

## ТРЕХАЗИМУТАЛЬНАЯ МОДИФИКАЦИЯ МАК-ЗОНДИРОВАНИЯ

© 2003 г. А. К. Матевосян

Институт геологических наук НАН РА  
375019, Ереван, пр. Маршала Баграмяна, 24а, Республика Армения  
E-mail: ramelk@sci.am  
Поступила в редакцию 09.09.2002 г.

В предыдущей статье представлена методика многоазимутальных комбинированных (МАК) электрических зондирований, и на ее простейшей (двухазимутальной крестовой) модификации показана эффективность таких электроразведочных исследований. Данная статья является логическим продолжением этих исследований.

Специфические особенности исследований трехазимутальной модификацией МАК-зондирования рассмотрим с использованием шести питающих электродов  $A(-L, 0)$ ,  $B(L, 0)$  – ориентированных по оси  $x$  и  $C(-L\cos 60^\circ, -L\sin 60^\circ)$ ,  $D(L\cos 60^\circ, L\sin 60^\circ)$ ,  $E(-L\cos 60^\circ, L\sin 60^\circ)$ ,  $F(L\cos 60^\circ, -L\sin 60^\circ)$  на тех же геоэлектрических моделях (рис. 1), что и при двухазимутально-крестовой [5]. Электрическое поле создается следующими парами питающих электродов (простых систем возбуждения):  $AB$ ,  $AD$ ,  $AF$ ,  $BC$ ,  $BE$ ,  $CD$ ,  $CE$ ,  $DF$ ,  $EF$  (рис. 1). Вычисления  $x$ - и  $y$ -составляющих первичного и вторичного электрических полей можно выполнять по результатам измерений различными системами приемных линий (диполей), расположенных в области центра зондирования (принятой системы координат  $XOY$ ) [3], однако использование приемных линий, ориентированных вдоль питающих линий  $AB$ ,  $CD$ ,  $EF$  – азимутов зондирования, позволяет при необходимости воспользоваться и принятой методикой круговых зондирований [2, 6].

При этой модификации МАК-зондирования исследования многоэлектродной установкой  $ABCDEF$  целесообразно выполнять трехэлектродными (I группа –  $ABC$ ,  $ABD$ ,  $ABE$ ,  $ABF$ ,  $ACD$ ,  $AEF$ ,  $BCD$ ,  $BEF$ ,  $CDE$ ,  $CDF$ ,  $CEF$ ,  $DEF$  и II группа –  $ADF$ ,  $BCE$ ) и четырехэлектродными (III группа –  $AB-CB$ ,  $AB-EF$ ,  $CD-EF$  и IV группа –  $AB-CE$ ,  $AB-DF$ ,  $AD-EF$ ,  $AF-CD$ ,  $BC-EF$ ,  $BE-CD$ ) системами возбуждения вращающегося электрического поля в центре зондирования. Заметим, что только две многоэлектродные системы возбуждения  $ADF$  и  $BCE$  (II группа) из них слагаются тремя ( $AD$ ,  $AF$ ,  $DF$  и  $BC$ ,  $BE$ ,  $CE$ ) применяемыми простыми системами возбуждения, что при необходимости эффективно можно использовать не только для

контроля экспериментальных исследований, но и при изучении нелинейных процессов ВП.

По табл. 1 можно составить представление о глубинных развертках диаграмм  $\rho_s$ . Так, например, характер изменения исследуемых параметров кажущегося сопротивления при возбуждении поля системой возбуждения  $AB$  отражается на развертках диаграмм  $\rho_s$  при  $\delta=0^\circ$  для четырех трехэлектродных ( $ABC$ ,  $ABD$ ,  $ABE$ ,  $ABF$ ) и четырех четырехэлектродных ( $AB-CB$ ,  $AB-EF$ ,  $AB-CE$ ,  $AB-DF$ ) систем возбуждения (в таблице соответствующие ячейки затемнены).

Ниже представим формулы при трех вариантах преобразования данных трехазимутальной модификации МАК-зондирования ( $\rho_s$ , аналогично и  $\eta_s$ ), полученных простыми ( $AB$ ,  $AD$ ,  $AF$ ,  $BC$ ,  $BE$ ,  $CD$ ,  $CE$ ,  $DF$ ,  $EF$ ) системами возбуждения, в соответствующие значения для одного ( $A$ ,  $B$ ,  $C$ ,  $D$ ,  $E$ ,  $F$ ) питающего электрода (обозначены\*).

