

УДК 550.837(479.25)

Г. А. ЧЕРНЯВСКИЙ, В. О. ЯНИКЯН, Р. Т. МИРИДЖАНЫ

НЕКОТОРЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ГЛУБИННЫХ МАГНИТО-ТЕЛЛУРИЧЕСКИХ ЗОНДИРОВАНИЙ НА ТЕРРИТОРИИ АРМЯНСКОЙ ССР

Рассмотрены вопросы методики обработки материалов магнитотеллурических зондирований и охарактеризованы особенности геоэлектрического разреза. Приводятся сведения об обнаружении внутрикорового слоя с повышенной электропроводностью и указывается на возможную связь между его пространственным расположением и аномальными значениями теплового потока.

В период 1974—1976 гг. по двум региональным профилям (II—II, V—V, рис. 1), пересекающим территорию республики в субмеридиональном направлении, силами Геолого-геофизической экспедиции Управления геологии Армянской ССР выполнялись работы методами МТЗ—МТП. Магнитотеллурические зондирования проводились с цифровой электроразведочной станцией ЦЭС—1. Эти работы были частью комплексных геолого-геофизических исследований, включавших также сейсмические работы с аппаратурой «Земля», «Черепаша».

Наиболее представительные материалы были получены по профилю V—V, который с юга на север пересекает основные структурно-формационные зоны исследуемой территории: Приараксинскую интрагеоантиклиналь, Ереван-Ордубадскую интрагеосинклиналь, Мисхано-Зангезурскую интрагеоантиклиналь, Присеванскую интрагеосинклиналь, Сомхета-Карабахскую интрагеоантиклиналь [2]. Вышеуказанные зоны состоят из ряда отдельных антиклинорий и синклинорий сложного строения.

Мощность и сопротивление надпорной проводящей толщи по геолого-геофизическим данным меняются по профилю работ соответственно от 300 до 2000 м и от 1 до 10 ом. м.

Верхняя часть разреза перекрыта неоген-четвертичными вулканогенными и вулканогенно-осадочными образованиями. Опорный электрический горизонт высокого сопротивления приурочен к кровле среднего-нижнего эоцена.

На рис. 2 показаны типичные кривые МТЗ, полученные в интервале $T=9-300$ сек. Кривые характеризуются четкими правыми восходящими ветвями, максимумом и достаточно протяженными нисходящими ветвями. С учетом субширотного простирания региональных тектонических элементов территории Армении, кривые ρ_{xy} будем считать условно продольными, кривые ρ_{yx} — поперечными. Наиболее

примечательным фактором, отражающимся в форме кривых МТЗ является то, что протяженные нисходящие ветви хорошо выражены как на продольных, так и на поперечных кривых ρ_T .

Для всех пунктов МТЗ характерно соотношение кривых: $\rho_{xy} < \rho_{yx}$. Уровень расхождения кривых меняется от 10 до 100%. Различие кривых ρ_{xy} и ρ_{yx} скорее всего обусловлено эффектом кон-



Рис. 1. Карта тепловых потоков Армянской ССР. 1. Пункты определения теплового потока. Значение в $\text{мккал}/\text{см}^2\text{сек}$. (Данные Р. Т. Мириджяна и А. А. Аветисянца). 2. Изолинии теплового потока. 3. Профиль МТЗ с пунктами наблюдения.

центрации и обтекания токов, проявляющимся в условиях локальных трехмерных геоэлектрических неоднородностей, осложняющих региональную двумерность тектоники Армении, а также эффектом S, связанным с развитием в верхней части разреза высокоомных вулканогенных образований. Как показывают аналитические расчеты [4], в условиях трехмерных геоэлектрических неоднородностей наименее

искаженную информацию несут эффективные кривые МТЗ. На рис. 2 показаны два типа эффективных кривых, определившихся по инвариантам:

$$z = \sqrt{z_{xx} \cdot z_{yy} - z_{xy} \cdot z_{yx}}, \quad z_1 = \frac{z_{xy} + z_{yx}}{2}$$

Как видно из рисунка, в ряде случаев, соответствующих, как правило, пунктам, где главные и дополнительные импедансы соизмеримы

