

**ОСОБЕННОСТИ КВАДРИПОЛЬНОЙ УСТАНОВКИ ИЗМЕРЕНИЙ
ПРИ ИССЛЕДОВАНИИ МЕТОДАМИ СОПРОТИВЛЕНИЙ И ВЫЗВАННОЙ
ПОЛЯРИЗАЦИИ**

© 2002 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 16.05.2001 г.

С использованием ранее предложенных критериев достоверности и разрешающей способности измерений и с учетом условия принятия решения о наличии аномалий проводимости и поляризуемости на примерах разнотипных геоэлектрических моделей оценена эффективность площадных электроразведочных исследований квадрипольной установкой.

В зарубежной литературе [6,7,8] традиционно большое внимание уделяется площадным электроразведочным работам методом сопротивлений с использованием квадрипольной установки, состоящей из двух взаимно перпендикулярных автономных питающих (токовых) линий (би-полей или диполей) и двух взаимно перпендикулярных приемных (измерительных) линий (диполей). Ранее нами рассматривались особенности электроразведочных исследований методами сопротивлений и вызванной поляризации различными (произвольными) многоэлектродными системами возбуждения электрического поля [3], предлагались необходимые критерии (достоверности и разрешающей способности) измерений [4,5], анализировались взаимосвязь и особенности проявления различных параметров кажущегося сопротивления и кажущейся поляризуемости [1,2]. В данной статье представим аналогичные зависимости (в виде карт изолиний различных параметров) для тех же геоэлектрических моделей при квадрипольной системе возбуждения электрического поля и попытаемся путем их сравнения сделать соответствующие выводы об их эффективности (оптимальности) в том или ином случае.

Для анализа характера возбуждаемого электрического поля квадрипольной установкой Q и сопоставления ее с многоэлектродной установкой $ABCD$, рассмотренной в [3-5], на рис. 1 приведены карты изолиний минимальной величины вектора плотности тока (j_{min}) трехэлектродных (ABC , ABD , ACD , BCD) и четырехэлектродных ($AD-BC$, Q) систем возбуждений, характеризующихся не более одной системой возбуждения вращающегося электрического поля в произвольном пункте наблюдений. Расчеты проведены при координатах $A(-60,-50)$, $B(-30,70)$, $C(70,-30)$, $D(50,60)$ и центра квадрипольной установки $Q - (-60,50)$ (в метрах) с разносом соответствующих (вдоль осей x и y) питающих линий, равным 40 м для планшета съемки: $-126 м \leq (x,y) \leq 126 м$, при шаге по x и y , равном 4.5 м. На рис. 1 те области планшета, где величина j_{min} меньше некоторого (в данном случае заданного $0.000005 А/м^2$) порогового значения – затемнены.

С целью изучения проявления первичного электрического поля (необходимого при исследованиях методом вызванной поляризации), возбуждаемого квадрипольной установкой Q , в зависимости от характера распределения удельного электрического сопротивления, приведены карты

