

УДК 550 387

Ц. Г. АКОПЯН, Л. Н. АНДРОНОВА, Л. А. АХВЕРДЯН

О РЕЗУЛЬТАТАХ ПРИМЕНЕНИЯ ГЛУБИННОГО
МАГНИТОТЕЛЛУРИЧЕСКОГО ЗОНДИРОВАНИЯ
В РАЙОНАХ АРМЕНИИ

Основная задача магнитотеллурического зондирования (МТЗ) состоит в определении параметров исследуемой среды по результатам измерения элементов естественного электромагнитного поля Земли на поверхности.

Целью данной работы являлось проведение МТЗ, для изучения строения земной коры и верхней мантии в некоторых районах Армении, в частности в с. Муган, Хндзореск, Шурнух, Гарни. Наблюдения вариаций электромагнитного поля выполнялись с помощью универсальной магнитотеллурической лаборатории МТЛ-62. Записи E_x , E_y осуществлялись измерительными линиями, расположенными Г-образно. В качестве заземления были использованы свинцовые электроды, зарытые на глубину 1,5 м.

Обработка осциллограмм сводилась к определению видимых амплитуд и периодов вариаций, по которым производилось вычисление кажущихся сопротивлений [1, 2].

$$\rho_{xy} = 0,2 T \left| \frac{E_x}{H_y} \right|^2; \quad \rho_{yx} = 0,2 T \left| \frac{E_y}{H_x} \right|^2.$$

Для построения кривых МТЗ, применялись колебания правильной формы, относящиеся к классам P_c (2—5) и P_t (1—2), а также длиннопериодные вариации неправильной формы. Выделение гармоник из вариаций неправильной формы производилось с помощью гармонического анализа. Была составлена программа машинного счета, позволяющая получить спектральные плотности импульсов неправильной формы в точках, расположенных на расстоянии $2\Delta t$ по шкале периодов от $T=2\Delta t$ до $T=N\Delta t$, где Δt —интервал отсчета, а N —число отсчетов. Одновременно вычислялись значения ρ_k , ρ_t , ρ_y в этих же точках спектра. Вычисления были выполнены в Вычислительном центре института на машине «Раздан-2». При построении кривых МТЗ выбирались лишь те значения кажущегося сопротивления, которые соответствовали участкам максимумов спектральной плотности.

Для пункта Хндзореск удалось провести обработку осциллограмм по способу векторов поляризации, что позволило определить эффективный импеданс (табл. 1). В остальных случаях был применен способ графического определения кажущихся импедансов $|Z_{xy}|$ и $|Z_{yx}|$, так как осциллограммы не содержали достаточного числа импульсов, пригодных для обработки их по способу векторов поляризации или наимень-