**Вариант I.**

$$\begin{aligned} \rho_s^{*A} &= \rho_s^{AD} \cdot \rho_s^{AF} / \rho_s^{DF}, \quad \rho_s^{*B} = (\rho_s^{BC} \cdot \rho_s^{BE}) / \rho_s^{CE}, \\ \rho_s^{*C} &= \rho_s^{BC} \cdot \rho_s^{CE} / \rho_s^{BE}, \quad \rho_s^{*D} = (\rho_s^{AD} \cdot \rho_s^{DF}) / \rho_s^{AF}, \\ \rho_s^{*E} &= \rho_s^{BE} \cdot \rho_s^{CE} / \rho_s^{BC}, \quad \rho_s^{*F} = (\rho_s^{AF} \cdot \rho_s^{DF}) / \rho_s^{AD}. \end{aligned} \quad (1)$$

**Вариант II.**

$$\begin{aligned} \rho_s^{*A} &= (\rho_s^{AB})^2 \cdot \rho_s^{CD} \cdot \rho_s^{EF} / (\rho_s^{BC} \cdot \rho_s^{BE} \cdot \rho_s^{DF}), \\ \rho_s^{*B} &= (\rho_s^{AB})^2 \cdot \rho_s^{CD} \cdot \rho_s^{EF} / (\rho_s^{AD} \cdot \rho_s^{AF} \cdot \rho_s^{CE}), \\ \rho_s^{*C} &= \rho_s^{AB} \cdot (\rho_s^{CD})^2 \cdot \rho_s^{EF} / (\rho_s^{AD} \cdot \rho_s^{BE} \cdot \rho_s^{DF}), \\ \rho_s^{*D} &= \rho_s^{AB} \cdot (\rho_s^{CD})^2 \cdot \rho_s^{EF} / (\rho_s^{AF} \cdot \rho_s^{BC} \cdot \rho_s^{CE}), \\ \rho_s^{*E} &= \rho_s^{AB} \cdot \rho_s^{CD} \cdot (\rho_s^{EF})^2 / (\rho_s^{AF} \cdot \rho_s^{BC} \cdot \rho_s^{CE}), \\ \rho_s^{*F} &= \rho_s^{AB} \cdot \rho_s^{CD} \cdot (\rho_s^{EF})^2 / (\rho_s^{AD} \cdot \rho_s^{BE} \cdot \rho_s^{CE}). \end{aligned} \quad (2)$$