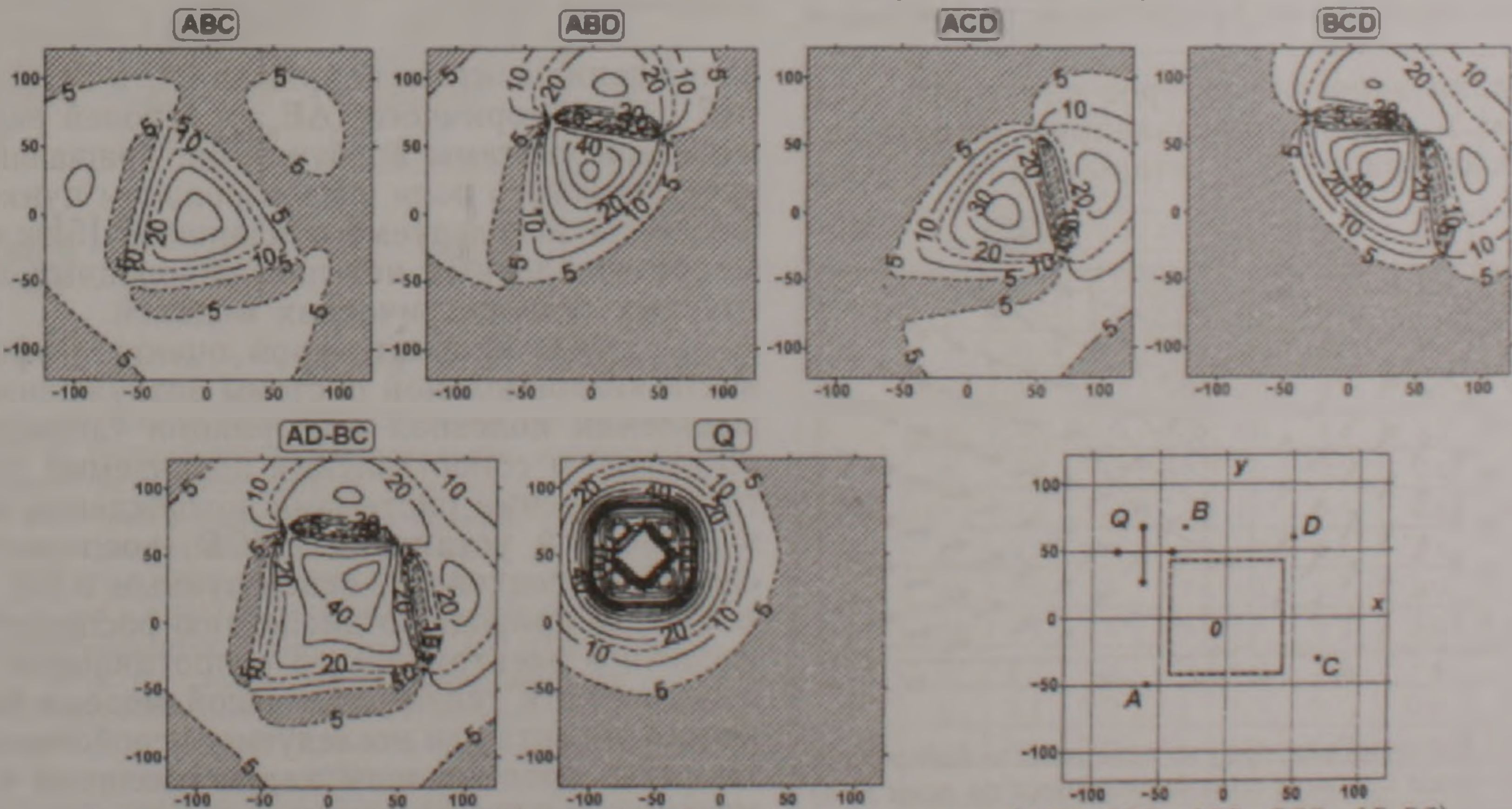


Рис.1. Карты изолиний j_{min} ($\cdot 10^{-6}$) на дневной поверхности при пяти (ABC , ABD , ACD , BCD , $AD-BC$) многоэлектродных и квадрипольной (Q) системах возбуждения электрического поля.

изолиний минимальной величины вектора напряженности первичного поля (E_{omin}) (рис. 2б, в, г, д) для четырех однородных анизотропных геоэлектрических моделей при $\rho_n = 1200 \text{ Ом}\cdot\text{м}$ и $\rho_r = 800 \text{ Ом}\cdot\text{м}$, $\eta_r = 0.01$ и $\eta_n = 0.05$, $\alpha = 75^\circ$ и β , равном 40° (б), 80° (в), -10° (г), -50° (д) для планшета съемки: $-42 \text{ м} \leq (x, y) \leq 42 \text{ м}$, при шаге по x и y , равном 1.5 м . Здесь ρ_r и ρ_n – удельное электрическое сопротивление вдоль и поперек плоскости простирания одноосной анизотропии; η_r и η_n – поляризуемости при тех же направлениях; α – угол падения плоскости анизотропии; β – угол между простиранием плоскости анизотропии и осью y против часовой стрелки. На этих картах области планшета съемки, где величины j_{min} и E_{omin} меньше заданных (принятых соответственно равными 0.000005 А/м^2 и 0.01 В/м) пороговых значений – затемнены. При сопоставлении карт E_{omin} (рис. 2б, в, г, д) с картой j_{min} (рис. 2, а) можно