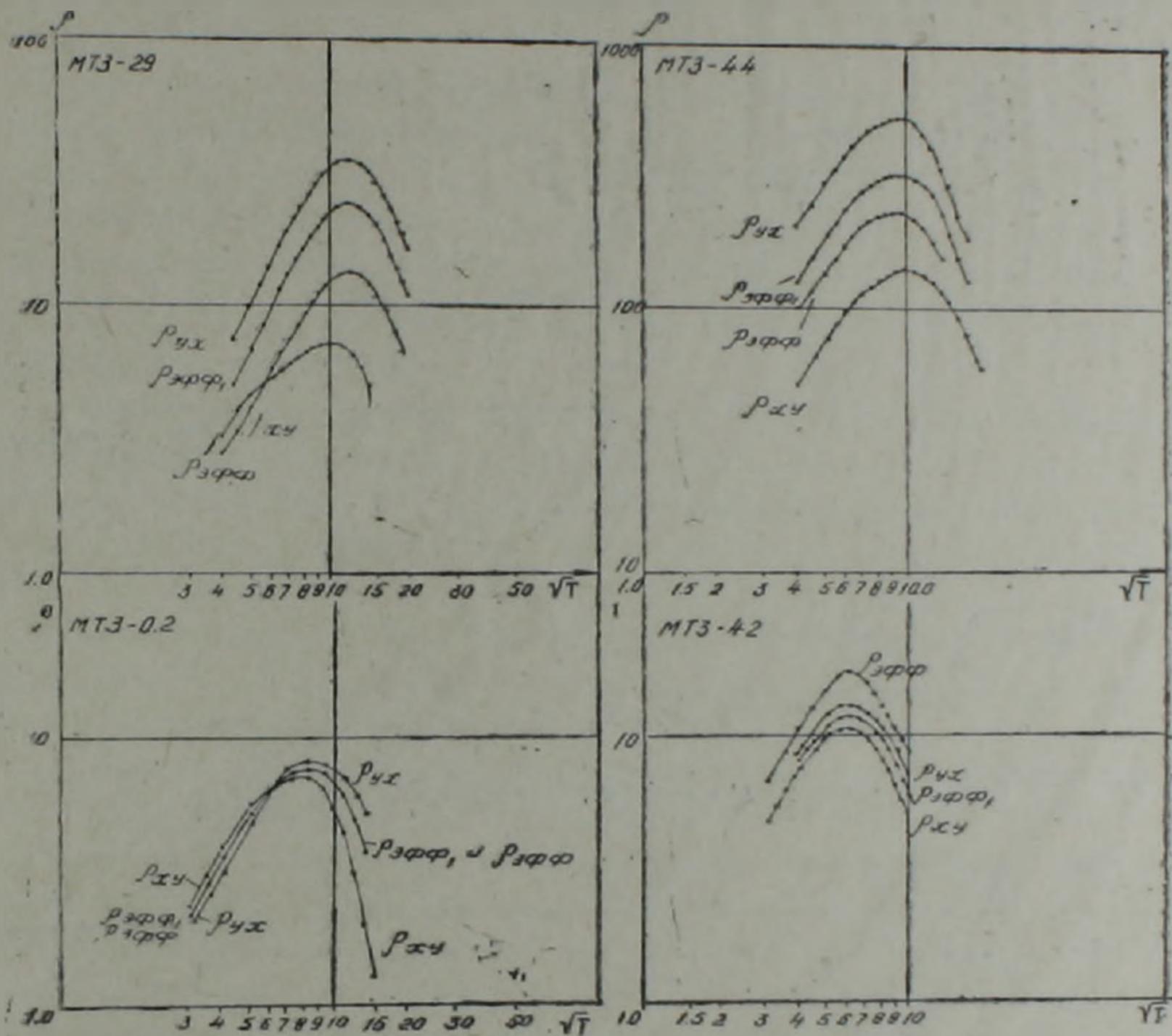


Рис. 2. Типичные кривые МТЗ.

по величине, кривые ρ_{zrff} и ρ_{zrff1} сдвинуты параллельно относительно друг друга по оси ординат. Там, где дополнительные импедансы значительно меньше главных, оба типа эффективных кривых естественно совпадают.

Поскольку дополнительные импедансы отражают проявление боковых неоднородностей, при интерпретации предпочтение было отдано кривым ρ_{zrff1} . По восходящим и нисходящим ветвям продольных, поперечных и эффективных кривых были определены соответственно значения суммарной продольной проводимости и глубин залегания проводящих слоев. Результаты такой формальной интерпретации показаны на рис. 3, 4.