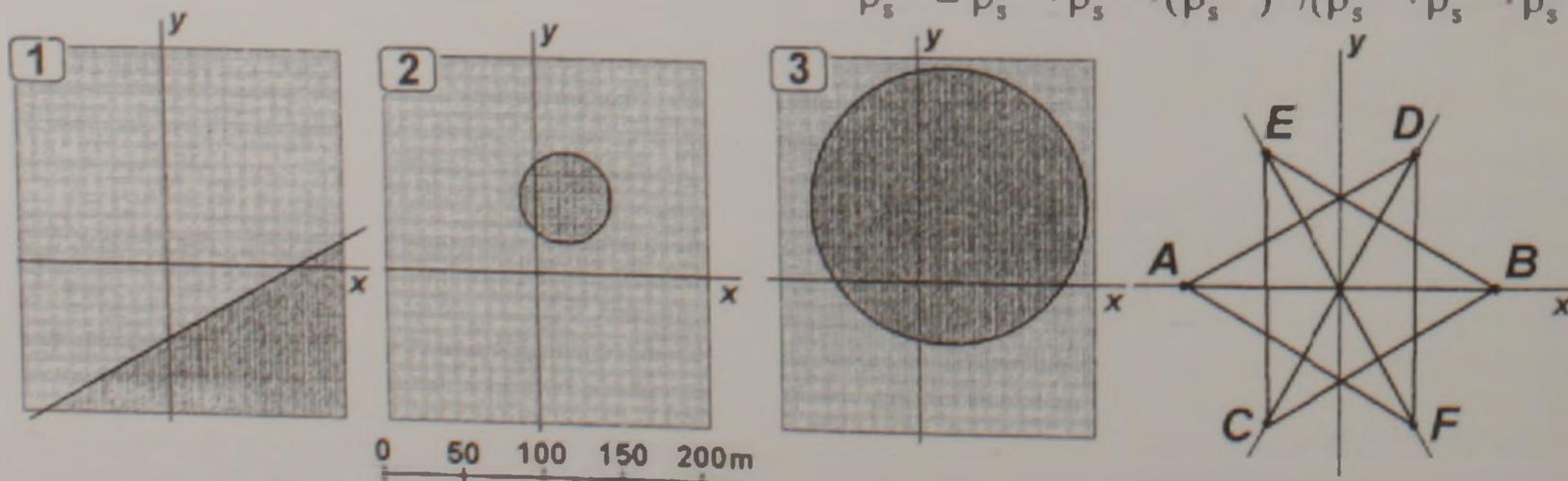


Рис. 1. Геоэлектрические модели 1, 2, 3 и установка трехазимутального МАК-зондирования.

Вариант III.

$$\begin{aligned} \rho_s^{\circ A} &= (\rho_s^{AD} \cdot \rho_s^{AF})^{1/2}, \quad \rho_s^{\circ B} = (\rho_s^{BC} \cdot \rho_s^{BE})^{1/2}, \\ \rho_s^{\circ C} &= (\rho_s^{BC} \cdot \rho_s^{CE})^{1/2}, \quad \rho_s^{\circ D} = (\rho_s^{AD} \cdot \rho_s^{DF})^{1/2}, \quad (3) \\ \rho_s^{\circ E} &= (\rho_s^{BE} \cdot \rho_s^{CE})^{1/2}, \quad \rho_s^{\circ F} = (\rho_s^{AF} \cdot \rho_s^{DF})^{1/2}. \end{aligned}$$

Таблица 1.

	AB $\delta=0^\circ$	AD $\delta=30^\circ$	AF $\delta=-30^\circ$	BC $\delta=30^\circ$	BE $\delta=-30^\circ$	CD $\delta=60^\circ$	CE $\delta=90^\circ$	DF $\delta=90^\circ$	EF $\delta=-60^\circ$
ABC									
ABD									
ABE									
ABF									
ACD									
AEF									
BCD									
BEF									
CDE									
CDF									
CEF									
DEF									
ADF									
BCE									
AB-CD									
AB-EF									
CD-EF									
AB-CE									
AB-DF									
AD-EF									
AF-CD									
BC-EF									
BE-CD									

На рис.2-4 изображены кривые изменения  $\rho_s$  и  $\eta_s$  с полуразном  $L$  при шести (A, B, C, D, E, F) системах возбуждения электрического поля на поверхности геоэлектрических моделей 1, 2, 3, построенные подобно рис.6 в [5] при двухазимутальной модификации, путем преобразования по вариантам I, II и III (1-3). В табл.2 представлены результаты сопоставления значений  $\rho_s$  и  $\eta_s$ , полученных путем этих преобразований с соответствующими истинными величинами. Анализ этих данных также показывает, что в зависимости от исследуемой геоэлектрической модели предпочтение можно отдать тому или иному варианту преобразования. Однако, и здесь прослеживается отмеченная в [5] закономерность: чем резче изменение электрических свойств в направлении данного питающего электрода, тем выше коррелируемость сопоставляемых параметров. Так, для модели 1 это наблюдается при возбуждении поля питающими электродами B, C и F (B и C пересекают вертикальный контакт при  $L$ , равном 86 м, а F – при 42 м), модели 2 – электродом D (при  $L$ , равном 23 и 77 м электрод D проходит через границу поверхностной неоднородности), а на модели 3 высокая коррелируемость параметров кажущегося сопротивления и кажущейся поляризуемости опять (как и при двухазимутальной модификации) не наблюдается (напомним, что это связано с отсутствием границ раздела электрических свойств, выходящих на дневную поверхность).