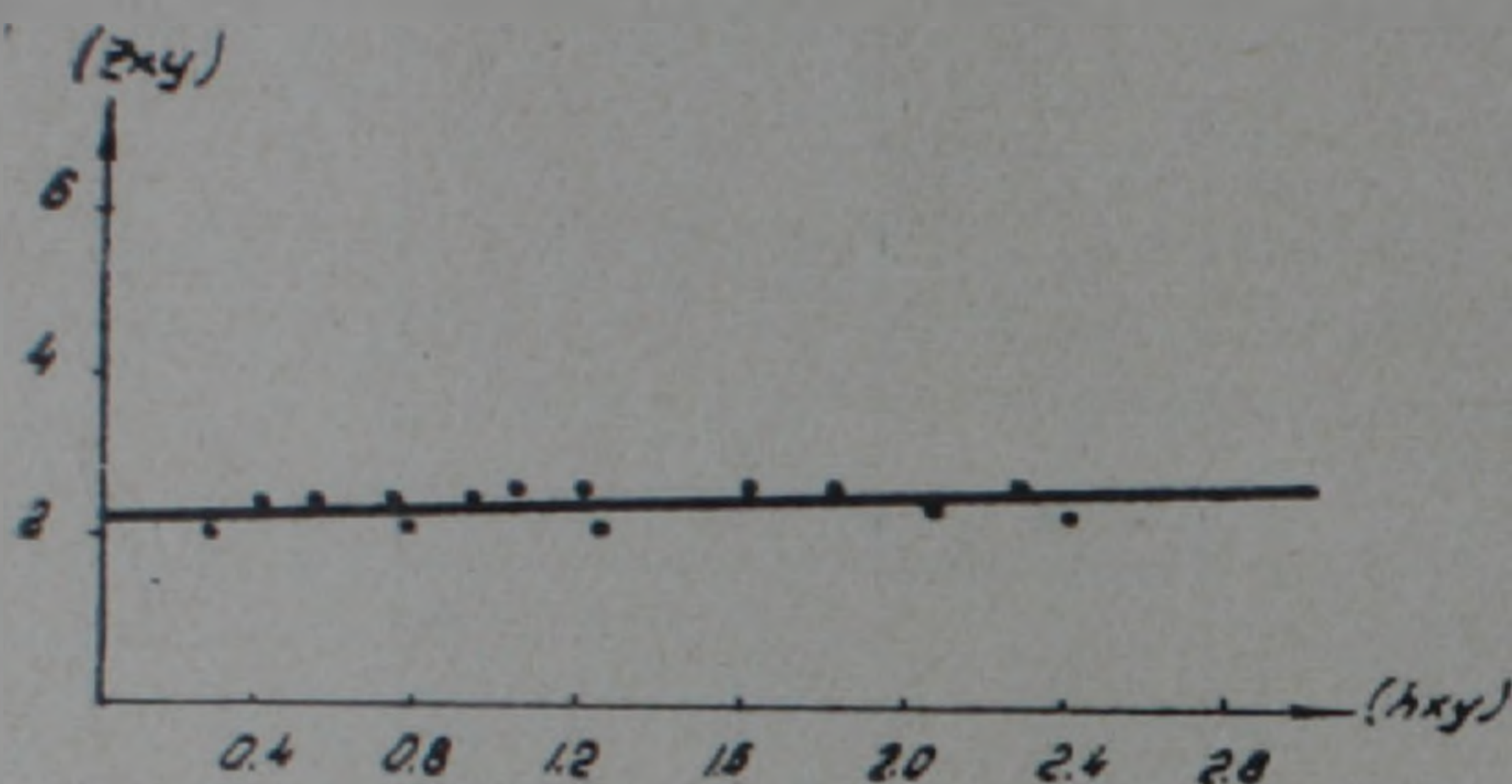
Таблица 1

Таблица определения эффективного импеданса

m	A_{Ex} мм	A_{Ey} мм	A_{nx} мм	A_{ny} мм	φ_{Ex} , град.			φ_{Ey} , град.			φ_{Ex} , град.			T сек.	m, n	Δe мм	Δl мм	$Z_{эф}$ мв/км	$T_{m, n}$ сек.
					сдв.	отн.	сред.	сдв.	отн.	сред.	сдв.	отн.	сред.						
1	23,0	17,0	8,1	13,2	-17	-30	-38	135	155	145	95	104	99	21,9	3,6	9,0	34,0	1,92	28,2
2	20,8	18,0	9,9	13,0	-52	-58	-55	140	130	135	126	141	133	31,6	2,4	11,5	31,0	1,97	30,1
3	30,8	21,0	12,0	16,5	-52	-54	-53	128	130	129	87	72	80	29,4	3,5	8,0	37,5	2,05	25,1
4	37,0	27,5	13,5	22,0	-36	-50	-43	142	126	134	87	74	81	28,6					
5	17,0	14,0	10,0	12,5	-32	-28	-30	147	150	148	132	144	138	20,8	6,7	6,0	29,5	2,24	27,1
6	27,0	21,7	24,0	28,0	-25	-32	-28	155	142	148	133	126	129	27,0					
7	17,0	12,5	10,5	21,0	-24	-28	-26	156	158	157	89	87	88	24,0					
8	20,0	16,5	15,8	15,2	-14	-52	-48	141	130	136	134	130	132	27,4					
Среднее:																		2,09	27,6

