Записки Ленинградского ордена Ленина, ордена Октябрьской Революции
и ордена Трудового Красного Знамени горного института им. Г.В.Плеханова,
1984, т. 101

УДК 550.837

ОСОБЕННОСТИ ГЛУБИННОГО ГЕОЭЛЕКТРИЧЕСКОГО СТРОЕНИЯ СЕВЕРО-ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ КОЛЬСКОГО ПОЛУОСТРОВА ПО ДАННЫМ МАГНИТОТЕЛЛУРИЧЕСКОГО ЗОНДИРОВАНИЯ

Н.Д.ВАСИН, Г.П.НОВИЦКИЙ

В северо-западной части Кольского полуострова в итоге выполненных в большом объеме наблюдений методами магнитотеллурического профилирования (МТП) и теллурических токов (ТТ) выделена обширная область аномально низких значений кажущегося электрического сопротивления ρ_T [I]. Резкие, ступенеобразной формы границы аномальной области в ее северной и северо-восточной частях прослеживаются по выходу на дневную поверхность четвертой осадочной подсвиты печенгской серии, так называемой "продуктивной" филлитовой толщи. Восточная и южная границы области отвечают соответственно положению Аннамской структурно-тектонической зоны и Мохтьозерской зоны глубинных разломов (рис.I). Все указанные геологические объекты, оконтуривающие область низких ρ_T, отличаются общей особенностью - высокой электропроводностью, обусловленной повышенными концентрациями в породах этих зон таких проводящих компонентов как графит и сульфиды. Аномальное уменьшение значений ρ_T в районе развития пород печенгской серии однозначно объясняется участием "продуктивной" филлитовой толщи в строении Печенгской структуры, но распространение аномальной области дальше к югу не нашло исчерпывающего истолкования в рамках существующих геологических концепций. Сделанное нами

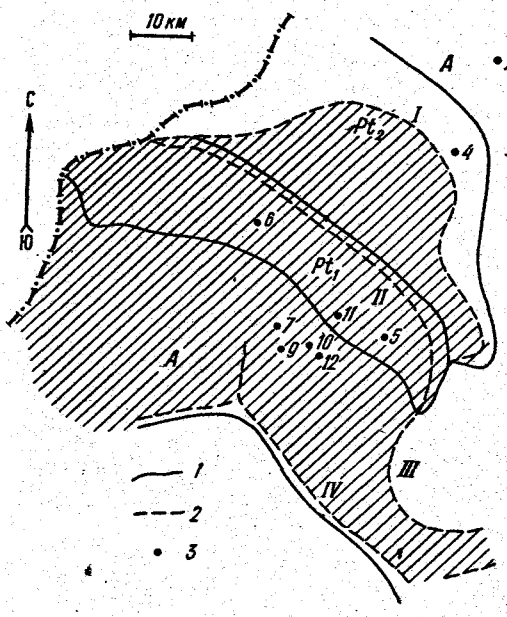


Рис.I. Схема распространения области низких значений ρ_T в северо-западной части Кольского полуострова (заштрихована)
1 - границы раздела серий пород: Pt_2 - печенгской, Pt_1 - тундровой (совместно с пороярвинской толщей), А - кольской; 2 - зоны высокой электропроводности: I - „продуктивная" филлитовая толща, II - филлиты пороярвинской толщи, III - Аннамская структурно-тектоническая зона, IУ - Мохтьозерская зона глубинных разломов; 3 - пункты МТЗ

ранее [2] предположение о существовании к югу от Печенгской структурной зоны глубинного слоя с такой же высокой продольной электропроводностью, как и у филлитовых толщ Печенги, неизбежно вело к пересмотру представлений о некоторых принципиальных чертах геологического строения этого района. Поэтому нужна была новая конкретная информация о выявленном глубинном слое.