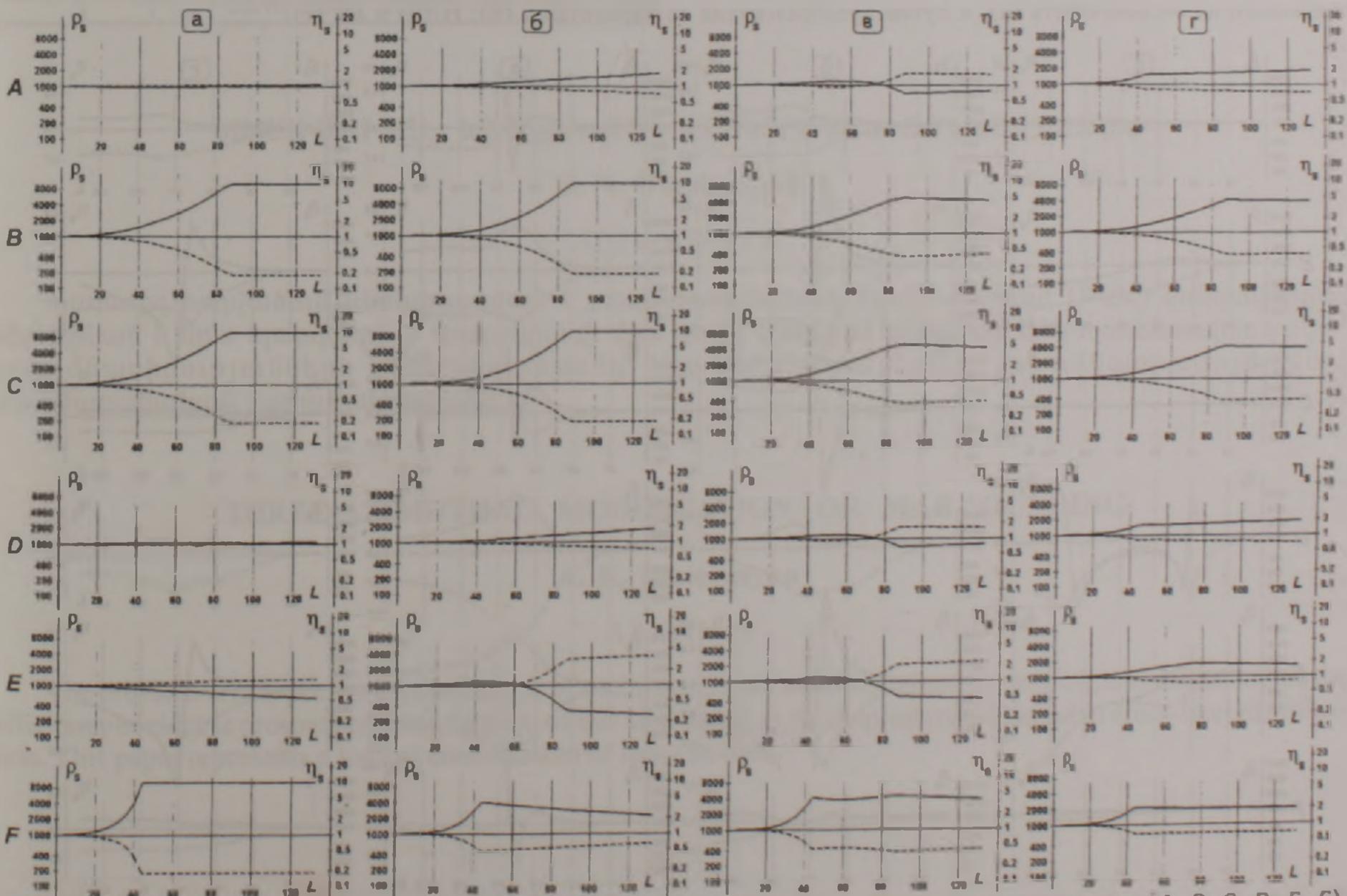


Рис.2. Кривые изменения  $\rho_s$  (пунктирная линия) и  $\eta_s$  (сплошная линия) с полуразном  $L$  при шести (A, B, C, D, E, F) системах возбуждения электрического поля на поверхности геоэлектрической модели 1, построенные в полулогарифмическом масштабе по значениям МАК-зондирования, вычисленным с использованием дополнительного питающего электрода, отнесенного на бесконечность (а), и путем преобразований по вариантам I (б), II (в) и III (г).