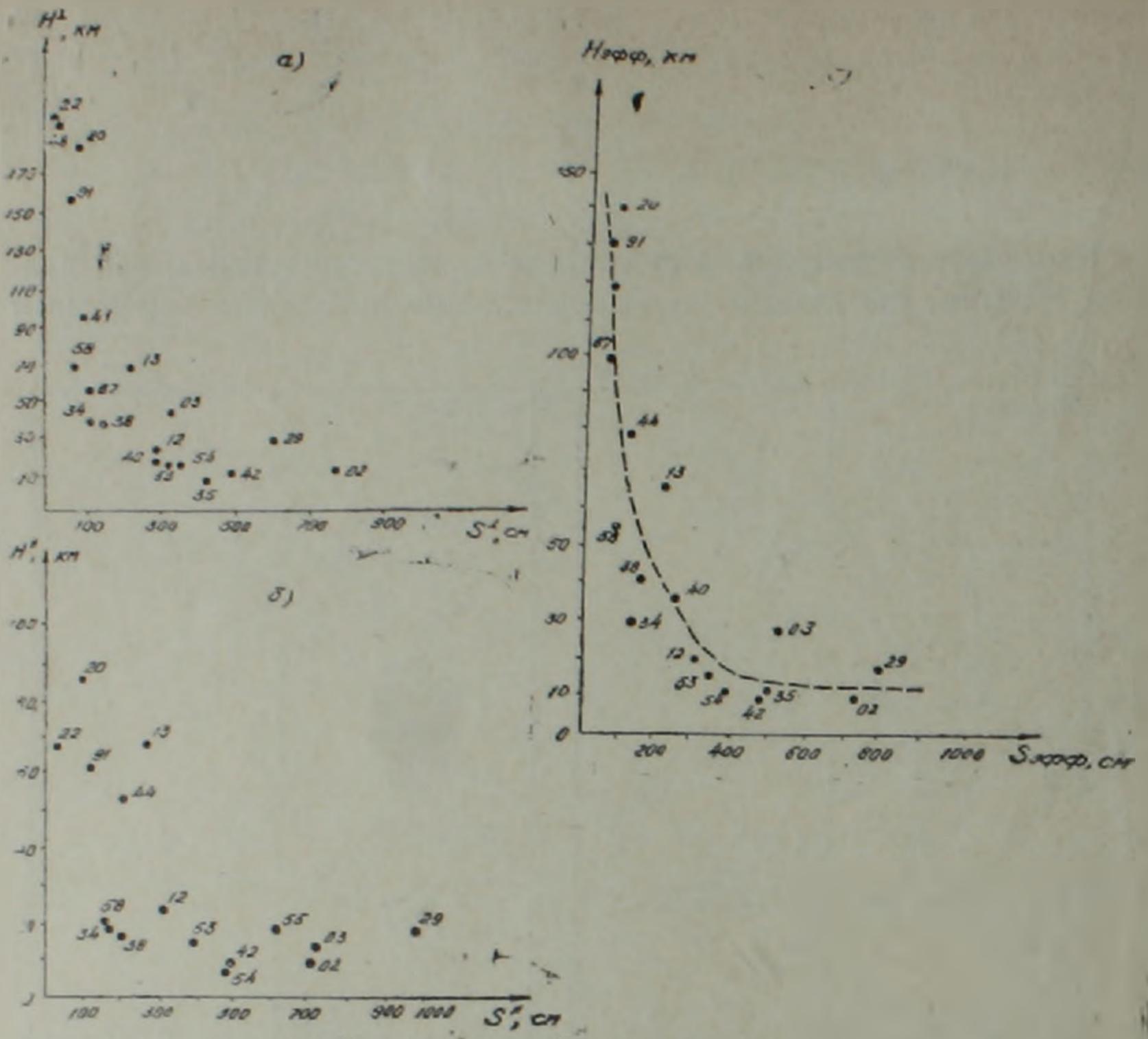


Рис. 3. Графики корреляционной зависимости $H=i(S)$.