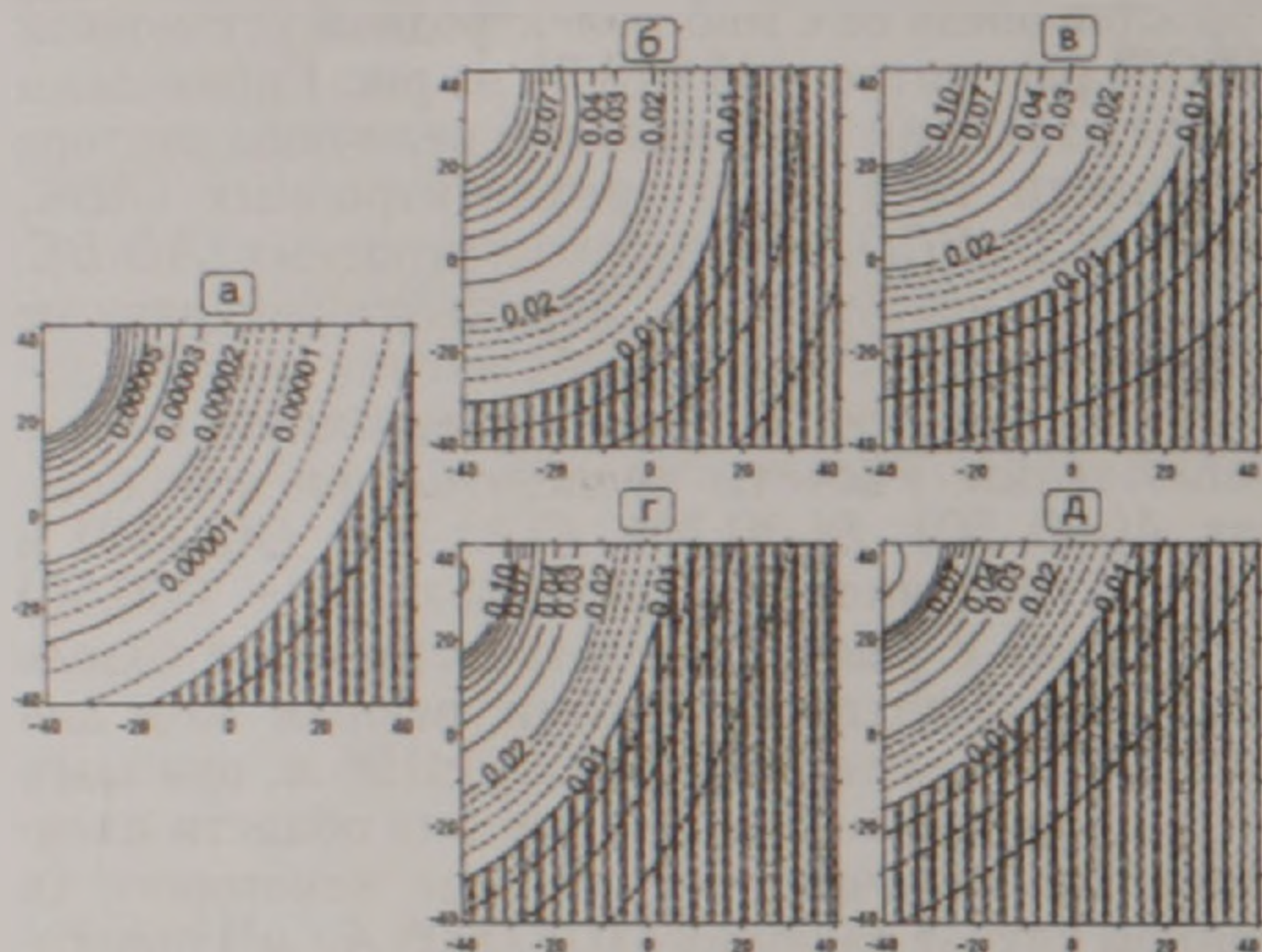


Рис 2 Карты изолиний j_{min} (а) и E_{omin} (б – $\beta = 40^\circ$; в – 80° ; г – -10° ; д – -50°) на поверхности различных однородных анизотропных сред при квадripольной системе возбуждения электрического поля

проследить зависимость эффективности исследования вторичного поля рассматриваемой системы возбуждения от проявления первичного поля.

О коллинеарности векторов плотности тока при одном и втором направлениях возбуждаемого поля квадripольной установкой позволяют

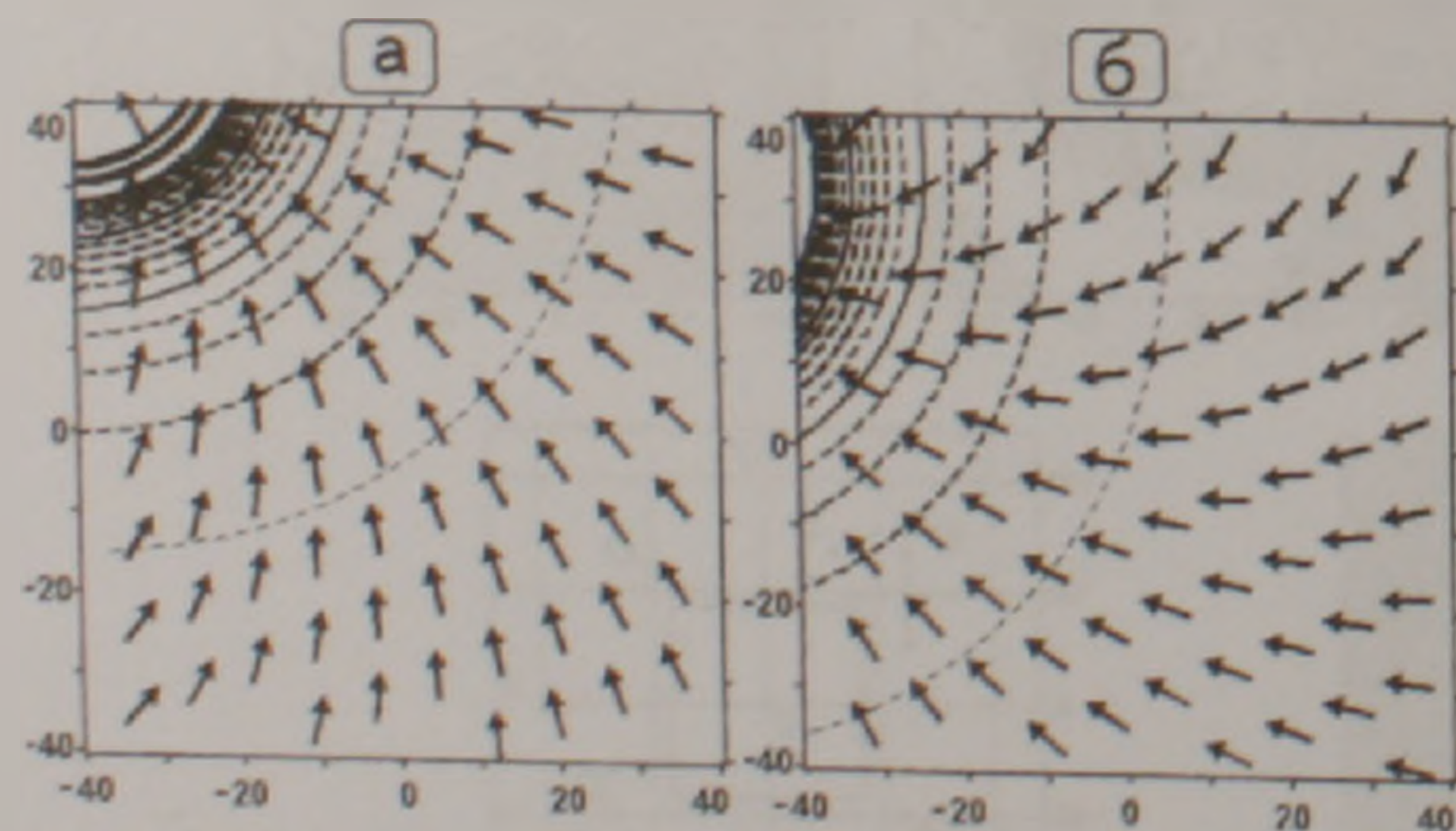


Рис 3 Карты изолиний вектора j на поверхности однородной изотропной среды при двух ориентированных по осям x (а) и y (б) и слагающих квадripольную установку двухэлектродных системах возбуждения электрического поля