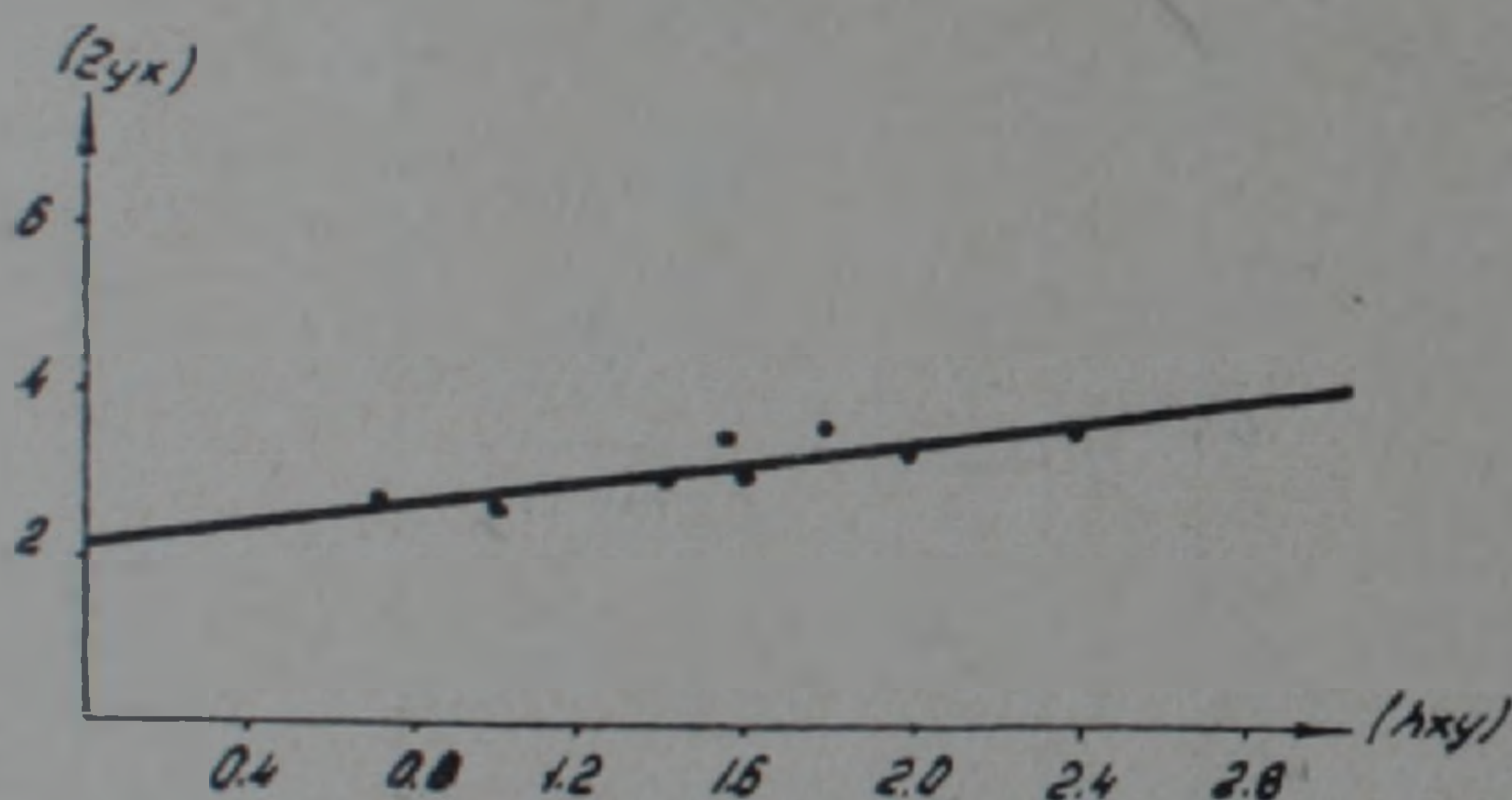
Примечание: $R_{Ex} = 0,053$ мв/км; $R_{Ey} = 0,051$ мв/км
 $R_{nx} = 0,0125$ г/мм; $R_{ny} = 0,011$ г/мм для $m = 1, 2, 3, 4$
 $R_{nx} = 0,026$ г/мм; $R_{ny} = 0,027$ г/мм для $m = 5, 6, 7, 8$

ших квадратов. В этих случаях к векторам поляризации предъявляются довольно строгие требования. На фиг. 1 представлена зависимость $|Z_{xy}|$ от $|h_{xy}|$, где $|h_{xy}| = \frac{|H_x|}{|H_y|}$. Отрезок, отсекаемый прямой на оси ординат, дает значения $|Z_{xy}|$.



Фиг. 1. Зависимость $|Z_{xy}|$ от $|h_{xy}|$ для пункта Гарни.

Аналогично определяли зависимость $|Z_{yx}|$ от $|h_{yx}|$ (фиг. 2).

