Известия НАН РА. Науки о Земле. 2001. **LIV.** *№2, 46-49*

КРИТЕРИЙ РАЗРЕШАЮЩЕЙ СПОСОБНОСТИ ИЗМЕРЕНИЙ ПРИ МНОГОЭЛЕКТРОДНОЙ СИСТЕМЕ ВОЗБУЖДЕНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ

© 2001 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.

В данной статье предлагается критерий разрешающей способности измерений – второй необходимый критерий для оптимизации площадных электроразведочных исследований методами сопротивлений и вызванной поляризации с использованием различных систем возбуждения электрического поля. Сформулированы условий принятия решения о наличии аномалий проводимости и поляризуемости. На примерах разнотипных геоэлектрических моделей показана эффективность различных систем возбуждения электрического поля многоэлектродной установкой измерений.

В предыдущей статье [2] предлагался критерий достоверности измерений при выполнении площадных электроразведочных исследований различными (и в частности многоэлектродными) системами возбуждения электрического поля методами сопротивлений и вызванной поляризации, являющийся составной частью по характеристике эффективности (оптимальности) исследований используемой (выбранной) установкой измерений. В данной статье представим второй необходимый критерий – критерий разрешающей способности (в частности, при исследовании определенных геоэлектрических моделей, таких как горизонтально-слоистая среда – одномерная или сферическая неоднородность – трехмерная – он же является критерием глубинности) измерений.

При работах методом сопротивлений критерием разрешающей способности измерений может являться величина разности (приращения) интенсивностей электрического поля (вектора напряженности первичного поля при работах методом сопротивлений $\Delta\mathbf{E}_o$ и вектора напряженности вторичного поля – методом вызванной поляризации $\Delta\mathbf{E}_{\text{ВП}}$), полученная в присутствии (наблюдаемое поле – ниже обозначено индексом 2) и без (нормальное поле – индексом 1) объекта исследования. В частности, при создании электрического поля двухэлектродной (AB) системой возбуждения им соответствуют величины векторов:

$$|\Delta\mathbf{E}_o^{AB}| = |\mathbf{E}_{o2}^{AB} - \Delta\mathbf{E}_{o1}^{AB}| \text{ и } |\Delta\mathbf{E}_{\text{ВП}}^{AB}| = |\mathbf{E}_{\text{ВП}_2}^{AB}| - |\mathbf{E}_{\text{ВП}_1}^{AB}| \quad (1)$$

Для многоэлектродных установок этим критерием является максимальная величина приращения векторов напряженностей первичного (метод сопротивлений) и вторичного (метод вызванной поляризации) среди значений соответствующих векторов двухэлектродных систем возбуждения, слагающих данную многоэлектродную систему в рассматриваемом пункте. В частности, определение максимальной величины вектора $\Delta\mathbf{E}_o$ в пункте наблюдений при системе возбуждения ABC, состоящей из трех питающих электродов (A, B и C), осуществляется по условию

$$\Delta\mathbf{E}_{o\max}^{ABC} = \max\{|\Delta\mathbf{E}_o^{AB}|, |\Delta\mathbf{E}_o^{AC}|, |\Delta\mathbf{E}_o^{BC}|\}, \quad (2)$$

где $|\Delta\mathbf{E}_o^{AB}|$, $|\Delta\mathbf{E}_o^{AC}|$, $|\Delta\mathbf{E}_o^{BC}|$ – величины (модули) векторов напряженности первичного поля в данном пункте наблюдений при возбуждении электрического поля двумя питающими электродами A и B, A и C, B и C, соответственно, согласно (1).

В случае возбуждения системой AB-CD, состоящей из четырех питающих электродов (A, B, C и D), подключенных попарно (A и B, C и D) к двум автономным источникам тока, максимальная величина вектора $\Delta\mathbf{E}_o$ определяется по выражению:

$$\Delta\mathbf{E}_{o\max}^{AB\text{-}CD} = \max\{|\Delta\mathbf{E}_o^{AB}|, |\Delta\mathbf{E}_o^{CD}|\}, \quad (3)$$

где $|\Delta\mathbf{E}_o^{AB}|$, $|\Delta\mathbf{E}_o^{CD}|$ – модули векторов напряженности первичного поля в данном пункте наблюдений при возбуждении электрического поля двумя питающими электродами A и B, C и D по (1).

Аналогичным образом определяется максимальная величина приращения вектора напряженности вторичного поля в требуемом пункте наблюдений – $\Delta\mathbf{E}_{\text{ВП}}$, которая является критерием разрешающей способности измерений для соответствующих многоэлектродных систем возбуждения при проведении работ методом вызванной поляризации. Заметим, что по принятому определению этого критерия многоэлектродным системам возбуждения предъявляются менее строгие требования, чем двухэлектродным системам, слагающим многоэлектродную (в отличие от критерия достоверности измерений), поскольку в данном случае считается, что искомый объект может быть обнаружен, когда он проявляется по результатам измерений хотя бы в одном направлении.

