

К ВОПРОСУ ИЗУЧЕНИЯ ОСОБЕННОСТЕЙ ПРОЯВЛЕНИЯ СИСТЕМЫ ПАРАМЕТРОВ КАЖУЩЕГОСЯ СОПРОТИВЛЕНИЯ И КАЖУЩЕЙСЯ ПОЛЯРИЗУЕМОСТИ

© 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.

Рассматривается система интерпретируемых параметров при векторных измерениях различными системами возбуждения электрического поля методами сопротивлений и вызванной поляризации. Предлагается способ определения аномальных параметров кажущегося сопротивления и кажущейся поляризуемости и на примере геоэлектрической модели проводится их сопоставление с другими параметрами.

В настоящее время при интерпретации результатов измерений методами сопротивлений и вызванной поляризации используются различные параметры кажущегося сопротивления (КС) и кажущейся поляризуемости (КП), полученные путем разнообразных трансформаций (преобразований) значений наблюдаемых электрических полей. Ранее нами рассматривалась взаимосвязь параметров кажущегося сопротивления и кажущейся поляризуемости при проведении векторной съемки [2,3], и была предложена методика интерпретации, основанная на получении остаточных КС и КП [1]. В данной статье рассмотрим способ определения аномальных КС и КП и с целью выявления особенностей их проявления проведем сопоставление карт различных параметров на примере геоэлектрической модели.

При двухэлектродной системе возбуждения (одном направлении возбуждаемого электрического поля) в процессе интерпретации результатов векторных измерений определяются параметры [6]:

$$a = B/A, \quad a_k = B \cos \alpha / A, \quad a_y = B \sin \alpha / A,$$

здесь A и B – модули векторов возбуждаемого (приложенного) A и возбужденного (наблюдаемого) B электрических полей, α – угол между векторами A и B , по которым, по мере необходимости, строятся соответствующие зависимости, графики, карты.

При интерпретации результатов измерений, полученных при двух различных направлениях возбуждаемого электрического поля (с использованием многоэлектродных систем возбуждения, позволяющих вращать направление возбуждаемого электрического поля в требуемом пункте наблюдений), определяются компоненты $(a_{xx}, a_{yy}, a_{yx}, a_{xy})$ двумерного тензора второго ранга a из выражения [1,7]:

$$\begin{bmatrix} B_x \\ B_y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a_{xx} & a_{xy} \\ a_{yx} & a_{yy} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} A_x \\ A_y \end{bmatrix}, \quad (1)$$

где A_x и A_y , B_x и B_y – x - и y -составляющие векторов возбуждаемого A и возбужденного B электрических полей, соответственно. По приведенным формулам вычисляются главные (экстремальные): максимальное – a_{max} и минимальное – a_{min} значения тензора a :

$$a_{ex} = \left| \frac{\sqrt{(a_{xx} - a_{yy})^2 + (a_{xy} + a_{yx})^2} \pm \sqrt{(a_{xx} + a_{yy})^2 + (a_{xy} - a_{yx})^2}}{2} \right| \quad (2)$$

и их направления

$$\phi_{ex} = \{ \arctg[(a_{xy} + a_{yx}) / (a_{xx} - a_{yy})] + \arctg[(a_{xy} - a_{yx}) / (a_{xx} + a_{yy})] + \pi k \} / 2 \quad (3)$$

где $k=0$ или 1 . В качестве интерпретируемых параметров наряду с a_{max} , a_{min} , ϕ_{ex} используются также $a_{mod} = \sqrt{a_{max} \cdot a_{min}}$, $a_{rel} = a_{max} \cdot a_{min}$ – инварианты тензора a .

Величина параметра a определяется отношением модулей векторов A и B , и для требуемого направления возбуждаемого поля представляется следующим образом:

$$a = B / A = \sqrt{(a_{xx} \cos \delta + a_{xy} \sin \delta)^2 + (a_{yx} \cos \delta + a_{yy} \sin \delta)^2}, \quad (4)$$

где δ – угол между вектором A и осью x .

В зависимости от выбранных при расчетах векторов A и B определяется тот или иной параметр кажущегося сопротивления или кажущейся поляризуемости. Так,

- при определении *полного (наблюденого) КС* ($\rho_s = E_o / j$):
 A – вектор плотности тока j ,
 B – вектор напряженности первичного электрического поля E_o ;
- при определении *полной (наблюденой) КП* ($\eta_s = E_{вп} / E_o$):
 A – вектор напряженности первичного электрического поля E_o ,
 B – вектор напряженности вторичного электрического поля $E_{вп}$;
- при определении *остаточного КС* ($\rho_r = E_o / E_{ар}$):
 A – усредненный (нормированный) вектор напряженности первичного поля $E_{ар}$,
 B – вектор напряженности первичного поля E_o ;
- при определении *остаточной КП* ($\eta_k = E_{вп} / E_{впr}$):
 A – усредненный (нормированный) вектор

напряженности вторичного поля $E_{впF}$.