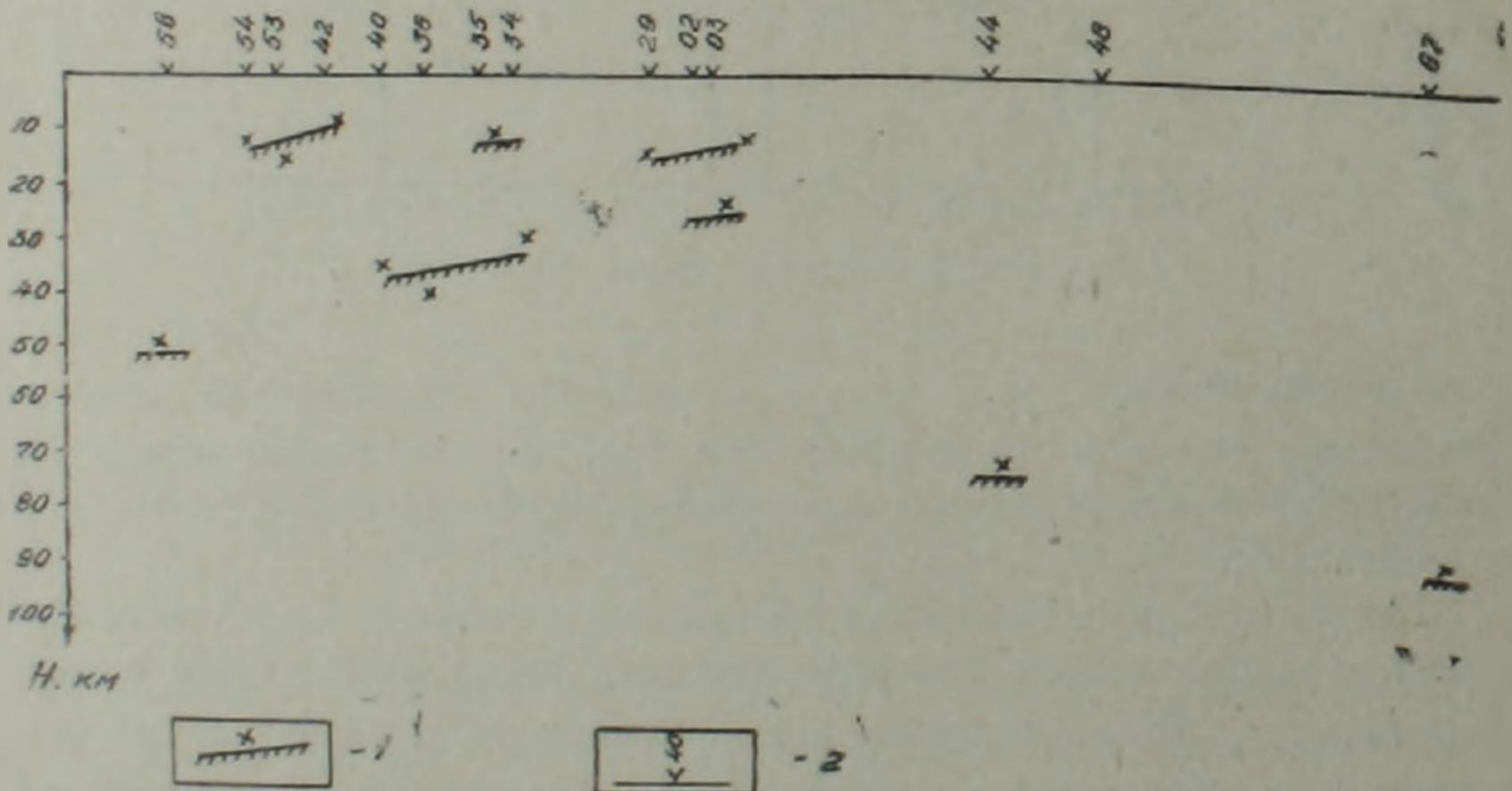


Рис. 4. Результаты интерпретации данных МТЗ по профилю V—V. 1. Глубина залегания проводящего слоя по данным МТЗ. 2. Пункты МТЗ.

На рис. 3 приведены корреляционные зависимости $H_{np} = f(S)$. Формально эффект S , как и полагается, больше проявляется на графиках $H_{np} = f(S')$, чем на кривых $H_{np} = f(S'')$. Однако категорически утверждать, что график $H_{np} = f(S')$ имеет четкий характер, очевидно, нецелесообразно. Более справедливым, на наш взгляд, является следующее значение:

1) на обоих графиках выделяются три группы значений:

$H_{np} = 8-10$ км; $15-20$ км; $60-85$ км; $H_{np} = 8-10$ км; $15-30$ км; $40-100$ км;

2) на обоих графиках суммарной продольной проводимости $S = 100$ см отвечают как малые ($10-15$ км), так и большие ($40-50$ км) значения глубин залегания проводящих горизонтов.