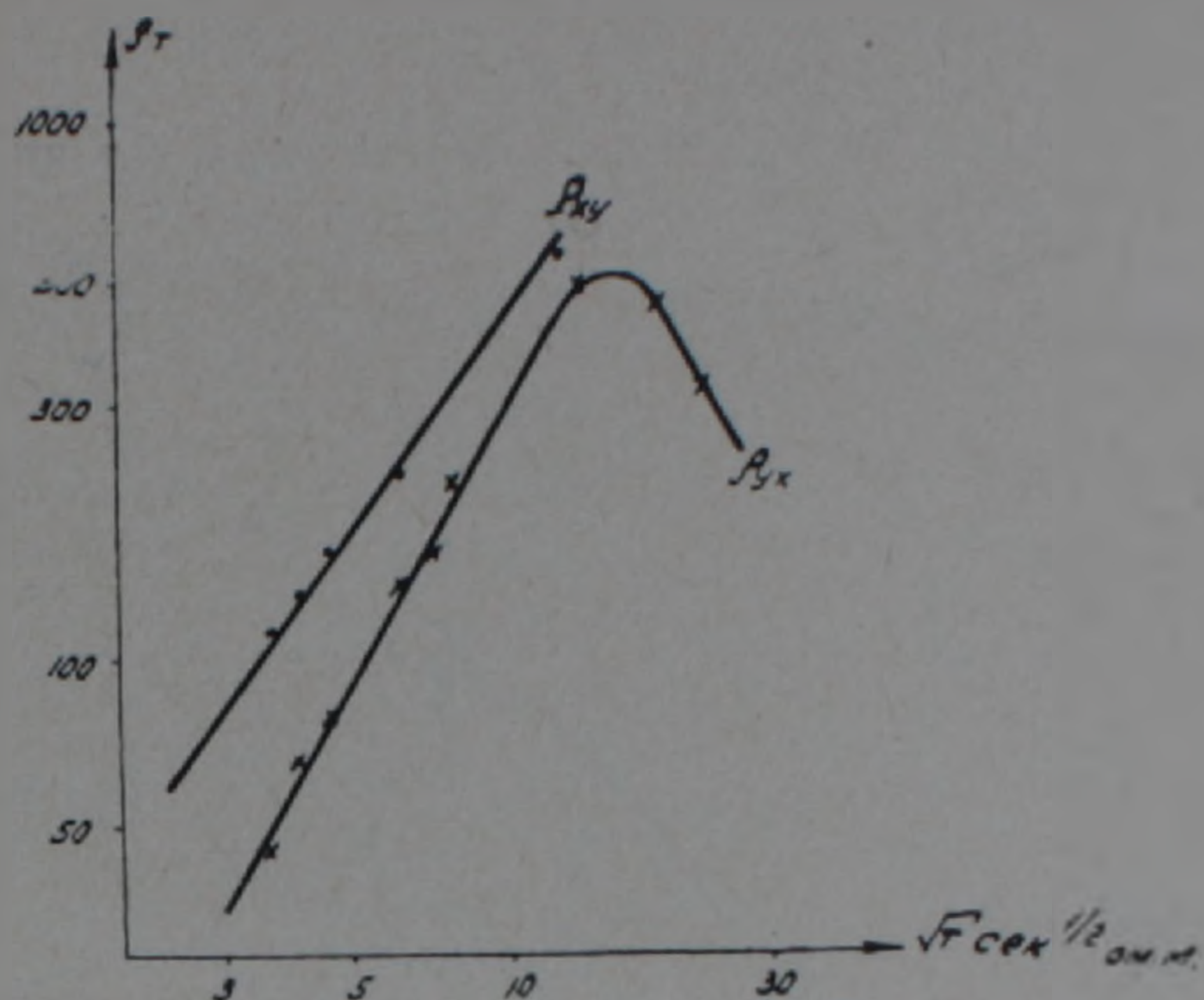


Фиг. 2. Зависимость $|Z_{yx}|$ от $|h_{yx}|$ для пункта Шурнух.

На фиг. 3 приведены кривые зондирования, построенные для участка Муган. Как видно из рисунка, кривые ρ_{xy} и ρ_{yx} существенно расходятся. Значения продольной проводимости S_{xy} и S_{yx} , определенные по восходящей ветви, различаются почти в 2 раза. При этом S_{yx} всегда больше S_{xy} ($S_{xy} = 95$ мО, $S_{yx} = 170$ мО).

Кривые ρ_{xy} и ρ_{yx} несут различную информацию; кривая ρ_{xy} определяет положение непроводящего пропластка, а кривая ρ_{yx} — положение непроводящего основания. При этом S_{xy} следует рассматривать как продольную проводимость надсолевой толщи, а S_{yx} — как суммарную продольную проводимость всей осадочной толщи.

Восходящая ветвь ρ_{yx} хорошо накладывается на кривую двухслойной палетки (Ваньян Л. Л., Хамизури В. Р.) с индексом



Фиг. 3 Кривые зондирования в пункте Муган.

$\rho_{1,2} = \frac{\rho_2}{\rho_1} = 300$. Координаты креста равны $\rho_{г.кр.}^{кр.} = 39$, $\sqrt{T_{кр.}} = 2,8$.

Отсюда, используя соотношение

$$h = \frac{\sqrt{10 \rho_{г.кр.}^{кр.} T_{кр.}}}{8}, \quad (1)$$

заключаем о наличии слоя с сопротивлением $\rho = 39$ ом.м и мощностью около 7 км, лежащего на основании с сопротивлением, близким к 12000 ом.м. Появление максимума и начала ниспадающей ветви в правой части кривой ρ_{yx} свидетельствует о присутствии на больших глубинах мощного слоя низкого сопротивления, который может быть отождествлен с проводящей зоной мантии.