судить карты, приведенные на рис. 3. Нетрудно заметить, что для всей площади рассматриваемого планшета эти векторы скрещены (почти ортогональны), что уже предварительно позволяет предположить об ее эффективности, однако они характеризуются относительно малыми величинами (при сопоставлении с системой возбуждения $AD-BC$, рис. 1), что, безусловно, сказывается на достоверности измерений квадripольной установкой. Предварительный анализ представленных карт (рис. 1-3) наглядно показывает на существенное неоднородное (резко выраженное градиентное) проявление электрического поля при системе возбуждения Q на изучаемом планшете съемки, что может привести к неравноценным (неравнозначным) результатам исследований в различных его частях (при этом существенно будут сказываться на результатах и незначительные изменения размеров и отклонения ориентировки ортогональных приемных линий от принятых x и y направлений). Наряду с этим, для проведения исследования всего планшета необходимо значительное увеличение мощности источника (источников) тока, используемого при создании требуемого электрического поля.

Для анализа характера возбужденного электрического поля установкой Q , на рис. 4 приведены карты изолиний максимальной величины

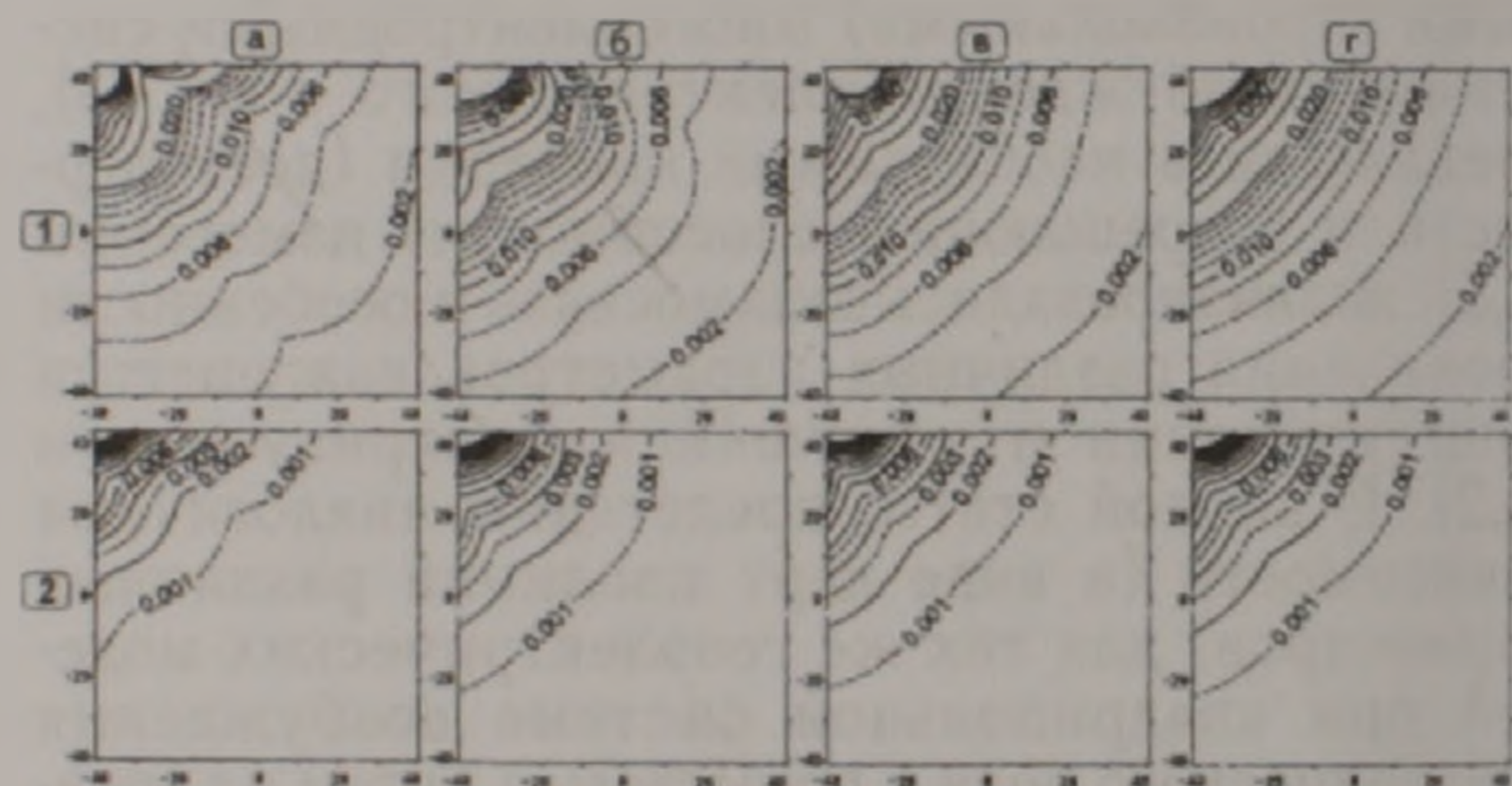


Рис 4 Карты изолиний ΔE_{omax} (1) и $\Delta E_{впmax}$ (2) на поверхности различных однородных анизотропных сред (а – $\beta = 40^\circ$; б – 80° ; в – -10° ; г – -50°) при квадripольной системе возбуждения электрического поля