Учитывая, что наименее искажены при трехмерных геоэлектрических неоднородностях эффективные кривые, рассмотрим график $H_{эфф.} = f(S_{эфф.})$, представленный на рис. 3в. В сущности этот график распадается на три части:

а) в интервале $S = 150-350$ см поведение графика формально свидетельствует о проявлении эффекта S ;

б) В интервале $S = 50-150$ см нет корреляционной зависимости $H = f(S)$: примерно одним и тем же значениям S отвечают значения глубин от 30 до 150 км;

в) в интервале $S = 350-800$ см также не отмечается какая-либо зависимость $H = f(S)$: почти трехкратному изменению суммарной проводимости отвечают глубины $H = 10-15$ км.

На рис. 4 показаны результаты формальной интерпретации кривых МТЗ по профилю $V-V$. По нисходящим ветвям кривых МТЗ выделяются локализованные проводящие зоны, расположенные на различных глубинах: $H = 10-15$ км; $H = 20-40$ км; $H = 60-100$ км. Относительно небольшой объем (13 зондирований по профилю $V-V$) не позволяет в настоящее время достаточно обоснованно судить о природе обнаруженных проводящих зон. Тем не менее следует отметить следующее:

1) Четкие протяженные нисходящие ветви, проявляющиеся как на продольных, так и на поперечных кривых МТЗ, прежде всего убедительно свидетельствуют о фактической реальности существования проводящих зон.

2) Наиболее интересным обстоятельством представляется обнаружение проводящих зон на глубинах $9-15$ км. Насколько нам известно, на территории Кавказского региона до сих пор подобных явлений не отмечалось.

3) Выявленные проводящие зоны находятся в интервале глубин, отвечающем расположению очагов землетрясений, зафиксированных на территории Армянской ССР в наиболее сейсмоактивной центральной зоне армянской складчатости.

4) Факт проявления проводящих зон на глубинах $H=20-40$ км, $H=60-100$ км не противоречит всем данным глубинной геоэлектрики по Кавказскому региону, полученным в настоящее время.

Аналогичные материалы получены на территории Азербайджана, ($H=30-40$ км), на Северном Кавказе ($H=80-100$ км).

5) Наблюдается корреляционная зависимость между данными МТЗ и геотермии: меньшим глубинам залегания проводящих слоев отвечают большие величины тепловых потоков.

Карта тепловых потоков, представленная на рис. 1, указывает на большой диапазон изменения потока и свидетельствует о резкой энергетической неоднородности недр территории Армении. В то же время в пространственном распределении теплового потока наблюдается весьма четкая закономерность. Все значения потока от 2.0 мккал/см²сек и выше расположены в центральной полосе, в общих чертах совпадающей с Мисхано-Зангезурской геантиклинальной зоной. К юго-западу и северо-востоку от центральной полосы, в сторону Араксинской и Куринской депрессий, значения потока уменьшаются до фонового ($1.0-1.2$ мккал/см²сек).

На профиле V—V границей области с высоким и низким тепловыми потоками является северный борт Севанского синклинория. Эта особенность хорошо коррелируется с полученными результатами МТЗ. Действительно, севернее оз. Севан не получено ни одного результата с малыми значениями глубины залегания проводящего горизонта.

Определенный интерес представляет сопоставление результатов МТЗ с картиной распределения температуры на глубине. Температура глубинных слоев оценена аналитическим способом, путем экстраполяции наблюдаемых приповерхностных значений теплового потока, с учетом характера сейсмологического разреза данного участка и радиогенного тепла, выделяющегося в каждом слое [5]. Конечно, решать такую задачу в строгой постановке в настоящее время не представляется возможным. Тем не менее, полученные расчетные величины температуры хорошо согласуются с предполагаемыми температурными условиями выявленной зоны повышенной электропроводности пород. А именно, верхняя кромка вышеуказанной зоны, определенная по результатам интерпретации кривым МТЗ, находится ниже расположения геозотермы 400°C , т. е. в интервале температур, когда должна происходить дегидратация пород ($400-800^{\circ}\text{C}$).

Одновременно интересно отметить, что в пределах центральной полосы на глубинах того же порядка выявлены слои с пониженными скоростями сейсмических волн [3].

В настоящее время трудно со всей определенностью судить об истинной природе слоев с повышенной электропроводностью и пониженными скоростями сейсмических волн. Но вероятность того, что здесь имеет место разогрев породы с частичным расплавлением вещества и присутствием хорошо проводящих растворов, весомая.

С развитием глубокого бурения эти слои и окружающие их области активной циркуляции подвижного материала могут приобрести огромное практическое значение как резервуары громадного скопления геотермальной энергии, пригодной для промышленного освоения.