Мощность до хорошо проводящих пород верхней мантии h_1 может быть определена по формуле (1), или

$$h_1 = 1,14 \sqrt{T_h}, \quad (2)$$

либо по формуле

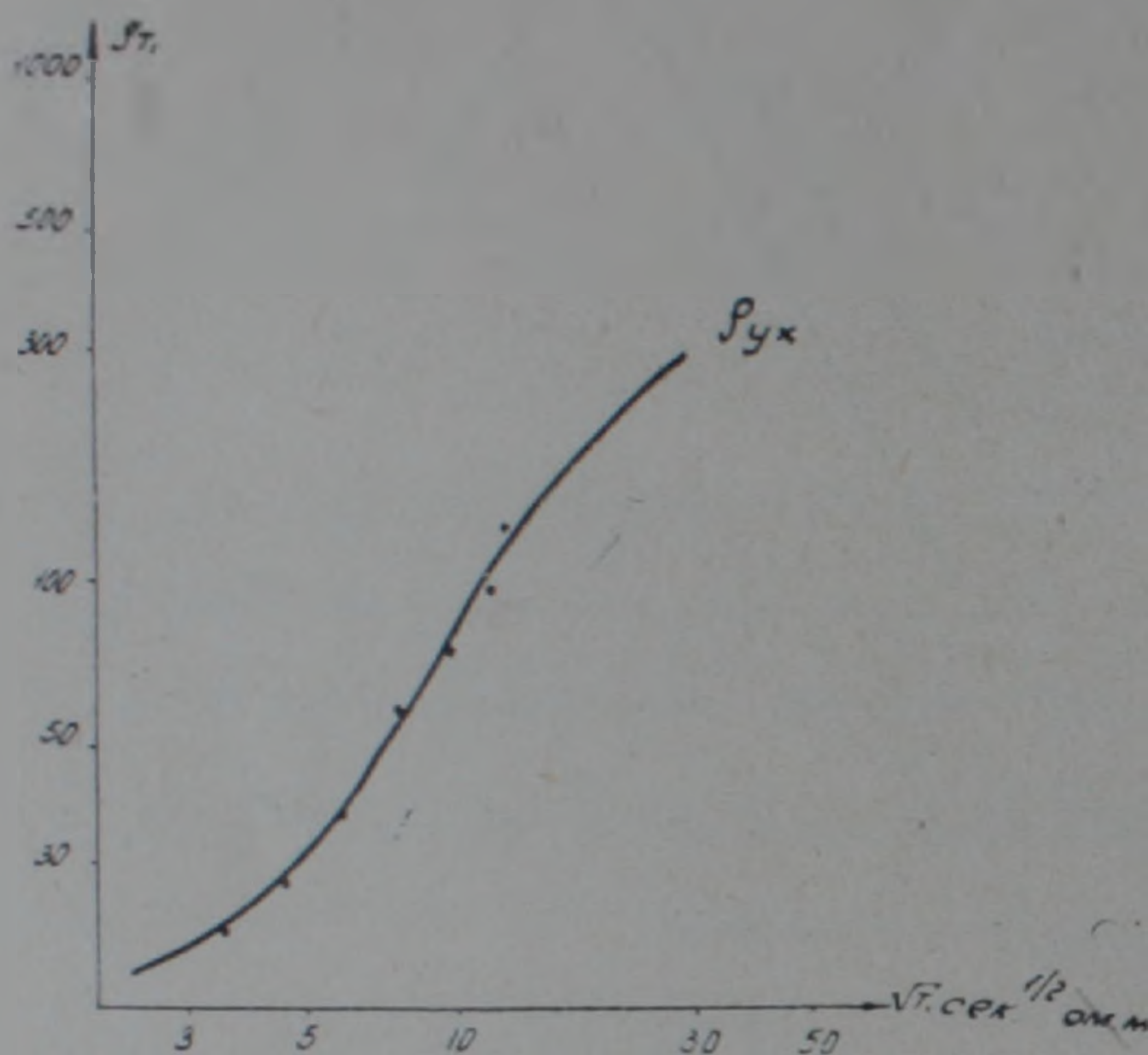
$$h_1 \approx 2,1 S \rho_{max}, \quad (3)$$

где: $\sqrt{T_h}$ — абсцисса точки пересечений правой асимптоты, проведенной к ниспадающей ветви под углом $63^\circ 25'$ к положительному направлению оси абсцисс; S — продольная проводимость верхних слоев; ρ_{max} — кажущееся сопротивление в максимуме кривой МТЗ ($\rho_{max} = 520$ ом.м). По формуле (2) имеем $h_1 = 160$ км, а по соотношению (3) — $h_1 \approx 190$ км. Таким образом, средняя глубина до проводящих пород в верхней мантии составляет около 175 км.