Для анализа характера возбужденного электрического поля многоэлектродной установкой $ABCD$, рассмотренной в [1,2], на рис.1 и 2 приведены карты изолиний максимальной величины приращения вектора напряженности первичного ($\Delta\mathbf{E}_{o\max}$) и вторичного ($\Delta\mathbf{E}_{\text{ВП}\max}$) полей трехэлектродных (ABC, ABD, ACD, BCD) и четырехэлектродной (AD-BC) систем возбуждений, характеризующихся не более одной системой возбуждения вращающегося электрического поля

в произвольном пункте наблюдений [1] для четырех однородных анизотропных геоэлектрических моделей при $\rho_n = 1200$ *Ом·м* и $\rho_l = 800$ *Ом·м*, $\eta_n = 0.01$ и $\eta_l = 0.05$ и $\alpha = 75°$ и $\beta = 40°$ (а), $80°$ (б), $-10°$ (в), $-50°$ (г). Здесь ρ_l и ρ_n – удельные электрические сопротивления вдоль и поперек плоскости простирания одноосной анизотропии; η_l 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. Расчеты проведены при координатах $A(-60, -50)$, $B(-30, 70)$, $C(70, -30)$, $D(50, 60)$ (в метрах) для планшета съемки: $-42\ м \le (x, y) \le 42\ м$, при шаге по x и y, равном 1.5 *м*.

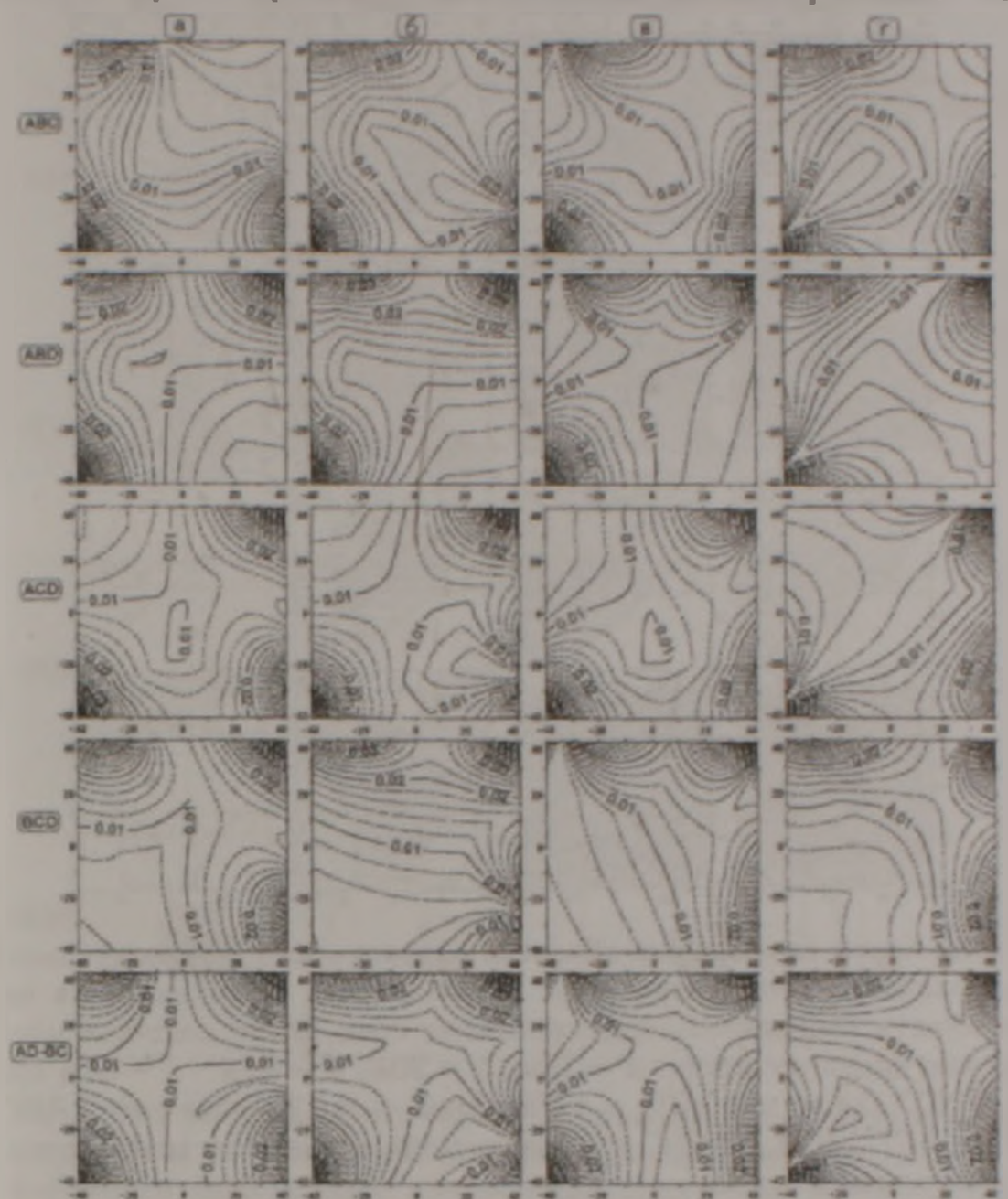

Рис 1. Карты изолиний $\Delta E_{\sigma max}$ на поверхности однородных анизотропных сред (а – $\beta = 40°$; б – $\beta = 80°$; в – $\beta = -10°$; г – $\beta = -50°$) при пяти (*ABC, ABD, ACD, BCD, AD-BC*) многоэлектродных системах возбуждения электрического поля

При рассмотрении этих карт нетрудно заметить существенное увеличение значений представленных параметров с приближением к одному из питающих электродов, независимо от выбранной системы возбуждения, что, на первый взгляд, может привести к неверному заключению увеличению эффективности измерений в приэлектродной области. Однако это обстоятельство в первую очередь связано с резко возрастающей интенсивностью электрического поля в этих частях планшета.