Полученные результаты, на наш взгляд, открывают интересные перспективы для дальнейших геоэлектрических исследований на территории Армении. Особенностью таких исследований является гармоничное сочетание комплекса задач разведочного и глубинного характера. Известно [1], что метод МТЗ позволяет надежно картировать разломы в фундаменте. На территории Армении к разломам зачастую приурочены эпицентры землетрясений. В последние годы выявлено, что глубинные разломы могут контролировать месторождения различных полезных ископаемых. Именно здесь и смыкаются в данном случае разведочные и глубинные исследования. Глубинные геоэлектрические исследования на территории Армении в настоящее время, на наш взгляд, должны быть ориентированы в первую очередь для решения следующих вопросов:

1. Возможность надежного картирования глубинных разломов в фундаменте, земной коре с помощью метода МТЗ.

2. Выяснение взаимосвязи проводящих зон фундамента, земной коры с разломами.

3. Взаимосвязь проводящих зон в земной коре с тепловым потоком. Для территории Армянской ССР такие исследования приобретают особую важность, если учесть, что местами кровля проводящего слоя расположена на глубинах около 8—9 км, которые в недалеком будущем будут доступны для глубокого бурения.

4. Взаимосвязь проводящих слоев с зонами повышенной сейсмоактивности.

5. Выяснение реальности одновременного существования проводящих зон, расположенных на глубинах $H=8-15$ км, $H=20-40$ км (коровые слои), $H=80-150$ км (мантийные слои).

Всесоюзный научно-исследовательский институт геофизических методов разведки (ВНИИГеофизика).

Управление геологии Армянской ССР

Поступила 22. IX. 1980.

Գ. Ա. ԶԵՐՆՅԱՎՍԿԻ, Վ. Օ. ՅԱՆԻՎՅԱՆ, Ռ. Տ. ՄԻՐԻՋԱՆՅԱՆ

ՀԱՅԿԱԿԱՆ ՍՍՀ ԲՆԱՏԱՐԱԾՔՈՒՄ ԽՈՐՔԱՅԻՆ ՄԱԳՆԻՍԱՏԵԼԸՆԴՈՒՐԻԿ
ԶՈՆԻԱՎՈՐՄԱՆ ՄԻ ՔԱՆԻ ԱՐԴՅՈՒՆՔՆԵՐԻ ՄԱՍԻՆ

Ա մ փ ո փ ո ս մ

Հողվածում բննարկվում են մագնիսատեղությունիկ զոնդավորման տվյալների մշակման մեթոդիկայի մի քանի հարցեր և բնութագրվում են ուսումնասիրված պրոֆիլի երկրաէլեկտրական կտրվածքի առանձնահատկությունները:

Տեղեկություն է բերված ՀՍՍՀ բնատարածքում առաջին անգամ հայտնաբերված 9—15 կմ խորության վրա էլեկտրահաղորդիչ շերտի գոյության մասին: Նշված շերտի տարածումը ամենայն հավանականությամբ համընկնում է մինչ այդ քարտեզագրված գեոթերմալ անոմալ շրջանի հետ:

G. A. CHERNYAVSKY, V. O. YANIKIAN, R. T. MIRIDJANIAN

SOME RESULTS OF THE ARMENIAN SSR TERRITORY ABYSSAL MAGNETOTELLURIC SOUNDING

A b s t r a c t

The problems of magnetotelluric sounding materials processing methods are considered and the peculiarities of geoelectrical section are characterized in this paper. The information on the revealing of a high electroconductive intercrust layer is brought and the possible connection between its spatial disposition and the heat flow anomal amounts is shown.

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Альперович И. М., Харасанов В. В., Чернявский Г. А. Изучение разломов Северного Сахалина по данным МТЗ. Геология нефти и газа, № 4, 1972.
2. Асланян А. Т. Тектоника. В кн. «Геология СССР», том XLIII, «Армянская ССР». «Недра», М., 1970.
3. Гаретовская И. В. Изучение глубинного строения Армении по близким землетрясениям, регистрируемым станциями «Земля». В кн. «Геофизические поля и сейсмичность». «Наука», М., 1975.
4. Обухов Г. Г., Чернявский Г. А., Язовлев И. А. Возможности магнитотеллурических исследований горизонтально-неоднородных сред с применением нормирования импедансов на внутреннее магнитное поле. Геология и геофизика, № 9, 1979.
5. Мириджанян Р. Т. Прогнозная оценка температуры глубинных слоев земной коры на территории Армянской ССР. Известия АН Арм. ССР, Науки о Земле, № 5, 1979.