На фиг. 4 дана зависимость ρ_r от $\sqrt{T}$, полученная в пункте Гарни. В связи с тем, что в пункте зондирования не наблюдается заметной зависимости импеданса от направления электрического вектора, представ-

ляется вполне оправданным проводить изучение кривой зондирования, построенной по полному вектору вариации.

Полученная кривая ρ_r хорошо накладывается на кривую двух-слойной палетки с индексом $\mu_{2,1} = 39$. Отсюда, используя соотношение (1),



Фиг. 4 Кривые зондирования в пункте Гарни.

получаем, что слой с сопротивлением $\rho_1 = 23 \text{ ом.м}$ и мощностью около 6,3 км, лежит на основании с сопротивлением ρ_2 , близким к 900 ом.м. Определение суммарной продольной проводимости по восходящей ветви кривой ρ_r ($S = 280 \text{ мо}$), а также по формулам (1)

$$S \approx 520 \sqrt{\frac{T_{\min}}{\rho_{\min}}}, \quad (4)$$

или

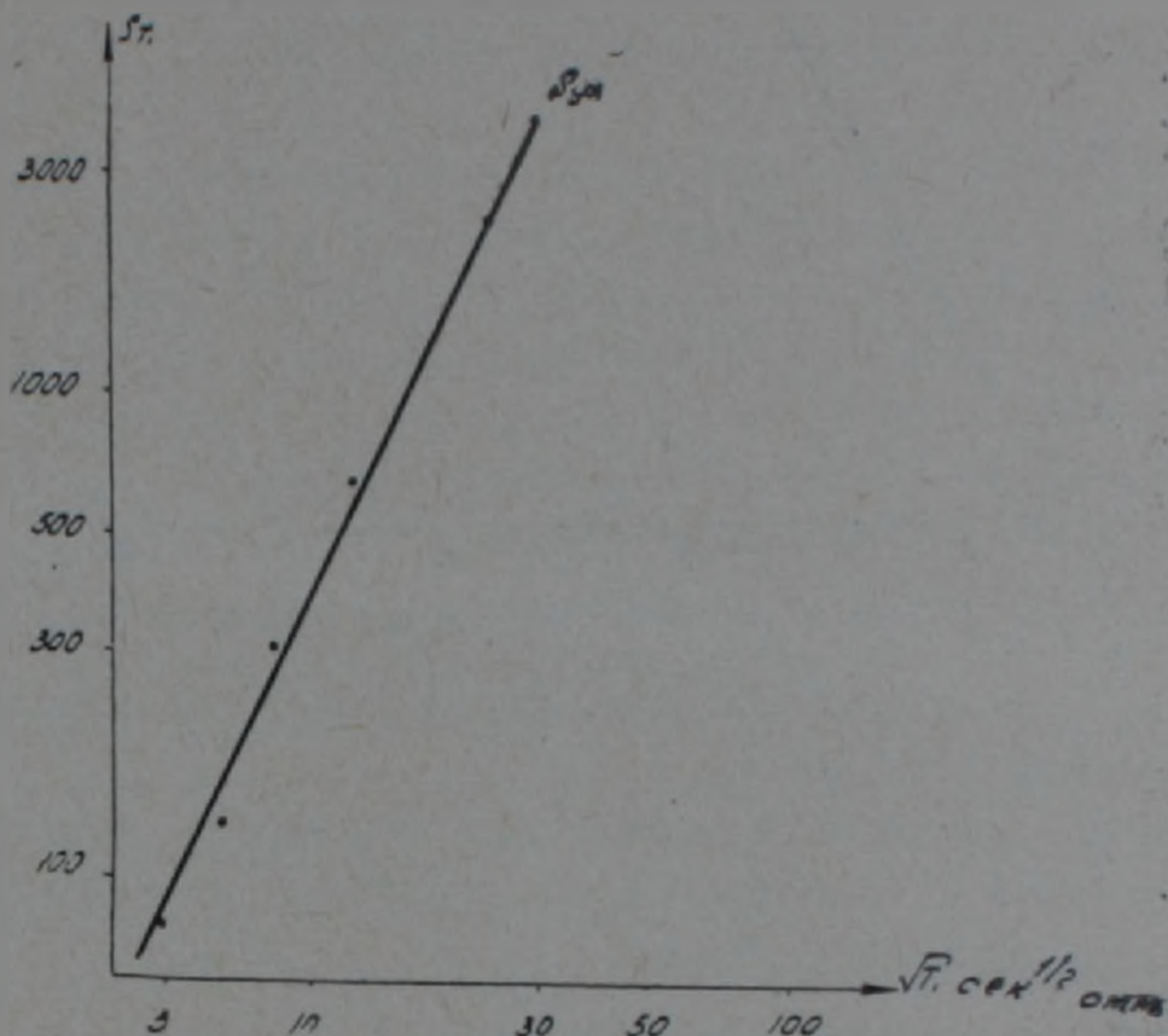
$$S \approx \frac{796}{|Z_n|}. \quad (5)$$