В комплексе с методами МТП и ТТ, результаты которых изложены в работе [1], были выполнены дополнительные магнитотеллурические зондирования (МТЗ). Возможность выделения проводящего слоя в широком диапазоне глубин с помощью этого метода иллюстрируется серией расчетных кривых ρ_T МТЗ для трех- и четырехслойного разрезов, аппроксимирующих ожидаемую геоэлектрическую ситуацию (рис.2). При задании параметров слоев учитывалось, что для печенгской филлитовой толщи ориентировочно можно принять h = 0,5 км, ρ = 0,1-1,0 Ом·м и что подавляющее большинство наиболее распространенных пород района характеризуется удельным сопротивлением около 10^4 Ом·м.

Полевые наблюдения проводились с аналоговой аппаратурой. Очевидно, четкое деление практических кривых зондирований, полученных по полным значениям горизонтальных векторов магнитотеллурического поля (рис.3), на две

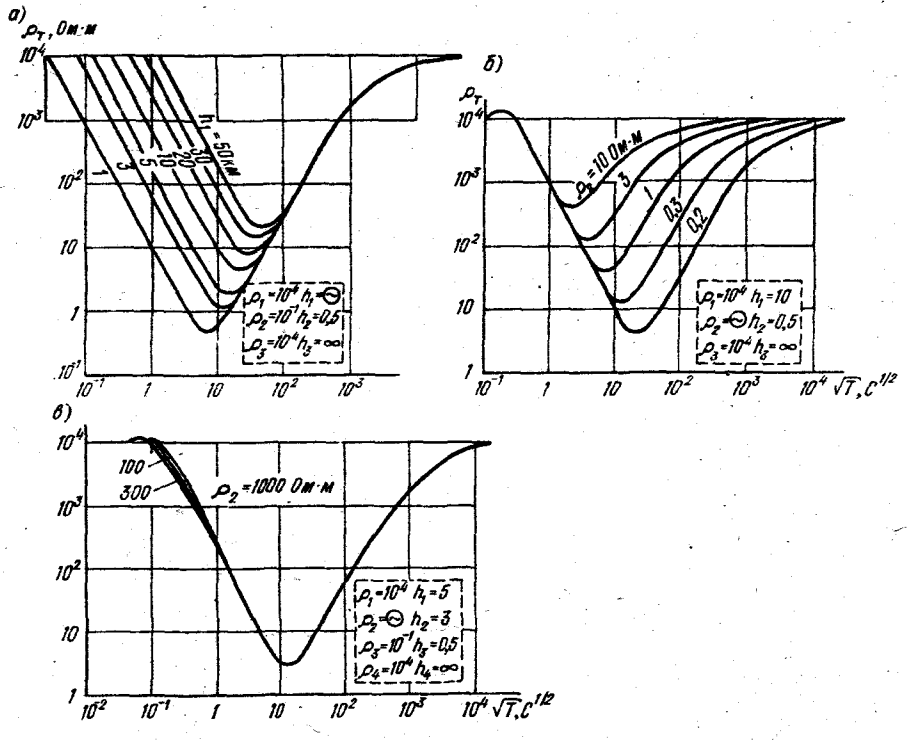


Рис.2. Расчетные кривые МТЗ: а – трехслойный разрез, переменный параметр h_1; б – трехслойный разрез, переменный параметр ρ_2; в – четырехслойный разрез, переменный параметр ρ_2