приращения вектора напряженности первичного (ΔE_{omax}) и вторичного ($\Delta E_{впmax}$) полей рассматриваемой системы возбуждения вращающегося электрического поля в произвольном пункте наблюдений исследуемого планшета [5] для вышепредставленных четырех однородных анизотропных геоэлектрических моделей.

С целью окончательной оценки эффективности квадripольной системы возбуждения при выделении полезной информации (аномальных областей) и сопоставлении получаемых результатов с другими системами возбуждения многоэлектродной установки $ABCD$, воспользуемся способом (подходом), используемым в [5]: задав такую же природную дисперсию распределения удельного электрического сопротивления и поляризуемости геоэлектрической модели без искомого объекта или исследуемого свойства среды. На рис. 5 представлены карты изолиний максимальной величины приращения вектора напряженности первичного (ΔE_{omax}^0) и вторичного

($\Delta E_{\text{ВПmax}}^{\sigma}$) полей квадрупольной системы возбуждения для однородной изотропной среды при $\rho=1000\pm50 \text{ Ом}\cdot\text{м}$ и $\eta=0.01\pm0.005$. Приняв значения $\Delta E_{\text{отмх}}^{\sigma}$ и $\Delta E_{\text{ВПmax}}^{\sigma}$ за величины среднеквадратичных отклонений, определены аномальные области, удовлетворяющие сформулированным условиям принятия решения о наличии аномалии, предложенным в [5].

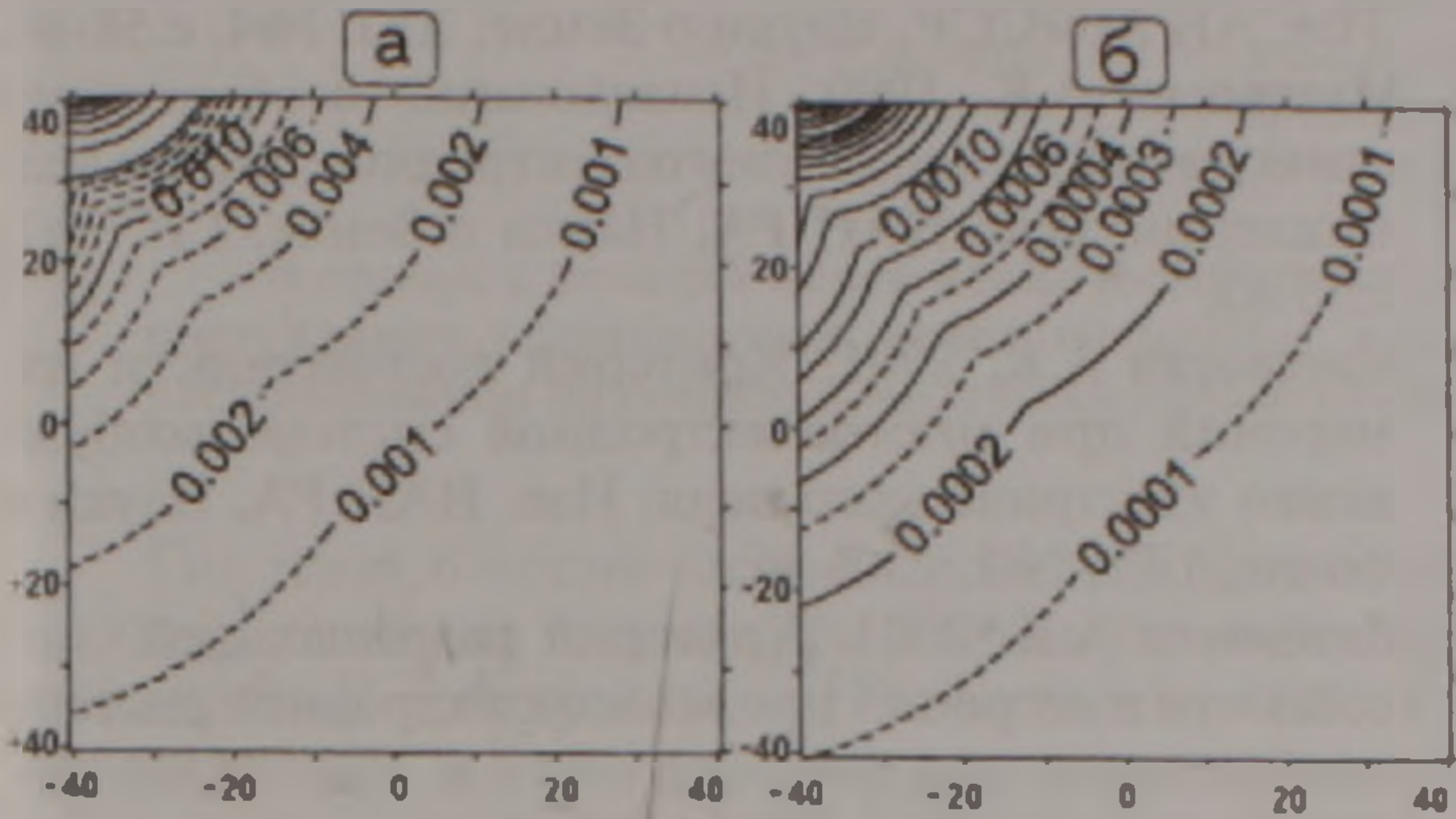


Рис 5 Карты изолиний $\Delta E_{\text{отмх}}^{\sigma}$ (а) и $\Delta E_{\text{ВПmax}}^{\sigma}$ (б) при квадрупольной системе возбуждения электрического поля.