С целью определения (установления) эффективности той или иной системы возбуждения при выделении полезной информации (аномальной области) необходим учет проявления допускаемых, предполагаемых помех (в частности природной дисперсии распределения удельного электрического сопротивления и поляризуемости геоэлектрической модели без искомого объекта или исследуемого свойства среды) в нормальном поле. На рис.3 представлены карты изолиний мак-

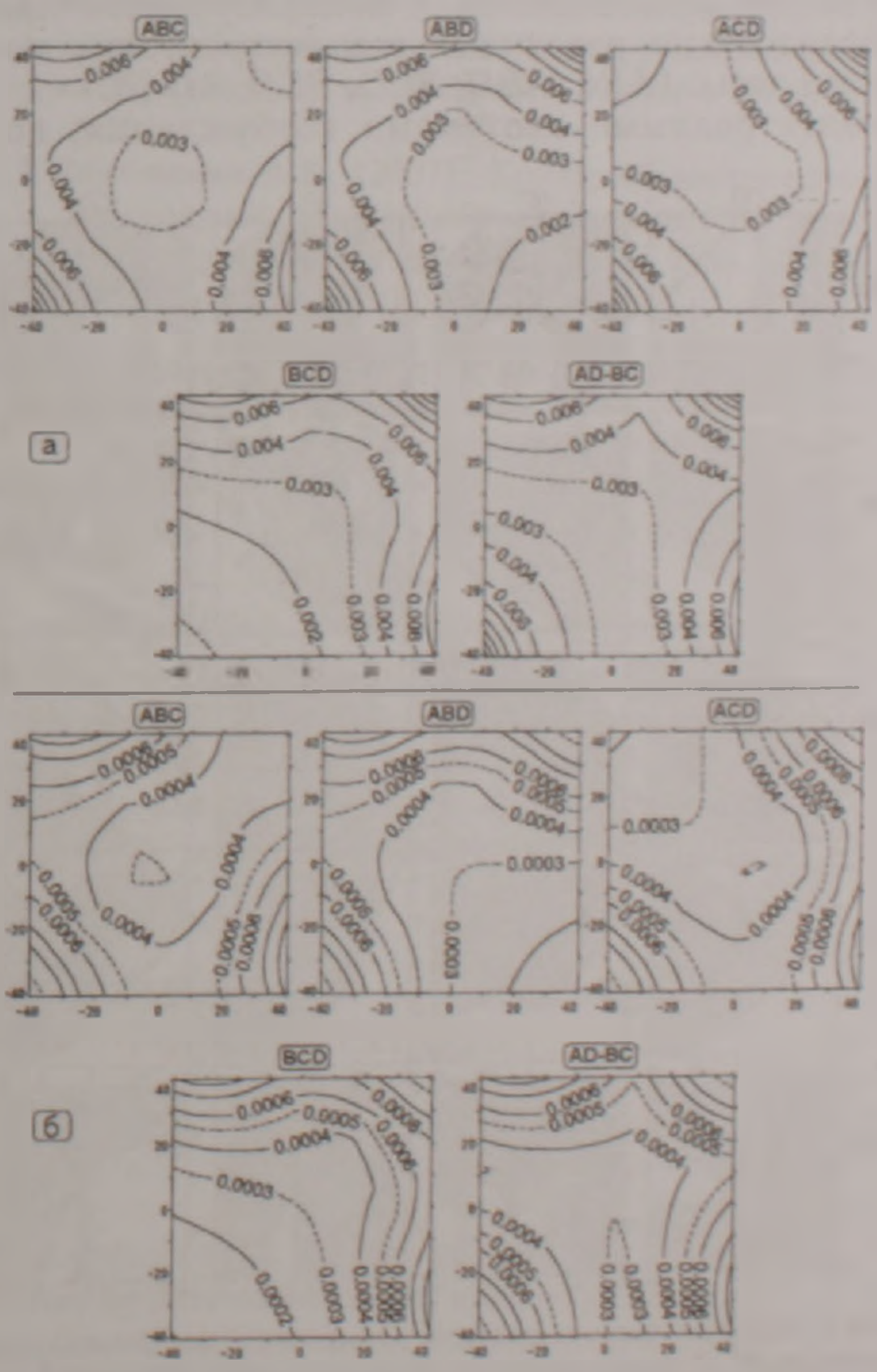

Рис 3. Карты изолиний $\Delta E^{\sigma}_{\sigma max}$ (а) и $\Delta E^{\sigma}_{\text{ВП}max}$ (б) на дневной поверхности при пяти (*ABC, ABD, ACD, BCD, AD-BC*) многоэлектродных системах возбуждения электрического поля