B – вектор напряженности вторичного поля $E_{вп}$.

• при определении *фонового* КС ($\rho_{SF} = E_{oF}/j$):

A – вектор плотности тока j ,
 B – усредненный (нормированный) вектор напряженности первичного поля E_{oF} .

• при определении *фоновой* КП ($\eta_{SF} = E_{впF}/E_o$):

A – вектор напряженности первичного электрического поля E_o ,
 B – усредненный (нормированный) вектор напряженности вторичного поля $E_{впF}$.

• при определении *аномального* КС ($\rho_A = E_{oA}/E_{oN}$):

A – вектор напряженности нормального первичного поля E_{oN} ,
 B – вектор напряженности аномального первичного поля E_{oA} .

• при определении *аномальной* КП ($\eta_A = E_{впA}/E_{впN}$):

A – вектор напряженности нормального вторичного поля $E_{впN}$,
 B – вектор напряженности аномального вторичного поля $E_{впA}$.

A – вектор напряженности нормального вторичного поля $E_{впN}$,
 B – вектор напряженности аномального вторичного поля $E_{впA}$.

A – вектор напряженности нормального вторичного поля $E_{впN}$,
 B – вектор напряженности аномального вторичного поля $E_{впA}$.

A – вектор напряженности нормального вторичного поля $E_{впN}$,
 B – вектор напряженности аномального вторичного поля $E_{впA}$.

A – вектор напряженности нормального вторичного поля $E_{впN}$,
 B – вектор напряженности аномального вторичного поля $E_{впA}$.

A – вектор напряженности нормального вторичного поля $E_{впN}$,
 B – вектор напряженности аномального вторичного поля $E_{впA}$.

A – вектор напряженности нормального вторичного поля $E_{впN}$,
 B – вектор напряженности аномального вторичного поля $E_{впA}$.

A – вектор напряженности нормального вторичного поля $E_{впN}$,
 B – вектор напряженности аномального вторичного поля $E_{впA}$.

A – вектор напряженности нормального вторичного поля $E_{впN}$,
 B – вектор напряженности аномального вторичного поля $E_{впA}$.

A – вектор напряженности нормального вторичного поля $E_{впN}$,
 B – вектор напряженности аномального вторичного поля $E_{впA}$.

A – вектор напряженности нормального вторичного поля $E_{впN}$,
 B – вектор напряженности аномального вторичного поля $E_{впA}$.

A – вектор напряженности нормального вторичного поля $E_{впN}$,
 B – вектор напряженности аномального вторичного поля $E_{впA}$.

A – вектор напряженности нормального вторичного поля $E_{впN}$,
 B – вектор напряженности аномального вторичного поля $E_{впA}$.

A – вектор напряженности нормального вторичного поля $E_{впN}$,
 B – вектор напряженности аномального вторичного поля $E_{впA}$.

A – вектор напряженности нормального вторичного поля $E_{впN}$,
 B – вектор напряженности аномального вторичного поля $E_{впA}$.

A – вектор напряженности нормального вторичного поля $E_{впN}$,
 B – вектор напряженности аномального вторичного поля $E_{впA}$.

A – вектор напряженности нормального вторичного поля $E_{впN}$,
 B – вектор напряженности аномального вторичного поля $E_{впA}$.

A – вектор напряженности нормального вторичного поля $E_{впN}$,
 B – вектор напряженности аномального вторичного поля $E_{впA}$.

A – вектор напряженности нормального вторичного поля $E_{впN}$,
 B – вектор напряженности аномального вторичного поля $E_{впA}$.

A – вектор напряженности нормального вторичного поля $E_{впN}$,
 B – вектор напряженности аномального вторичного поля $E_{впA}$.

A – вектор напряженности нормального вторичного поля $E_{впN}$,
 B – вектор напряженности аномального вторичного поля $E_{впA}$.

A – вектор напряженности нормального вторичного поля $E_{впN}$,
 B – вектор напряженности аномального вторичного поля $E_{впA}$.

A – вектор напряженности нормального вторичного поля $E_{впN}$,
 B – вектор напряженности аномального вторичного поля $E_{впA}$.

A – вектор напряженности нормального вторичного поля $E_{впN}$,
 B – вектор напряженности аномального вторичного поля $E_{впA}$.

A – вектор напряженности нормального вторичного поля $E_{впN}$,
 B – вектор напряженности аномального вторичного поля $E_{впA}$.