Приведенные карты аномальных областей проводимости и поляризуемости при исследовании различных геоэлектрических моделей квадрупольной системы возбуждения (рис.6) построены с учетом критериев достоверности [4], разрешающей способности [5] измерений и в

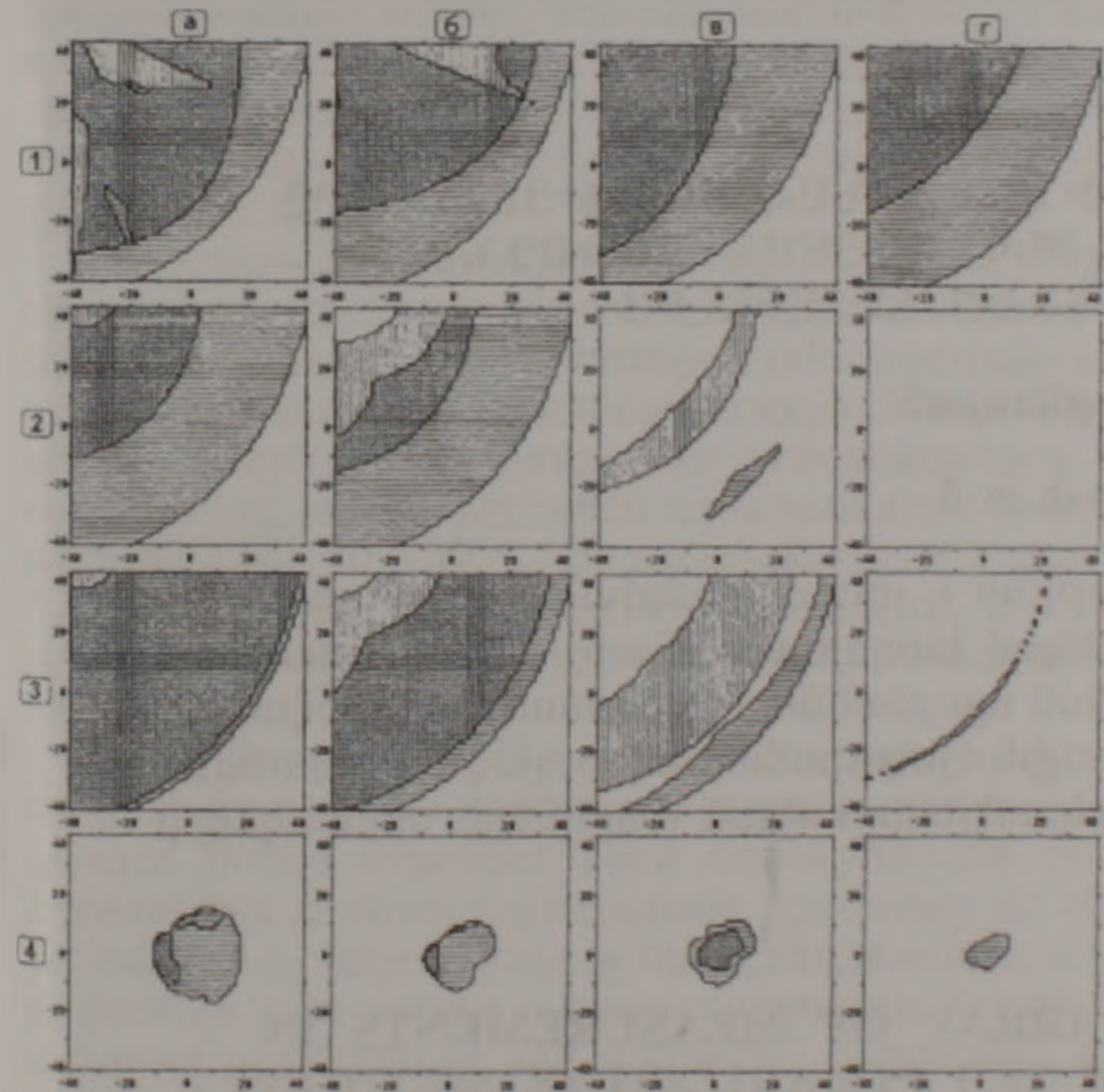


Рис 6. Карты аномальных областей проводимости (горизонтальная штриховка) и поляризуемости (вертикальная штриховка) при квадрупольной системе возбуждения электрического поля на поверхности различных геоэлектрических моделей: 1 – однородных анизотропных, при $\rho_1=1200 \text{ Ом}\cdot\text{м}$, $\rho_2=800 \text{ Ом}\cdot\text{м}$, $\eta_1=0.01$, $\eta_2=0.05$, $\alpha=75^\circ$; а – $\beta=40^\circ$; б – 80° ; в – -10° ; г – -50° . 2 – горизонтально-двухслойных, при $\rho_1=1000 \text{ Ом}\cdot\text{м}$, $\eta_1=0.01$, $\rho_2=500 \text{ Ом}\cdot\text{м}$, $\eta_2=0.20$ и отличающихся мощностью первого слоя h_1 : а – 10 м; б – 20 м; в – 40 м; г – 60 м. 3 – горизонтально-двухслойных, при $\rho_1=1000 \text{ Ом}\cdot\text{м}$, $\eta_1=0.01$, $\rho_2=2000 \text{ Ом}\cdot\text{м}$, $\eta_2=0.20$ и отличающихся мощностью первого слоя h_1 : а – 10 м; б – 20 м; в – 40 м; г – 60 м. 4 – однородных изотропных (при $\rho_0=1000 \text{ Ом}\cdot\text{м}$, $\eta_0=0.01$), содержащих сферическое тело, при $\eta_1=0.20$, $x_1=2 \text{ м}$, $y_1=2 \text{ м}$, $z_1=10 \text{ м}$; а – $\rho_1=200 \text{ Ом}\cdot\text{м}$ и $z_1=12 \text{ м}$; б – $\rho_1=200 \text{ Ом}\cdot\text{м}$ и $z_1=15 \text{ м}$; в – $\rho_1=5000 \text{ Ом}\cdot\text{м}$ и $z_1=12 \text{ м}$; г – $\rho_1=5000 \text{ Ом}\cdot\text{м}$ и $z_1=15 \text{ м}$.

присутствии вышепринятой природной дисперсии электрических свойств однородной изотропной среды. Для количественной оценки эффективности каждой рассматриваемой системы возбуждения (квадрупольной Q и многоэлектродной ABCD установками измерений) в табл.1 приведены величины относительных площадей (в процентах, к площади всего планшета) аномалий проводимости (ρ), поляризуемости (η) и их одновременного (совместного) проявления ($\rho+\eta$) над различными геоэлектрическими моделями (согласно рис.6). В подавляющем большинстве слу-

Таблица 1

Геоэлектрические модели		Система возбуждения электрического поля							
		ABC	ABD	ACD	BCD	AB-CD	AC-BD	AD-BC	Q