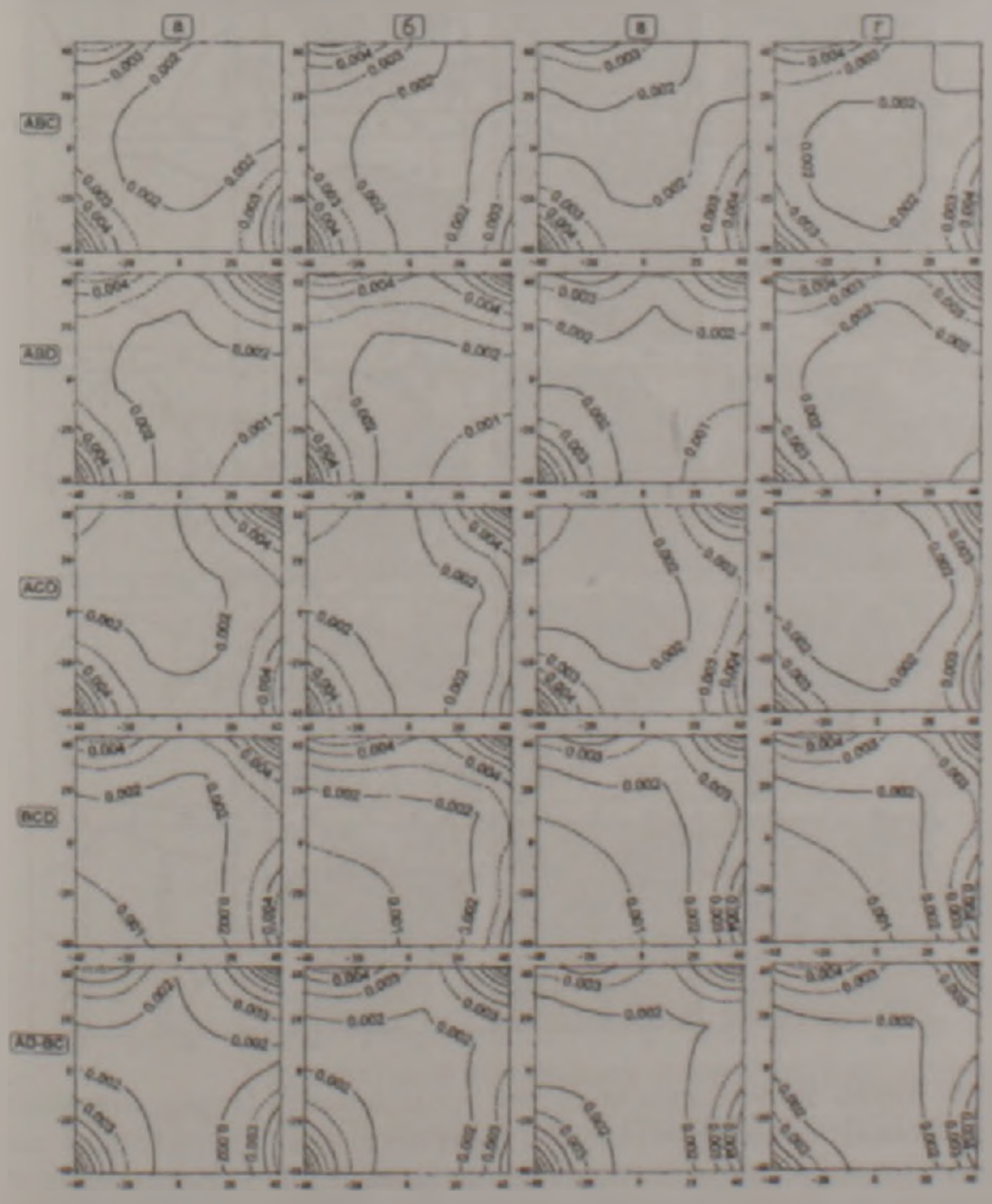

Рис 2. Карты изолиний $\Delta E_{\text{ВП}max}$ на поверхности однородных анизотропных сред (а – $\beta = 40°$; б – $\beta = 80°$; в – $\beta = -10°$; г – $\beta = -50°$) при пяти (*ABC, ABD, ACD, BCD, AD-BC*) многоэлектродных системах возбуждения электрического поля

симальной величины приращения вектора напряженности первичного (ΔE^{σ}_{omax}) и вторичного ($\Delta E^{\sigma}_{ВПmax}$) полей различных многоэлектродных систем возбуждений для однородной изотропной среды при $\rho = 1000 \pm 50$ *Ом·м* и $\eta = 0{,}01 \pm 0{,}005$. На этих картах также наблюдается резкое увеличение значений рассматриваемых параметров с приближением к одному из питающих электродов, независимо от выбранной системы возбуждения, что, как отмечалось выше, связано с возрастанием интенсивности возбуждаемого поля. Приняв эти значения за величины среднеквадратичных отклонений (соответственно ΔE^{σ}_{omax} и $\Delta E^{\sigma}_{ВПmax}$), сформулируем условия принятия решения о наличии аномалии:

при исследовании методом сопротивлений – аномалий проводимости

- учет (соблюдение) критерия достоверности измерений напряженности первичного электрического поля [2];
- соблюдение неравенства $\Delta E_{omax} \geq 3\Delta E^{\sigma}_{omax}$;

при исследовании методом вызванной поляризации – аномалий поляризуемости

- учет (соблюдение) критерия достоверности измерений напряженностей первичного и вторичного электрических полей [2];
- соблюдение неравенства $\Delta E_{ВПmax} \geq 3\Delta E^{\sigma}_{ВПmax}$.