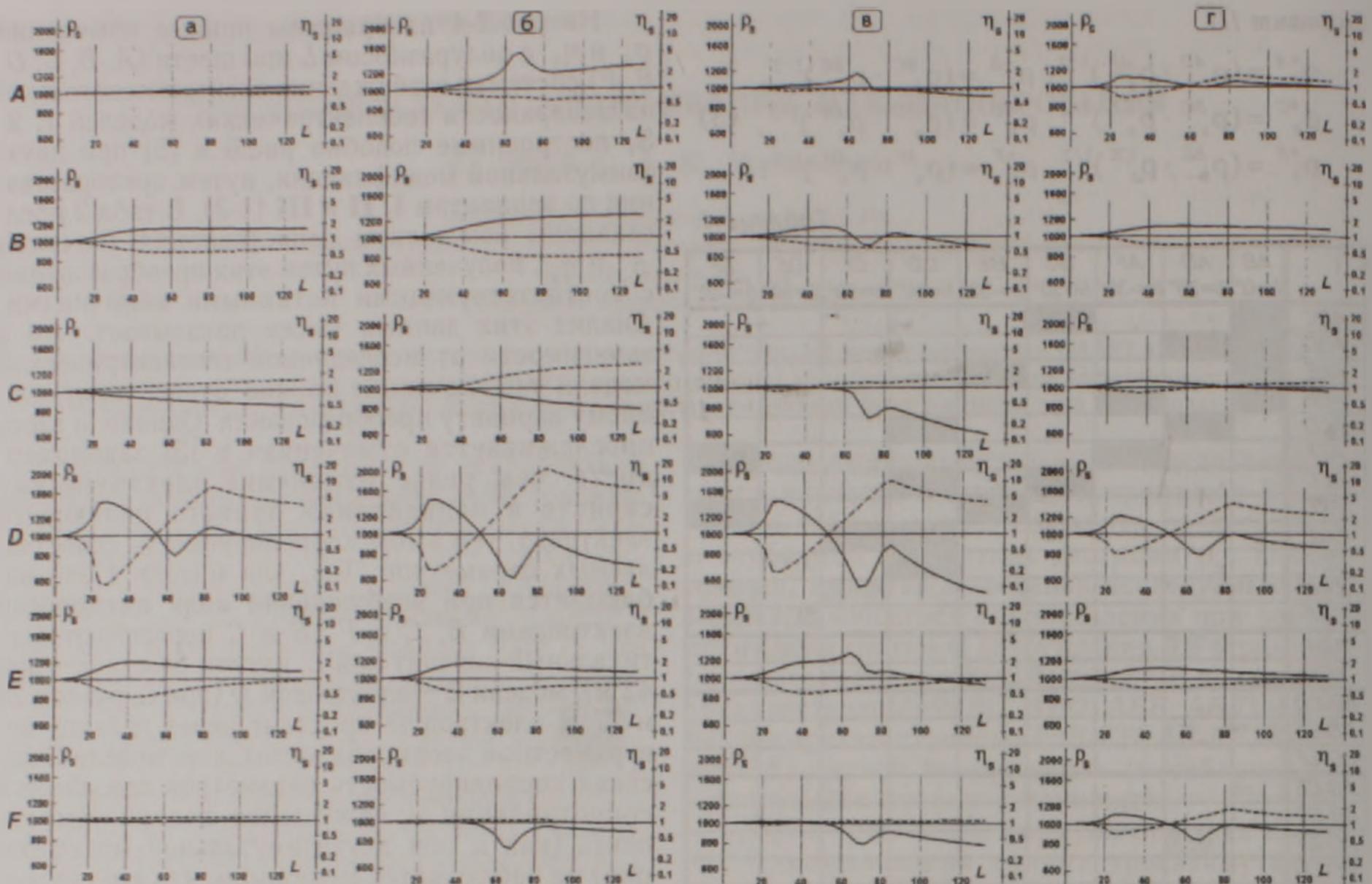


Рис.3. Кривые изменения  $\rho_s$  (пунктирная линия) и  $\eta_s$  (сплошная линия) с полуразносом  $L$  при шести (A, B, C, D, E, F) системах возбуждения электрического поля на поверхности геоэлектрической модели 2, построенные в полулогарифмическом масштабе по значениям МАК-зондирования, вычисленным с использованием дополнительного питающего электрода, отнесенного на бесконечность (а), и путем преобразований по вариантам I (б), II (в) и III (г).