где: $\rho_{\min}$, $\sqrt{T_{\min}}$ — координаты минимума кривой ρ_r , а, Z_n — значения импеданса, определенного из фиг. 1. По формуле (4) имеем $S = 270 \text{ мо}$, а по формуле (5) — $S \approx 330 \text{ мо}$. Таким образом, средняя проводимость осадочной толщи составляет $S \approx 300 \text{ мо}$.

Зависимость ρ_{yx} от $\sqrt{T}$ для пункта Шурнух приведена на фиг. 5. Кривая ρ_{yx} не представлена из-за недостаточного количества колебаний, пригодных для визуальной обработки. Гармонический анализ вариаций неправильной формы также не позволил достаточно четко выделить форму кривой. По-видимому, это связано с неправильным выбором ориентации измерительных установок, а также большие помехи создавала высоковольтная линия электропередачи, проходящая в 1 км от пункта наблюдений. В связи с этим интерпретация проводилась по

кривой ρ_{yr} , которая представляет собой только прямолинейный участок восходящей ветви и имеет наклон приблизительно 63° , что указывает на то, что основание является идеально непроводящим.

Значения продольной проводимости определялись по восходящей ветви ($S_{yr} = 280$ мО) и по формуле (5), где значения Z_n были взяты



Фиг. 5. Кривые зондирования в пункте Шурнух.

из графика, представленного на фиг. 2. По формуле (5) имеем значение $S_{yx} \approx 360$ мО. Таким образом, средняя удельная проводимость осадочной толщи составляет ≈ 320 мО.

Для пункта Хндзореск кривая зондирования представлена на фиг. 6. Кривая имеет восходящую ветвь и максимум в правой части кривой. Восходящая ветвь хорошо накладывается на кривую двухслойной палетки с индексом $\mu_{1,2} = 300$. Координаты креста равны: $\rho_r^* = 29$, $\sqrt{T_{rp}} = 2,1$. Отсюда, из соотношения (1) получаем $h \sim 4,5$ км. Появление максимума и начала ниспадающей ветви в правой части кривой свидетельствует о наличии мощного слоя низкого сопротивления, который можно отождествить с проводящей зоной мантии.

Мощность до хорошо проводящих пород верхней мантии по формуле (2) дает значение 182 км, а по формуле

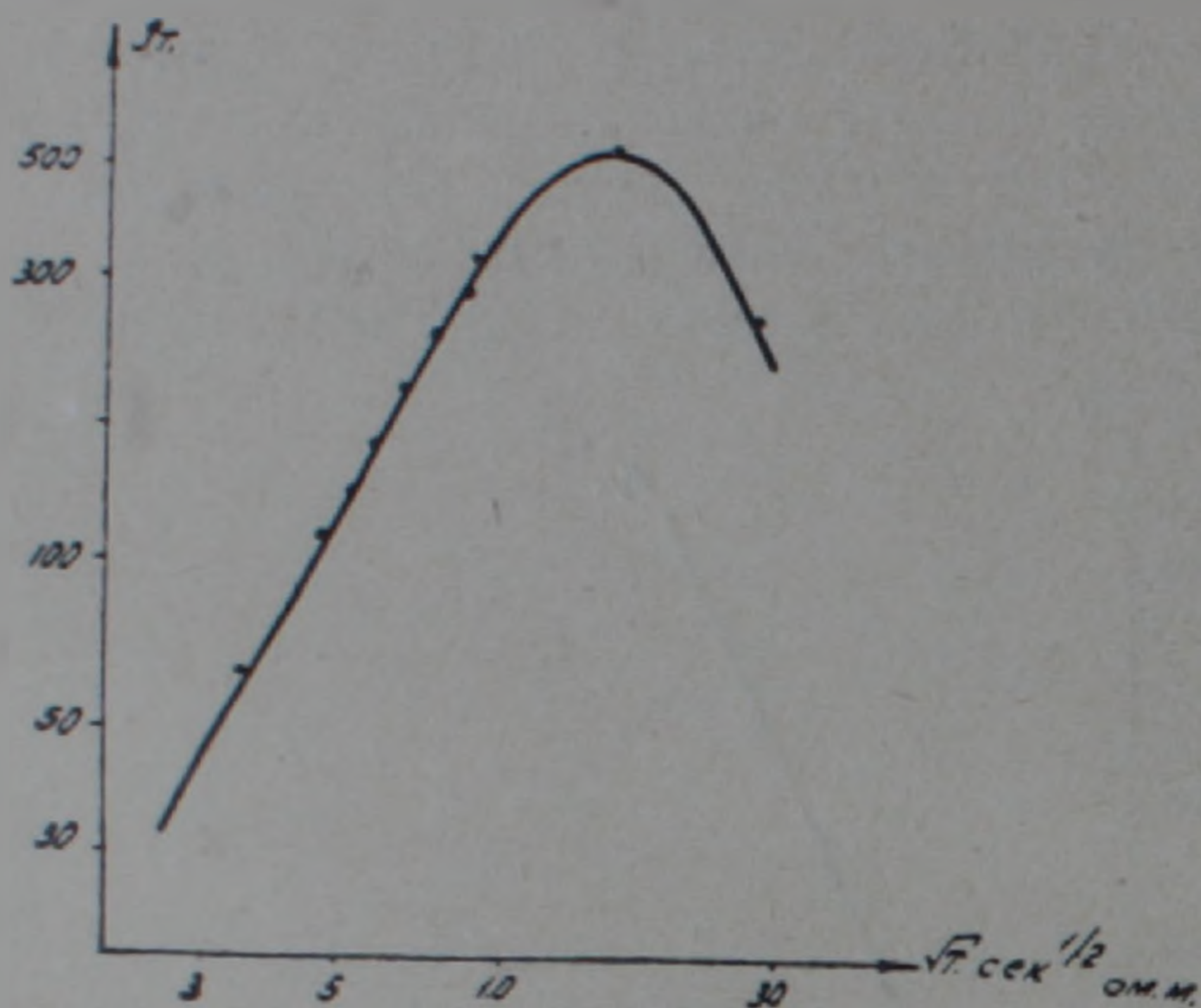
$$h_m = 0,52 \sqrt{T_{\max} \cdot \rho_{\max}} \quad (6)$$