На рис.4-7 изображены карты аномальных областей проводимости и поляризуемости при исследовании различных геоэлектрических моделей пятью (*ABC, ABD, ACD, BCD, AD-BC*) многоэлектродными системами возбуждения, построенные с учетом критериев достоверности и разрешающей способности измерений и в при-

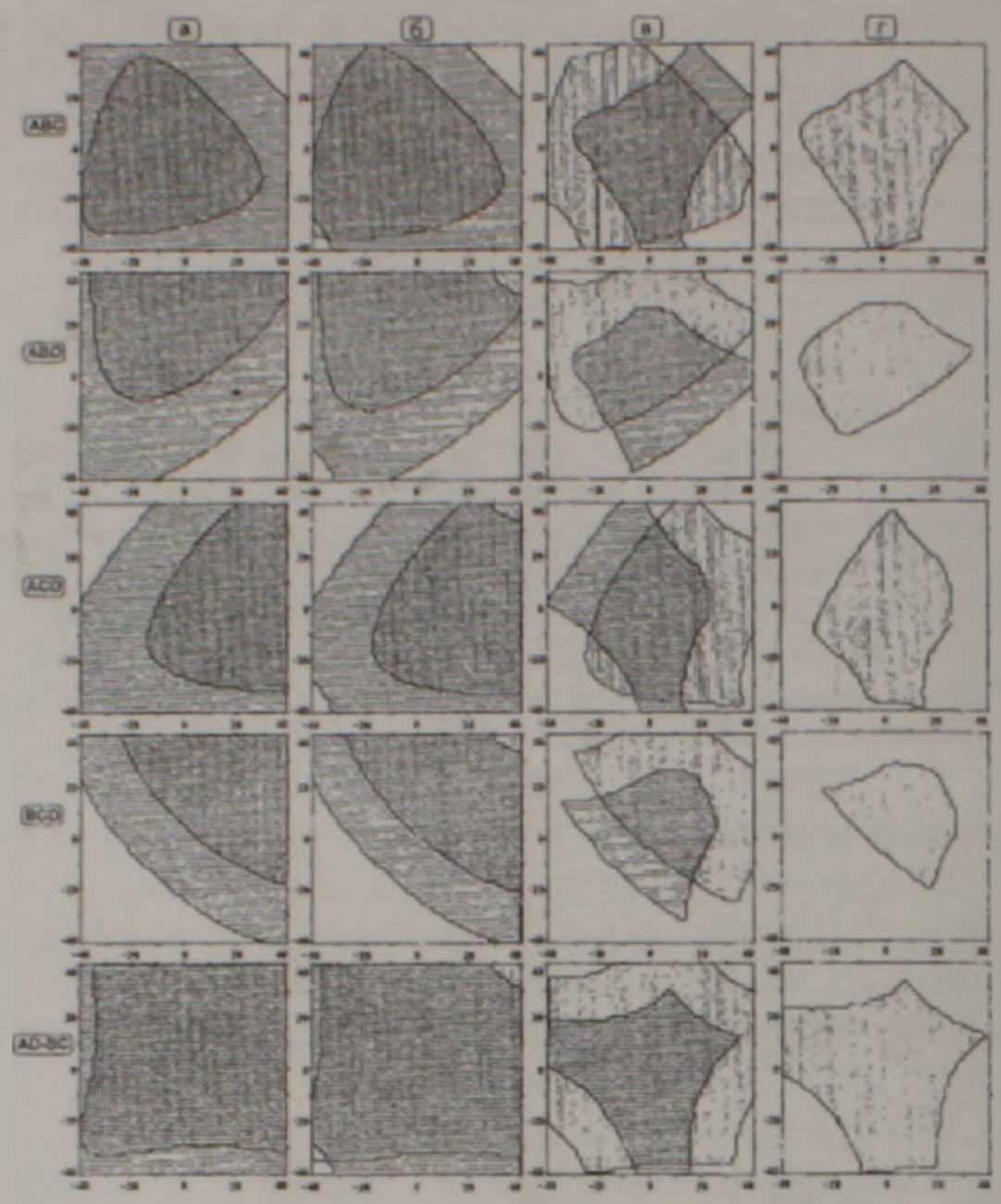

Рис.5. Карты аномальных областей проводимости (горизонтальная штриховка) и поляризуемости (вертикальная штриховка) на поверхности горизонтально-двухслойных сред (отличающихся мощностью первого слоя h_1: а – 10*м*; б – 20*м*; в – 40*м*; г – 60*м* при $\rho_1 = 1000$ *Ом·м*, $\eta_1 = 0.01$, $\rho_2 = 500$ *Ом·м*, $\eta_2 = 0.20$) при пяти (*ABC, ABD, ACD, BCD, AD-BC*) многоэлектродных системах возбуждения электрического поля