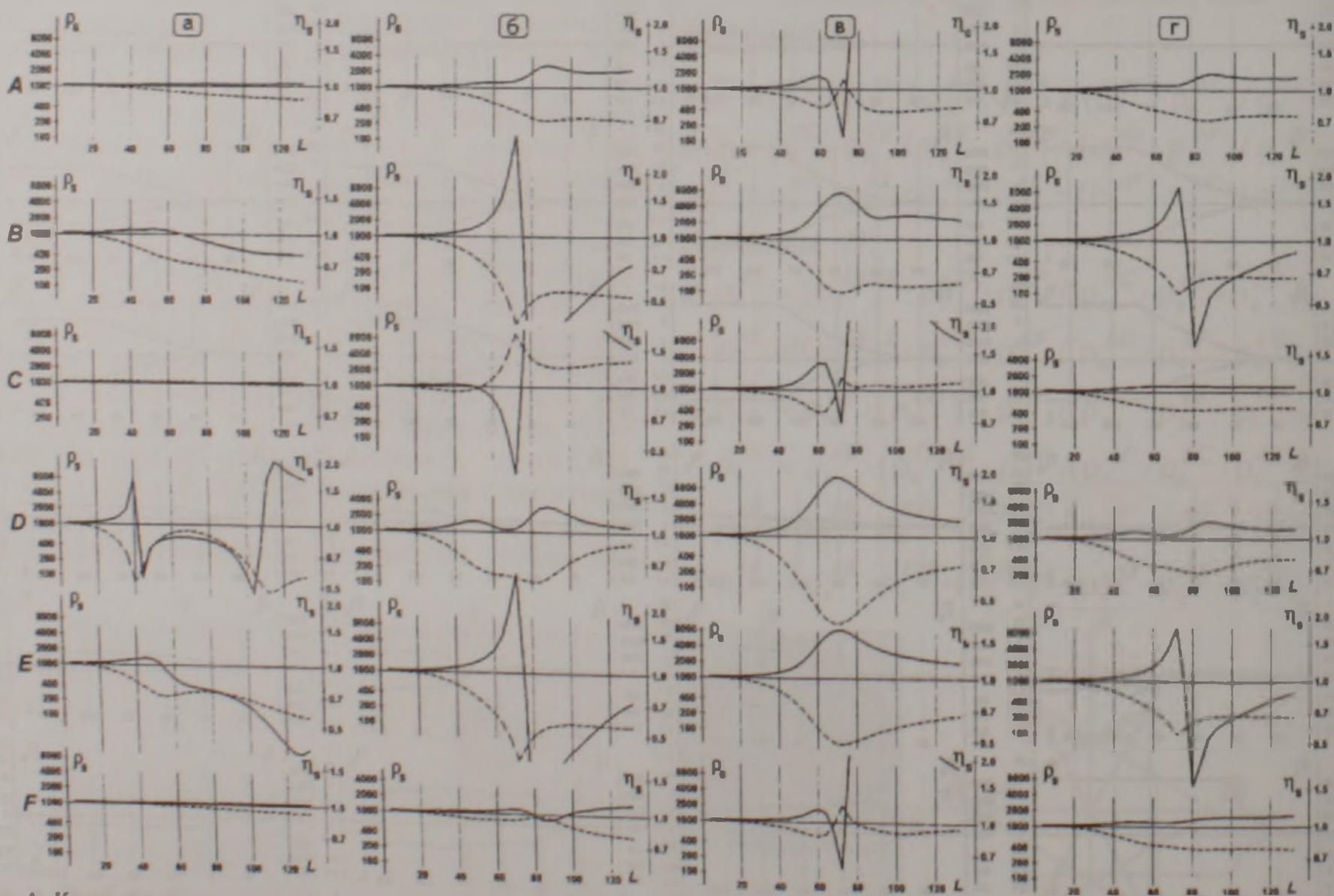


Рис.4. Кривые изменения  $\rho_s$  (пунктирная линия) и  $\eta_s$  (сплошная линия) с полуразносом  $L$  при шести (A, B, C, D, E, F) системах возбуждения электрического поля на поверхности геоэлектрической модели 3, построенные в полулогарифмическом масштабе по значениям МАК-зондирования, вычисленным с использованием дополнительного питающего электрода, отнесенного на бесконечность (а), и путем преобразований по вариантам I (б), II (в) и III (г).

Таблица 2.

Коэффициенты корреляции между истинным и преобразованными (различными тремя вариантами) значениями кажущегося сопротивления и кажущейся поляризуемости при шести одноэлектродных системах возбуждения на поверхности рассматриваемых геоэлектрических моделей.

Таким образом, получение дополнительной информации (при незначительном увеличении объема экспериментальных работ) в процессе проведения МАК-зондирования (в частности двухазимутальной модификацией, в отличие от [1,4] способов зондирования) при соответствующей методике обработки и интерпретации позволяет существенно повысить эффективность электроразведочных исследований.