где: $T_{\max}$, $\rho_{\max}$ — абсцисса и ордината максимума, предваряющего нисходящую ветвь кривой ρ_r . Из соотношения (6) имеем значение $h_m = 185$ км.

Из таблицы 1 $Z_{эф.} = 2,09$, следовательно, $\rho_{эф.} = 24$ ом.м, а $S_{эф.} = 380$ мО.

На основании изложенного можно сделать следующие выводы.

1. В районе сел. Муган кристаллический фундамент залегает на



Фиг. 6 Кривые зондирования в пункте Хндзореск.

глубине 6,5—7,5 км, а глубина проводящих пород верхней мантии составляет в среднем 170—180 км.

2. В южной Армении, в районе сел. Хндзореск, кристаллический фундамент залегает на глубине 4,5 км, а глубина проводящих пород в верхней мантии составляет 185 км.

Институт геофизики и инженерной сейсмологии
Академии наук Армянской ССР

По ступила 19.11.1973.

Յ. Դ. ՀԱՎՈՅԱՆ, Լ. Ն. ԱՆԴՐՈՆՈՎԱ, Լ. Ա. ՀԱԽՎԵՐԴՅԱՆ

ԽՈՐԳԱՅԻՆ ՄԱԴՆԻՍԱ-ՏԵԼՈՒՐԱՅԻՆ ԶՈՆԴԱՎՈՐՄԱՆ ԿԻՐԱՌՄԱՆ ԱՐԴՅՈՒՆՔՆԵՐԸ ՀԱՅԱՍՏԱՆԻ ՇՐՋԱՆՆԵՐՈՒՄ

Ա մ փ ո փ ո լ մ

Հողվածում բերված է մագնիսա-տեղուրային զոնդավորման (ՄՏԶ-ի) Հայաստանի, մասնավորապես՝ Մուղանի, Խնձորեսկի, Գառնիի, Շուռնուխի շրջաններում կատարված աշխատանքների հիման վրա ստացված մի քանի արդյունքներ:

Ստացված կորերի մեկնաբանումը ցույց է տալիս, որ Մուղանի շրջանում (Արարատյան դաշտավայր) բյուրեղային ֆունդամենտի խորությունը կազմում է 6,5—7,5 կմ, իսկ Խնձորեսկում (Զանգեզուր)՝ 4,5 կմ: Այս նույն շրջաններում վերին մանտիայի էլեկտրահաղորդիչ ապարների խորությունը կազմում է 170—180 կմ:

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Бердичевский М. Н. Электрическая разведка методом магнитотеллурического профилирования. «Недра», 1968.
2. Бердичевский М. Н., Чернявский Г. А. О некоторых особенностях магнитотеллурического поля в Днепровско-Донецкой впадине. Сб. «Магнитотеллурические методы изучения строения земной коры и верхней мантии». «Наука», № 4, 1969.