группы в зависимости от того, расположен пункт зондирований внутри или вне низкоомной области. На пунктах, расположенных к югу от Печенгской структуры, значения ρ_T меняются от единиц до десятков ом-метров (рис.3,а); кривые, представленные нисходящими ветвями, близки друг к другу по форме и положению, отражая наличие в разрезе глубинного слоя с высокой электропроводностью. Глубины залегания слоя, оцененные по асимптотическим выражениям, варьируют в пределах 6-13 км при намечающейся тенденции их увеличения по мере удаления точек зондирований к югу. Хотя длиннопериодные (правые) части кривых вследствие повышенного разброса значений ρ_T характеризуются меньшей определенностью, намечающееся на ряде кривых формирование минимума, по-видимому, не является случайным, а на кривой МТЗ-12′, наиболее обеспеченной длиннопериодными колебаниями, минимум проявился отчетливо. Представление о высокоомном в целом характере вмещающей среды [1] предполагает большое сопротивление основания рассматриваемого разреза и асимптотическое положение правых восходящих частей кривых МТЗ. Продольное сопротивление проводящего слоя ρ_l меньше, чем ρ_T в точках минимума кривых, соответствуя, таким образом, долям или нескольким ом-метрам. В условиях Балтийского щита подобные значения удельных сопротивлений свойственны лишь породам, обогащенным графитом и сульфидами. Действительно, как по данным измерений образцов печенгских графитизированных филлитов, так и по данным параметрических замеров на обнажениях, их продольное сопротивление чаще равно десятым и сотым долям ом-метров.

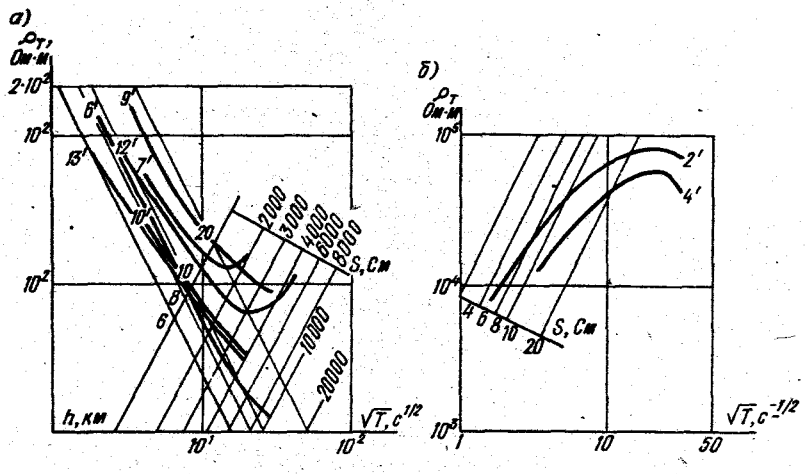


Рис.3. Практические кривые МТЗ: а - полученные в пределах области низких значений (см. рис.1); б - к северу от указанной области
2′, 4′, 7′, 9′, 10′, 12′, 13′ - пункты МТЗ (см. рис.1)

С учетом допустимой экстраполяции полученных кривых МТЗ вправо суммарная продольная проводимость S проводящего горизонта и перекрывающего его высокоомного слоя по асимптотам S оценивается в несколько тысяч си-

менсов (по кривой МТЗ-I2′ она соответствует 5000 См). Удельное сопротивление пород, развитых в верхней части разреза ρ_1, близко к 10^4 Ом·м [3], поэтому, несмотря на значительную мощность верхнего слоя ($h_1 \approx 10^4$ м), его продольной проводимостью $S_1 = h_1/\rho_1$ можно пренебречь и полученным значением S характеризовать продольную проводимость глубинного проводящего слоя. В северо-западной части Кольского полуострова известны лишь два крупных геологических объекта, обладающих сходной электропроводностью: толщи филлитовидных сланцев Печенгской и Пороярвинской структур. Ту же величину $S = h/\rho_l$ можно получить, задавшись весьма реальными для них значениями $\rho_l = 0{,}05$ Ом·м и $h = 250$ м, где h – суммарная мощность слоев филлитов в толще.

Проведенный анализ и учет несомненной связи северной границы аномальной низкоомной области с выходом на поверхность печенгской филлитовой толщи и южным падением обеих толщ позволил сделать вывод о непосредственной связи выявленного глубинного проводящего слоя с одной из толщ (или с обеими).