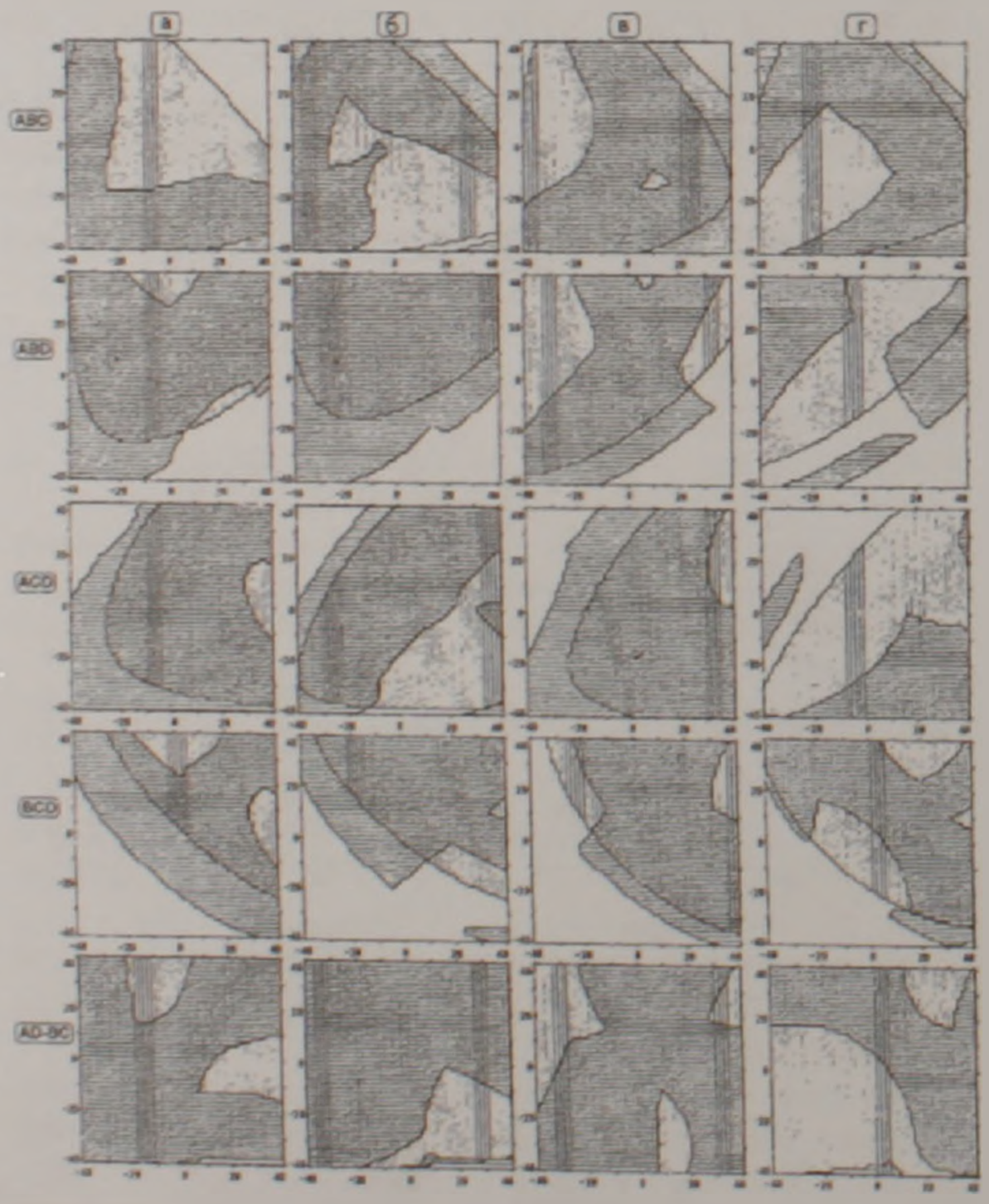

Рис.4. Карты аномальных областей проводимости (горизонтальная штриховка) и поляризуемости (вертикальная штриховка) на поверхности однородных анизотропных сред (а – $\beta = 40°$; б – $\beta = 80°$; в – $\beta = -10°$; г – $\beta = -50°$) при пяти (*ABC, ABD, ACD, BCD, AD-BC*) многоэлектродных системах возбуждения электрического поля