A – вектор напряженности нормального вторичного поля $E_{впN}$,
 B – вектор напряженности аномального вторичного поля $E_{впA}$.

A – вектор напряженности нормального вторичного поля $E_{впN}$,
 B – вектор напряженности аномального вторичного поля $E_{впA}$.

A – вектор напряженности нормального вторичного поля $E_{впN}$,
 B – вектор напряженности аномального вторичного поля $E_{впA}$.

A – вектор напряженности нормального вторичного поля $E_{впN}$,
 B – вектор напряженности аномального вторичного поля $E_{впA}$.

A – вектор напряженности нормального вторичного поля $E_{впN}$,
 B – вектор напряженности аномального вторичного поля $E_{впA}$.

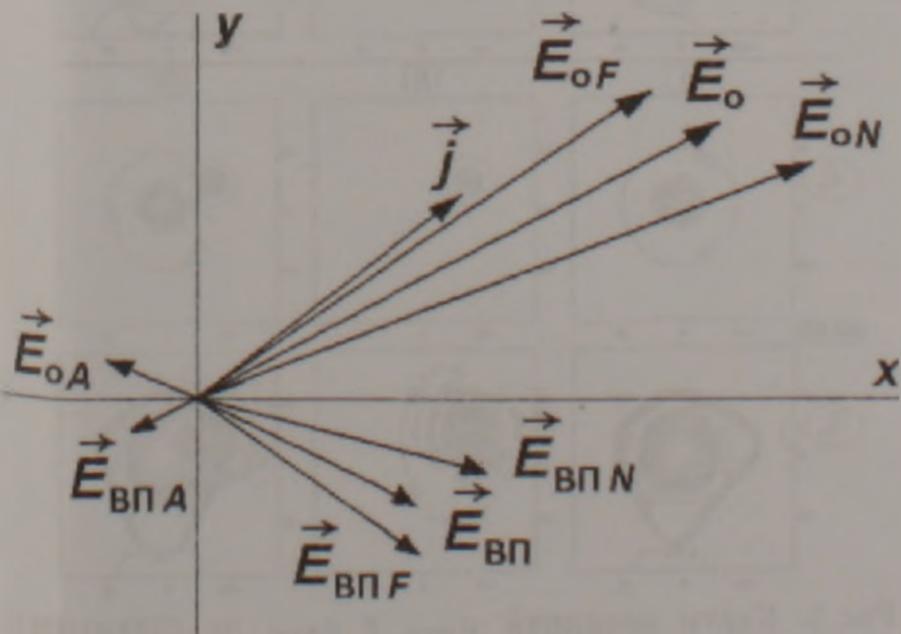


Рис 1 Диаграмма векторов электрических полей в пункте наблюдений

тродной установки $ABCD$ на поверхности геоэлектрической среды, представленной однородной изотропной средой (со значениями удельного электрического сопротивления $\rho_0 = 1000$ Ом·м и поляризуемости $\eta_0 = 0.01$) и содержащей два хорошо поляризующихся сферических тела (низкоомная сфера 1: $\rho_1 = 200$ Ом·м и $\eta_1 = 0.20$ с координатами центра $x_1 = 2$ м, $y_1 = 2$ м, $z_1 = 12$ м и радиусом $r_1 = 10$ м; высокоомная сфера 2: $\rho_2 = 3000$ Ом·м и $\eta_2 = 0.50$ с центром $x_2 = -15$ м, $y_2 = 10$ м, $z_2 = 6$ м и радиусом $r_2 = 5$ м). Координаты питающих электродов: $A(-60, -50)$, $B(-30, 70)$, $C(70, -30)$, $D(50, 60)$ (в метрах); размеры планшета съемки $-42 \text{ м} \leq (x, y) \leq 42 \text{ м}$, при шаге по x и y , равном 1.5 м.

На рис.2 изображены карты аномальных областей проводимости и поляризуемости для пяти случаев (I-V) при исследовании трех геоэлектрических моделей (модель 1 – однородная среда, содержащая сферическое тело 1; модель 2 – однородная среда, со сферическим телом 2; модель 3 – однородная среда, одновременно содержащая сферические тела 1 и 2;) двумя (ABC и $AD-BC$)