ЛИТЕРАТУРА

1. Боголюбов А.Н., Боголюбова Н.П. Способ картирования горных пород. Патент РФ №2030768, 1995, Б.И. 7.
2. Инструкция по электроразведке. Л.: Недра, 1984, 352с.
3. Матевосян А.К. Оценка влияния выбора системы регистрации при исследовании анизотропии геоэлектрической среды. Изв. НАН РА, Науки о Земле, LII, 1999, №2-3, с.84-88.
4. Матевосян А.К. Способ крестового вертикального электрического зондирования. Сб. научных трудов конференции, посвященной памяти А.Г.Бабаджаняна, Гюмри, 1999, с.169-178.
5. Матевосян А.К. Многоазимутальное комбинированное электрическое зондирование. Изв. НАН РА, Науки о Земле. 2003, LVI, N1, с.50-58.
6. Электроразведка. Справочник геофизика (под ред. В.К.Хмелевского и В.М.Бондаренко). М.: Недра, 1989, в двух книгах – 438с, 378 с.

Геоэлектрическая модель	Вариант	Параметр	Система возбуждения					
			A	B	C	D	E	F
Модель 1	I	$\rho_s$	-0.677	<b>0.997</b>	<b>0.997</b>	-0.677	0.906	<b>0.963</b>
		$\eta_s$	0.892	<b>0.998</b>	<b>0.998</b>	0.892	0.881	<b>0.834</b>
	II	$\rho_s$	0.461	<b>0.997</b>	<b>0.997</b>	0.461	0.889	<b>0.996</b>
		$\eta_s$	-0.847	<b>0.980</b>	<b>0.980</b>	-0.847	0.827	<b>0.986</b>
	III	$\rho_s$	-0.915	<b>0.998</b>	<b>0.998</b>	-0.915	-0.850	<b>0.999</b>
		$\eta_s$	0.600	<b>0.996</b>	<b>0.996</b>	0.600	-0.917	<b>0.980</b>
Модель 2	I	$\rho_s$	0.819	0.922	0.967	<b>0.994</b>	0.892	0.255
		$\eta_s$	0.642	0.828	0.947	<b>0.989</b>	0.989	0.176
	II	$\rho_s$	0.183	0.963	0.937	<b>0.998</b>	0.981	0.851
		$\eta_s$	-0.535	-0.086	0.901	<b>0.980</b>	0.783	-0.148
	III	$\rho_s$	-0.831	0.950	0.758	<b>0.999</b>	0.980	0.698
		$\eta_s$	-0.473	0.976	0.595	<b>0.980</b>	0.992	-0.169
Модель 3	I	$\rho_s$	0.978	0.985	-0.300	0.314	0.953	0.879
		$\eta_s$	0.906	0.540	0.086	-0.318	0.380	0.509
	II	$\rho_s$	0.717	0.983	-0.727	0.478	0.944	0.205
		$\eta_s$	0.363	-0.320	0.038	-0.313	-0.373	0.303
	III	$\rho_s$	0.924	0.982	0.339	0.484	0.940	0.868
		$\eta_s$	0.916	0.582	0.030	-0.059	0.409	0.964

ԵՌԱԶԻՄՈՒՏԱԼ ԵՂԱՆԱԿ ԲԱՀ ԷԼԵԿՏՐԱԿԱՆ ԶՈՆԴԱՎՈՐՄԱՆ

Ա. Կ. Մաթևոսյան

Ա մ փ ո փ ո մ

Նախորդ հոդվածում ներկայացված է բազմաազիմուտալ համատեղված (ԲԱՀ) զոնդավորման մեթոդիկան և նրա պարզագույն տարբերակի վրա ցույց է տրված այդպիսի էլեկտրահետախուզական ուսումնասիրությունների էֆեկտիվությունը: Այս հոդվածում նշված ուսումնասիրությունների տրամաբանական շարունակությունն է:

THREE-AZIMUTHAL MODIFICATION OF MAC-SOUNDING

A. K. Matevosyan

Abstract

The previous article presented a technique of multi-azimuthal combined electric sounding and demonstrated the efficiency of electric prospecting investigation of this kind based on its simplest (two-azimuthal cross-like) modification. This paper represents a logical continuation of these studies.