1а	ρ	48.9	77.5	87.1	63.8	64.9	57.9	83.1	66.1
	η	85.7	69.1	67.7	41.4	49.8	52.3	97.8	50.4
	$\rho+\eta$	46.7	63.3	63.8	31.9	39.0	36.4	81.0	40.8
1б	ρ	62.8	84.4	64.1	57.3	30.1	67.0	82.5	70.4
	η	85.0	57.7	79.3	46.9	57.7	45.7	98.0	45.2
	$\rho+\eta$	53.4	57.7	53.7	41.3	18.2	42.7	80.7	39.7
1в	ρ	74.7	59.0	83.1	57.5	67.8	25.0	78.6	75.7
	η	82.6	71.4	64.6	58.9	47.6	51.1	100.0	34.5
	$\rho+\eta$	62.2	47.3	59.8	49.7	42.9	15.0	78.6	34.2
1г	ρ	59.4	41.7	29.5	53.2	36.9	50.2	51.0	76.0
	η	85.9	60.7	74.2	66.1	60.6	55.9	99.8	29.7
	$\rho+\eta$	59.2	26.8	25.7	48.6	31.7	42.0	51.0	29.7
2а	ρ	96.0	86.7	91.6	73.3	82.5	79.3	100.0	74.5
	η	51.6	43.3	46.3	38.2	21.4	25.1	82.1	25.6
	$\rho+\eta$	51.6	43.3	46.3	38.2	21.4	25.1	82.1	24.3
2б	ρ	94.9	84.3	89.4	71.6	79.5	76.2	96.9	61.4
	η	60.0	48.8	51.3	42.2	30.0	34.1	87.6	26.8
	$\rho+\eta$	59.6	47.6	50.2	41.2	29.0	32.8	85.5	15.4
2в	ρ	42.1	38.5	43.7	29.1	21.3	21.8	42.8	2.0
	η	71.7	55.4	57.9	44.9	40.3	41.9	86.7	12.6
	$\rho+\eta$	34.0	24.0	29.3	16.6	13.1	13.8	41.3	0.0
2г	ρ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	η	40.3	31.2	37.2	21.3	18.4	19.9	51.7	0.0
	$\rho+\eta$	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3а	ρ	96.0	86.7	91.6	73.3	82.5	79.3	100.0	74.9
	η	96.0	86.2	91.4	72.1	79.9	76.6	100.0	71.9
	$\rho+\eta$	96.0	86.2	91.4	72.1	79.9	76.6	100.0	70.8
3б	ρ	95.5	85.5	90.6	72.8	81.4	78.0	98.9	64.1
	η	96.0	84.8	90.7	69.4	76.0	71.9	100.0	63.3
	$\rho+\eta$	95.5	83.7	89.7	68.9	74.9	70.6	98.9	53.0
3в	ρ	59.6	51.7	55.4	37.5	32.1	31.8	57.8	12.5
	η	93.3	77.6	85.1	61.2	65.5	60.4	97.6	36.8
	$\rho+\eta$	58.5	46.6	52.0	31.4	26.0	24.7	57.8	0.0
3г	ρ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	η	66.6	53.2	58.9	36.3	33.1	33.6	72.3	1.9
	$\rho+\eta$	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4а	ρ	8.5	8.4	8.5	8.4	4.1	3.3	9.6	11.0
	η	7.7	7.3	7.8	4.1	0.6	0.4	8.7	2.5
	$\rho+\eta$	7.7	7.3	7.8	4.1	0.6	0.4	8.7	2.5
4б	ρ	4.7	4.4	4.5	4.2	2.3	1.4	5.3	5.5
	η	4.2	3.8	3.9	3.3	0.2	0.0	4.7	0.7
	$\rho+\eta$	4.2	3.8	3.9	3.3	0.2	0.0	4.7	0.7
4в	ρ	4.7	4.3	4.5	4.0	2.3	1.4	5.1	5.0
	η	2.1	2.0	2.1	1.9	0.7	0.0	2.4	2.1
	$\rho+\eta$	2.1	2.0	2.1	1.9	0.7	0.0	2.4	2.1
4г	ρ	1.6	1.5	1.5	1.6	1.0	0.5	1.9	1.7
	η	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	$\rho+\eta$	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