Рассматривая вопрос о степени достоверности полученных данных и надежности их интерпретации, можно заключить, что взаимное соответствие кривых зондирований отражает влияние единой геологической причины, явно не связанной с локальными геоэлектрическими неоднородностями. Кроме глубинного проводящего слоя, существование которого было установлено по данным методов ТТ и МТП, заметное искажающее воздействие регионального характера на магнитотеллурическое поле могли бы оказывать только крутопадающие части филлитовых толщ Печенгской структурной зоны. Однако анализ карты изосом северо-западной части Кольского полуострова [I] показывает, что интенсивные аномалии магнитотеллурического поля наблюдаются лишь в непосредственной близости выхода на дневную поверхность печенгской "продуктивной" толщи и к югу от нее довольно быстро затухают. То же самое происходит и у других границ низкоомной области. Вблизи выхода южной толщи филлитовидных сланцев существенных аномальных изменений МТ-поля практически нет, что, по-видимому, связано с ортогональностью вектора теллурического поля простиранию толщи, которая по данным сейсморазведки обладает крутым падением. Таким образом, нет поводов считать рассматриваемую группу кривых искаженными. Результаты сейсмических работ на этой площади во многом подтвердили данные МТЗ (рис.4). Очевидно, что положение основных сейсмических границ коррелируется с глубинами до проводящего слоя, определенными по МТЗ.

Подчеркивая объективность приведенных выше результатов, следует отметить, что постановка МТЗ предшествовала выполнению сейсмических наблюдений по указанным профилям, и аналогичное изложенному истолкование магнитотеллурических данных было сделано без учета материалов сейсморазведки. Вторая группа кривых зондирований (см. рис.3,б), полученных на пунктах МТЗ-2′ и МТЗ-4′ к северу от низкоомной аномальной области (см. рис.I), составляет резкий контраст по сравнению с кривыми первой группы (рис.3,а), отличаясь как порядком величин ρ_T, так и формой (восходящая ветвь, завершающаяся максимумом). Как и следовало ожидать, они отражают высокоомный характер глубин-