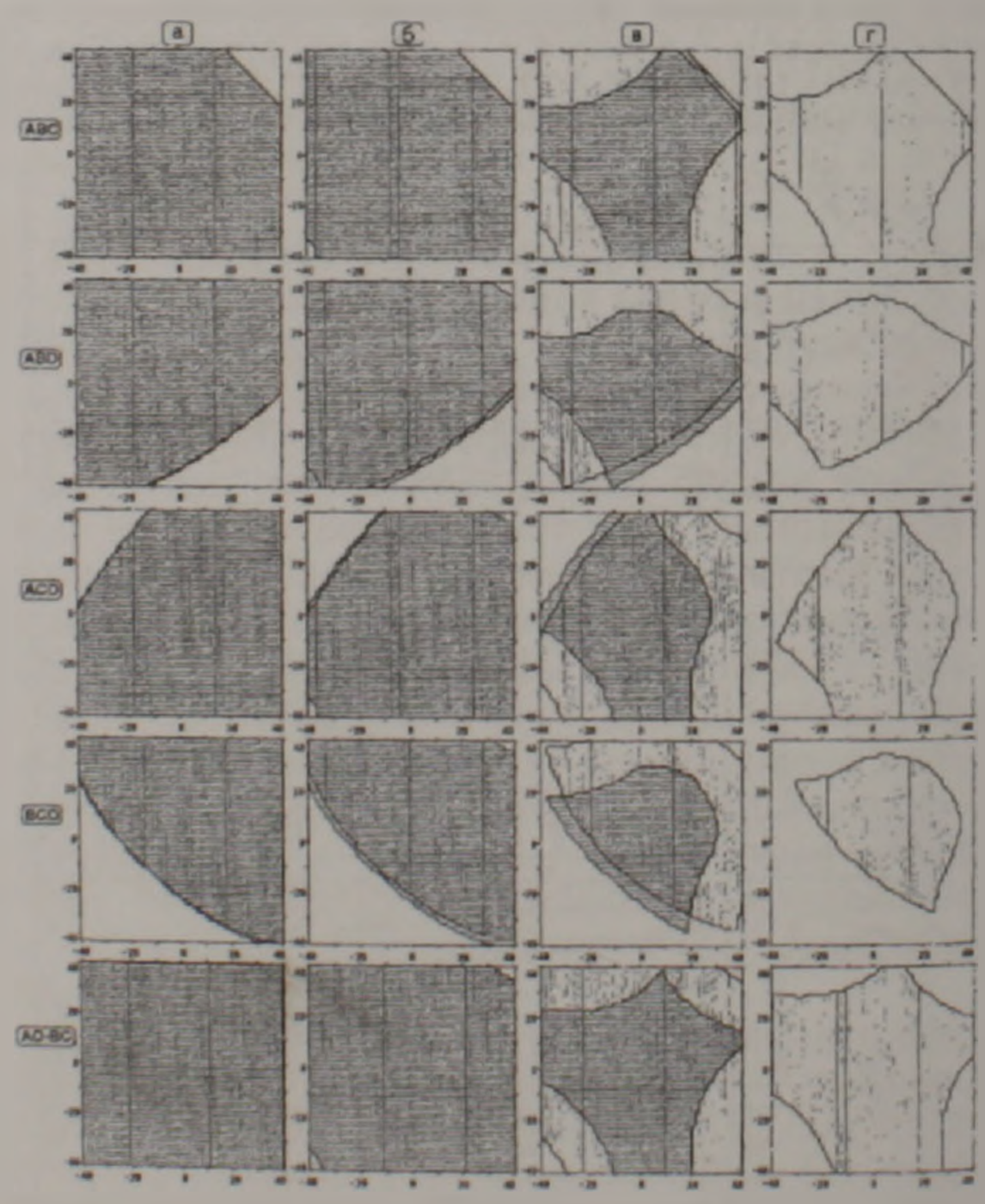

Рис.6. Карты аномальных областей проводимости (горизонтальная штриховка) и поляризуемости (вертикальная штриховка) на поверхности горизонтально-двухслойных сред (отличающихся мощностью первого слоя h_1: а – 10*м*; б – 20*м*; в – 40*м*; г – 60*м* при $\rho_1 = 1000$ *Ом·м*, $\eta_1 = 0.01$, $\rho_2 = 2000$ *Ом·м*, $\eta_2 = 0.20$) при пяти (*ABC, ABD, ACD, BCD, AD-BC*) многоэлектродных системах возбуждения электрического поля

сутствии вышепринятой природной дисперсии электрических свойств однородной изотропной среды.