чаев (кроме аномалий проводимости на моделях 1г, 4а, 4б) величины относительных площадей аномалий, полученных квадрипольной установкой, меньше соответствующих значений при системе возбуждения $AD-BC$ – наиболее эффективной при исследованиях многоэлектродной установкой $ABCD$ [4,5]. В ряде случаев (на моделях 2в, 3в) при изучении системой возбуждения Q наблюдается значительное смещение аномалий проводимости и поляризуемости, а на модели 2г вообще невозможно обнаружить исследуемый объект. Заметим также, что на моделях 4а, 4б аномалии поляризуемости при Q представлены двумя локальными (незначительными) областями, что, конечно, затрудняет истолкование данных, а на 4г – вообще отсутствуют. Наряду с этим, в некоторых случаях изучение проводимости моделей 1г, 4а, 4б системой возбуждения Q дает более хорошие результаты среди всех рассматриваемых систем возбуждения.

Таким образом, резюмируя проведенные исследования с использованием квадрипольной установки, можно сказать, что наряду с относительно меньшей трудоемкостью полевых работ (связанных с разбивкой больших питающих линий, охватывающих планшет съемки) система возбуждения Q предъявляет более строгие требования к мощности источников тока и размещению приемных линий.

ЛИТЕРАТУРА

1. Матевосян А.К. 1988. Способ интерпретации результатов измерений методами сопротивлений и вызванной поляризации. Изв. АН АрмССР, Науки о Земле, XLI, №3, с.46-55.
2. Матевосян А.К. 1988. О системе параметров кажущегося сопротивления и кажущейся поляризуемости. Изв. АН АрмССР, Науки о Земле, XLI, №4, с.58-64.
3. Матевосян А.К. 1999. Исследование особенностей электрических полей многоэлектродных систем возбуждения. Изв. НАН РА, Науки о Земле, LII, №1, с.53-63.
4. Матевосян А.К. 2001. Критерий достоверности измерений при многоэлектродной системе возбуждения электрического поля. Изв. НАН РА, Науки о Земле, LIV, №1, с.42-46.
5. Матевосян А.К. 2001. Критерий разрешающей способности измерений при многоэлектродной системе возбуждения электрического поля. Изв. НАН РА, Науки о Земле, LIV, №2, с.46-49.
6. Bibby H.M. 1986. Analysis of multiple-source bipole-quadrupole resistivity surveys using the apparent resistivity tensor. Geophysics, v.51, 4, p.972-983.
7. Doicin D. 1976. Quadrupole-quadrupole array for direct current resistivity measurements – model studies. Geophysics, v.41, 1, p.79-95.
8. Yadav G.S., Singh C.L. 1983. The linear quadrupole-dipole array in geoelectrical investigations. Geophysics, v.48, 8, p.1135-1139.

ՔՎԱԴՐՊՈԼ ԶԱՓՄԱՆ ԿԱՅԱՆՔԻ ԱՌԱՆՋՆԱՀԱՏԿՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԸ ԴԻՄԱԴՐՈՒԹՅԱՆ ԵՎ ՀԱՐՈՒՑՎԱԾ ԲԵՎԵՌԱՑՄԱՆ ՄԵԹՈԴՆԵՐՈՎ ՈՒՍՈՒՄՆԱՍԻՐՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐ ԿԱՏԱՐԵԼԻՍ

Ա. Կ. Մաթևոսյան

Ա մ փ ո փ ու մ

Վաղ առաջարկված չափման հավաստիության և տարբերակման ընդունակության չափանիշների օգտագործմամբ ու հաշվի առնելով հաղորդականության և բևեռացման անոմալիաների արկայության լուծումն ընդունման պայմանները, գնահատված է քվադրիպոլ կայանքի արդյունավետությունը մակերեսային էլեկտրահետախուզական ուսումնասիրությունների ժամանակ տարբեր բնույթի երկրաէլեկտրական մոդելների օրինակների վրա:

THE FEATURES OF QUADRIPOLE ARRAY OF MEASUREMENTS IN STUDIES BY RESISTIVITY AND INDUCED POLARIZATION METHODS

A. K. Matevosyan

Abstract

The effectiveness of areal electric prospecting studies by means of a quadrupole array is estimated by the examples of diverse types of geoelectric models using measurement reliability and resolution criteria proposed earlier and considering the need to decide on the presence of conductivity and polarizability anomaly.