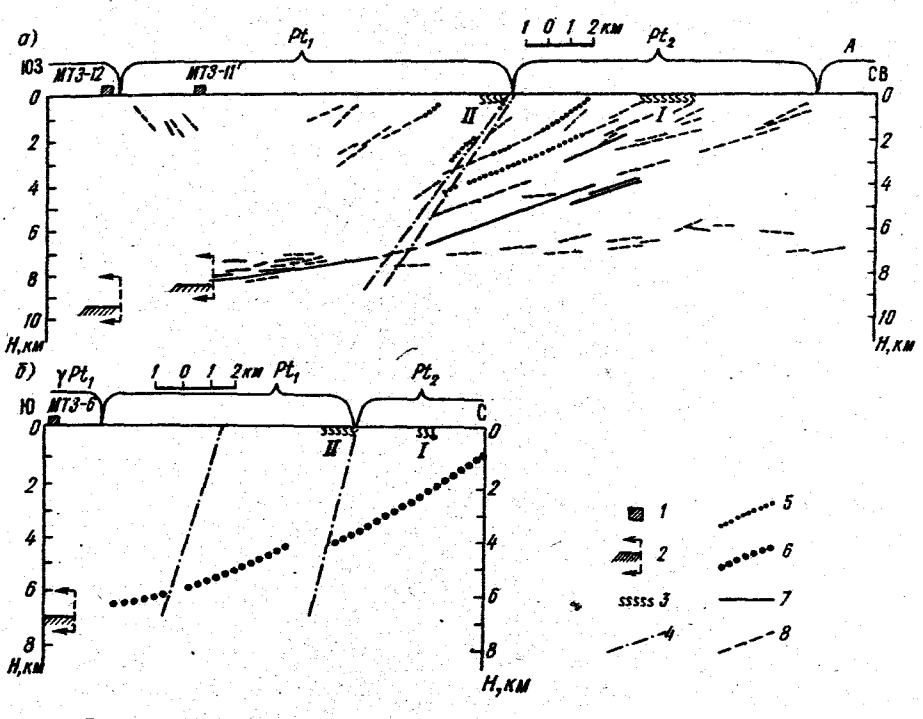


Рис.4. Сопоставление данных МТЗ и сейсморазведки по профилям 15 (а) и 12 (б) Pt_2 – печенгская серия; Pt_1 – тундровая серия; А – кольская серия, γPt_1 – гранитоиды; 1 – точки МТЗ; 2 – интервал возможного положения кровли проводящего слоя по данным МТЗ; 3 – филлиты: I – печенгская, II – тундровая серия; 4 – тектонические нарушения; 5 и 6 – осредненное положение опорных отражающих горизонтов, соответственно увязанных с геологическими контактами и увязанных предположительно; 7 и 8 – отражающие площадки, связанные соответственно с геологическими горизонтами и тектоническими нарушениями

ных частей разреза этого участка. Заметим, что МТЗ-2′ выполнено вблизи центра ранее осуществленного здесь глубинного дипольного электрического зондирования ДЭЗ-2 [3] в пределах широкой долины реки Печенги. По данным интерпретации ДЭЗ, довольно мощный слой развитых здесь аллювиальных отложений характеризуется суммарной продольной проводимостью, равной 4 См. По асимптоте к восходящей ветви кривой ρ_T МТЗ-2 проводимость верхнего слоя оценивается близкой величиной (7 См). Несмотря на это сходство, формальная интерпретация кривых 2′ и 4′ (рис.3,б) в целом представляется ненадежной из-за слишком больших значений кажущихся сопротивлений (при интер-

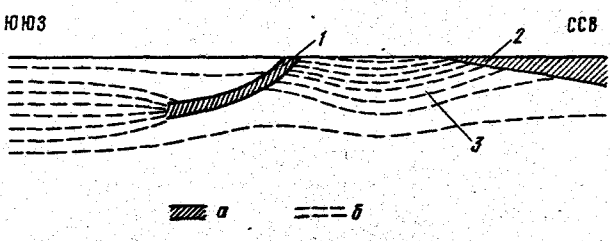


Рис.5. Схематический геоэлектрический разрез по направлению Печенгская структура – Баренцево море
1 и 2 – электропроводящие объекты: „продуктивная" филлитовая толща (1) и море (2); 3 – токовые линии поля ТТ

претации ρ_2 будет не менее 10^5 Ом·м, что малореально, и само положение кривой ρ_T противоречит представлению о "нормальном" разрезе [4]).

Причина искажения кривых МТЗ-2′ и МТЗ-4′ здесь своеобразна. Уже отмечалось [1], что для района типична квазилинейная поляризация поля теллурических токов (ТТ). Геоэлектрический разрез района в направлении господствующей ориентировки оси поляризации поля ТТ (ЮЗ–ССВ) может быть аппроксимирован схемой (рис.5), где среда с удельным сопротивлением $\rho = 10^4$ Ом·м содержит два проводящих объекта: "продуктивную" толщу и толщу морской воды с $\rho = 0{,}1 \div 1{,}0$ Ом·м. Взаимное воздействие этих двух проводников на поле ТТ приводит (рис.5) к аномальному повышению плотности токовых линий на участке между ними, а значит и к соответствующему росту значений ρ_T. По-видимому, этот эффект уменьшения глубины проникновения в большей степени влияет на поле длиннопериодных колебаний, т.е. наиболее искаженными могут быть правые ветви кривых МТЗ.

ЛИТЕРАТУРА

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

2. Новицкий Г.П., Васин Н.Д. Возможности и первые результаты магнитотеллурических методов при геологическом изучении Печенгского района. – В кн.: Геология и глубинное строение восточной части Балтийского щита. Л., Наука, 1968.

3. Новицкий Г.П. Первые опытные глубинные дипольные электрические зондирования на Кольском полуострове. – В кн.: Геология и глубинное строение восточной части Балтийского щита. Л., Наука, 1968.

4. О нормальном геоэлектрическом разрезе / Л.Л.Ваньян, М.Н.Бердичевский, Н.Д.Васин, Б.А.Окулесский, П.Н.Шиловский. – Изв. АН СССР. Физика Земли, 1980, № 2.