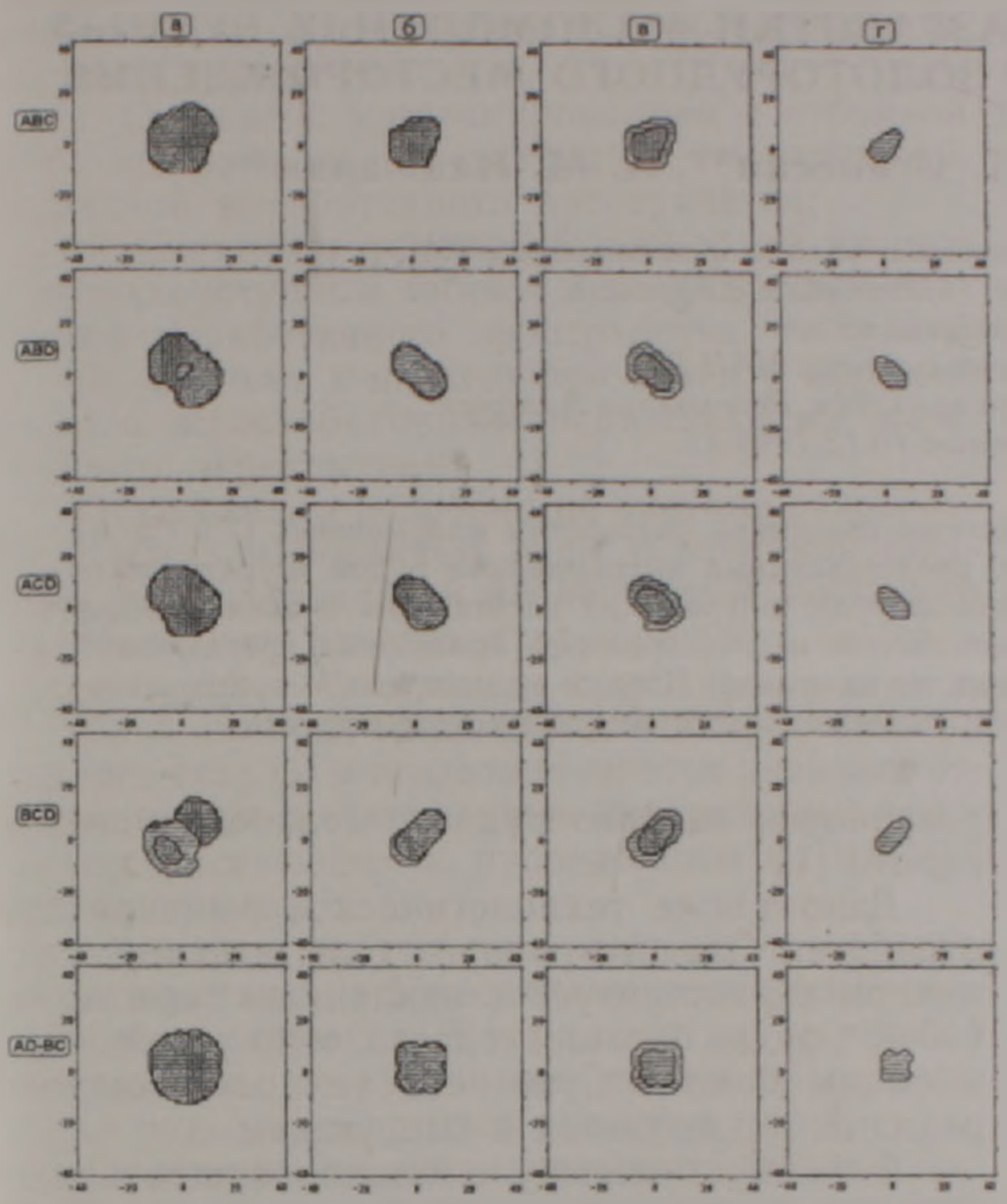

Рис.7. Карты аномальных областей проводимости (горизонтальная штриховка) и поляризуемости (вертикальная штриховка) на поверхности однородных изотропных сред (при ρ_0=1000 *Ом м*, η_0=0.01), содержащих различные сферические тела (а – ρ_1=200 *Ом м* и z_1=12*м*; б – ρ_1=200 *Ом м* и z_1=15*м*; в – ρ_1=5000 *Ом м* и z_1=12*м*; г – ρ_1=5000 *Ом м* и z_1=15*м*, при η_1=0.20, x_1=2*м*, y_1=2*м*, r=10*м*) при пяти (*ABC, ABD, ACD, BCD, AD-BC*) многоэлектродных системах возбуждения электрического поля.

Существенная зависимость проявления аномальных областей от системы возбуждения хорошо прослеживается на картах различных (отличающихся только по направлению простирания плоскости анизотропии) однородных анизотропных сред (рис.4). Представленные на рис.5-6 карты проявления аномальных областей проводимости и поляризуемости различных горизонтально-двухслойных моделей отличаются друг от друга электрическими свойствами второго слоя и глубиной его залегания. На рис.7 изображены аналогичные карты для моделей с локальной (сферической) электрической неоднородностью. По картам, построенным для этих моделей (рис.5-7), можно судить и о глубинности исследований каждой системой возбуждения.

Как и предполагалось ранее, наиболее эффективным при этом является четырехэлектродная система возбуждения *AD-BC*. В отличие от нее, в большинстве случаев ни одной из трехэлектродных (*ABC, ABD, ACD, BCD*) систем возбуждения невозможно полностью исследовать планшет съемки, что еще раз говорит о необходимости внутриметодного комплексирования результатов всех измерений.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Матевосян А.К.** (1999). Исследование особенностей электрических полей многоэлектродных систем возбуждения. Изв. НАН РА, Науки о Земле, LII, №1, с. 53-63.
2. **Матевосян А.К.** (2001). Критерий достоверности измерений при многоэлектродной системе возбуждения электрического поля. Изв. НАН РА, Науки о Земле, LIV, №1, с.42-46.

ԲԱԶՄԱԷԼԵԿՏՐՈԴ ԷԼԵԿՏՐԱԿԱՆ ԴԱՇՏԻ ԳՐԳՌՈՂ ՀԱՄԱԿԱՐԳԻ ՉԱՓՄԱՆ ՏԱՐԲԵՐԱԿՄԱՆ ԸՆԴՈՒՆԱԿՈՒԹՅԱՆ ՉԱՓԱՆԻՇԸ

Ա. Կ. Մաթևոսյան

Ա մ փ ո փ ու մ

Տվյալ հոդվածում առաջարկվում է չափման տարբերակման ընդունակության չափանիշը՝ երկրորդ անհրաժեշտ չափանիշը մակերեսային էլեկտրահետախուզական ուսումնասիրությունների դիմադրության և հարուցված բևեռացման մեթոդներով աշխատելիս էֆեկտիվությունը բարձրացնելու նպատակով: Մշակված են հաղորդականության ու բևեռացման անոմալիաների առկայության լուծումն ընդունման պայմանները: Տարբեր բնույթի երկրաէլեկտրական մոդելների օրինակների վրա ցույց է տրված բազմէլեկտրոդ կայանքի արդյունավետությունը էլեկտրական դաշտի տարբեր գրգռող համակարգերով աշխատելիս:

RESOLUTION CRITERION FOR MEASUREMENTS IN A MULTI-ELECTRODE SYSTEM OF ELECTRIC FIELD EXCITATION

A. K. Matevosyan

Abstract

This article proposes a resolution criterion for measurements, which is the second required criterion for optimized areal electric-prospecting studies by the resistance and induced polarization methods, using diverse systems of electric field excitation. Conditions to take decision on the presence of conductivity and polarizability anomalies are formulated. The efficiency of multi-electrode system in various systems of electric field excitation is demonstrated by the examples of diverse types of geo-electrical models.