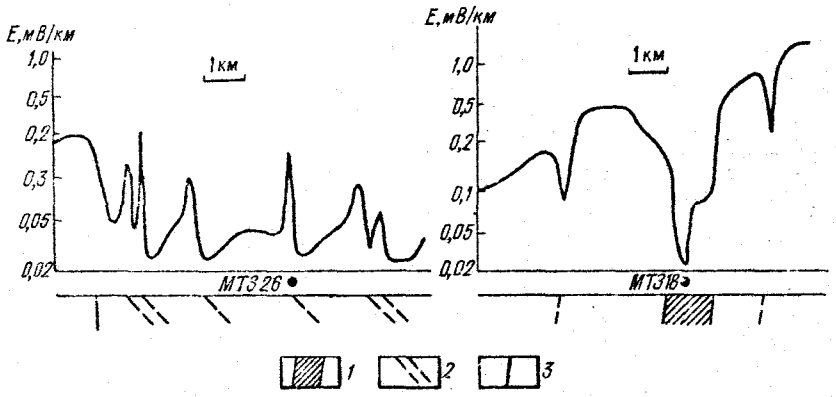


Рис.5. Примеры детализации аномальных участков α (а) и β (б) методом ПЕЭП
1 и 2 – зоны проводимости, мощная и маломощная; 3 – контакт блоков

вого Питкярантского разлома отличаются отчетливым минимумом, форма и ширина которого соответствует проводящему пласту шириной до 1,5 км с крутым падением к юго-западу. График E на участке α, где по геологическим данным глубинных разломов не выявлено, серией сходных аномалий отмечает группу сравнительно маломощных моноклинально залегающих проводников с некрутым северо-восточным падением. Вероятнее всего их связь с пластами графитизированных сланцев, суммарное влияние которых и обусловило аномалию проводимости на псевдоразрезе.

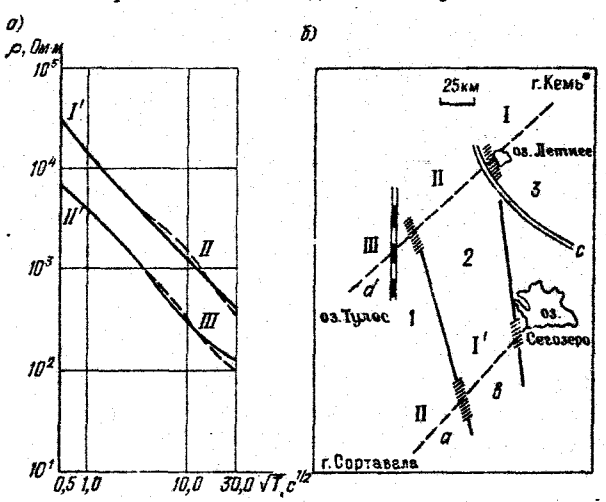


Рис.6. Схема увязки блоков и межблоковых границ в Центральной и Юго-Западной Карелии по данным МТЗ: а – средние продольные кривые МТЗ по участкам II и III профиля г.Кемь – оз. Тулос (пунктирные кривые) и участков I' и II' профиля Сегозеро – г.Сортавала (сплошные кривые); б – схема увязки данных МТЗ с тектоникой
1, 2 и 3 – блоки, выделяемые по данным МТЗ (границы блоков обозначены штрихами); a, b, c и d – глубинные разломы [5], соответственно Суоярвинско-Гимольский, Паданский, Шомбозерский и Лексозерско-Куйтозерский

Пересечение профилями г.Кемь – оз.Тулос [6] и оз.Сегозеро – г.Сортавала одних и тех же структурно-тектонических элементов Центральной Карелии явилось основанием для сопоставления средних продольных (минимальных) кривых кажущегося сопротивления. По двум критериям: примерному равенству значений ρ_T для одних и тех же периодов колебаний и близости средних углов наклона кривых – обоснована корреляция

участков II и III профили г.Кемь – оз.Тулос с соответственно участками II и I профиля оз.Сегозеро – г.Сортавала (рис.6). Небольшое наблюдаемое несоответствие форм кривых, вероятно, связано с тем, что измерения на этих профилях выполнялись разными типами аппаратур (ЦЭС-I и ЦЭС-2) и машинная обработка данных осуществлялась по разным программам. Таким образом, лишь северо-восточную треть профиля оз.Сегозеро – г.Сортавала можно отнести к Центрально-Карельскому массиву, а центральную (Янисярвинского разлома) к Западно-Карельскому блоку. Соответственно и разделяющий их разрез должен классифицироваться как межблоковый. Значительная геоэлектрическая однородность крупных блоков земной коры Балтийского щита отмечалась и раньше [2-4]. Поэтому предложенная схема корреляции тектонических блоков и глубинных разломов в Центральной Карелии представляется весьма реальной.

Таким образом, анализ данных МТЗ позволяет говорить о четком соответствии изменений параметров МТ-поля чертам региональной тектоники Юго-Западной Карелии. В пределах двух блоков III порядка Карельского мегаблока стабильно сохраняется высокий уровень значений ρ_K. Зоны межблоковых глубинных разломов резко отличаются от разделяемых ими блоков повышенной электропроводностью, обусловленной сульфидной минерализацией и графитизацией тектонизированных пород. Средняя проводимость Ладожского блока за счет большей насыщенности проводниками (зоны глубинных разломов и слои графитизированных сланцев) значительно выше, чем средняя проводимость Карельского массива. По всей вероятности, именно совместное воздействие проводящих разломов и слоев графитизированных сланцев на региональное магнитотеллурическое поле и обусловило известный аномальный эффект, получивший название Ладожской аномалии проводимости [I].

ЛИТЕРАТУРА

1. Вагин С.А., Добровольская М.А., Ковтун А.А. и др. Ладожская аномалия электропроводности коры. – Уч. зап. ЛГУ. Вопросы геофизики, 1982, вып. 29, с. 15-19.

2. Васин Н.Д., Новицкий Г.П. Особенности глубинного геоэлектрического строения северо-западной части Кольского полуострова по данным магнитотеллурического зондирования. – Зап. ЛГИ, 1984, т. 101, с. 29-34.

3. Васин Н.Д., Новицкий Г.П., Суворов Е.А. Результаты работ методами магнитотеллурического профилирования (МТП) и теллурических токов (ТТ) в северо-западной части Кольского полуострова. – Зап. ЛГИ, 1981, т. 89, с. 102-107.

4. Васин Н.Д., Новицкий Г.П., Кириллов В.Ю. Магнитотеллурические исследования в Центральной Карелии. – Уч. зап. ЛГУ. Вопросы геофизики, 1986, вып. 31, с. 27-33.

5. Григорьева Л.В., Корсакова М.А., Резник Г.Н. Карта блокового строения восточной части Балтийского щита. 1978. – В кн.: Металлогения восточной части Балтийского щита. Л., Недра, 1980. 248 с.

6. Рокитянский И.И., Васин Н.Д., Голод М.И. и др. Аномалии электропроводности на юге Карелии. – Геофизический сборник АН УССР, 1979, вып. 89, с. 36-39.