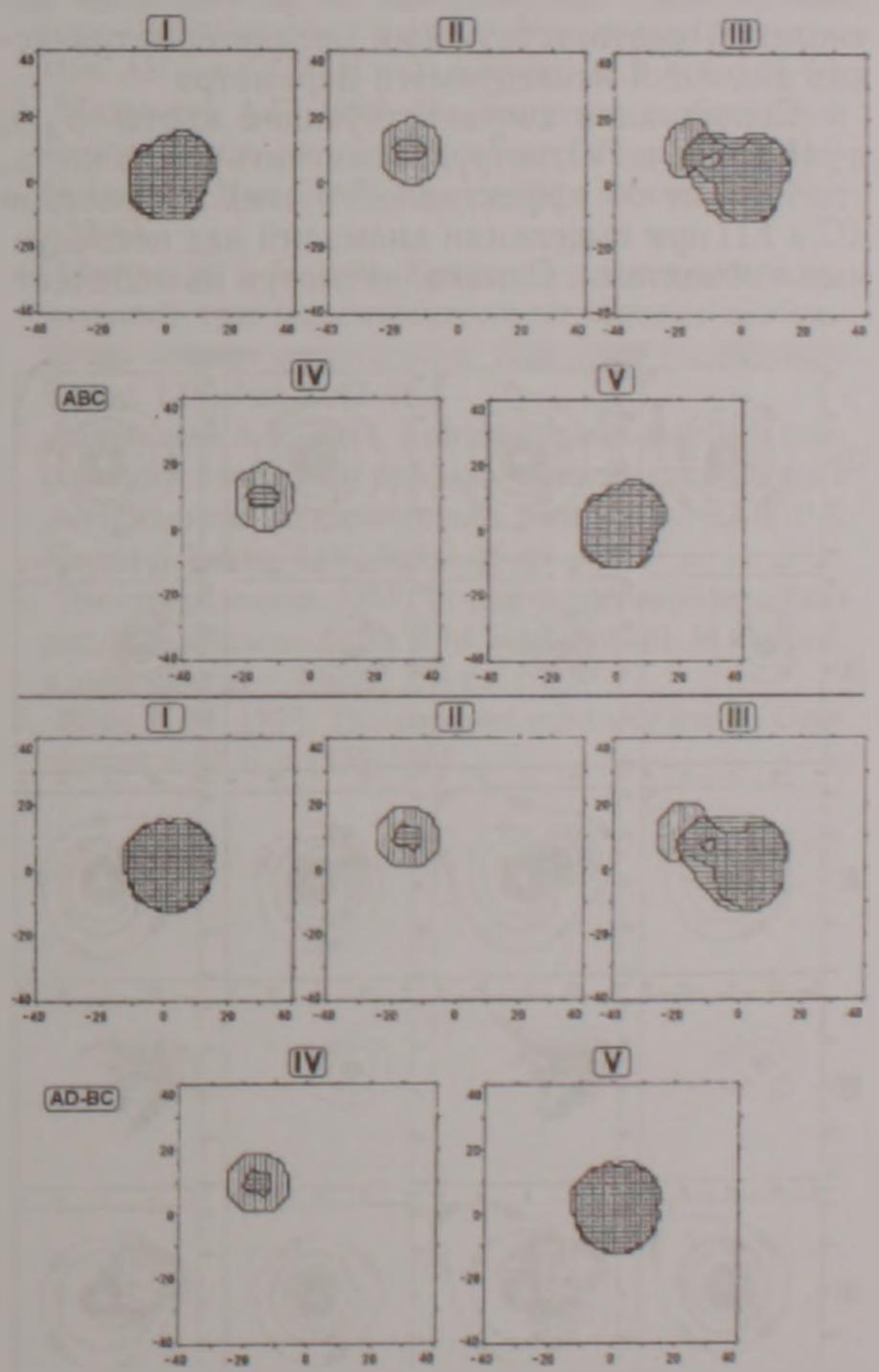


Рис 2 Карты аномальных областей проводимости (горизонтальная штриховка) и поляризуемости (вертикальная штриховка) на поверхности геоэлектрических моделей 1 (I), 2 (II) и 3 (III, IV, V) при двух (ABC , $AD-BC$) многоэлектродных системах возбуждения электрического поля при следующем нормальном поле
 I, II, III – однородная среда; IV – модель 1, V – модель 2

системами возбуждения, построенные с учетом критериев достоверности [4] и разрешающей способности [5] измерений в присутствии природной дисперсии электрических свойств вмещающей среды: $\rho_0 = 1000 \pm 50 \text{ Ом}\cdot\text{м}$ и $\eta_0 = 0.01 \pm 0.005$. В первых трех случаях за нормальное поле принималась однородная изотропная среда со значениями удельного электрического сопротивления и поляризуемости, равными вмещающей среде исследуемой геоэлектрической модели, а в четвертом и пятом – нормальным полем считались геоэлектрические модели 1 и 2, соответственно. Сопоставление приведенных карт аномальных областей еще раз подтверждает целесообразность использования ранее предложенных критериев измерений для выделения (выявления) исследуемого (интересующего) объекта. Поскольку представленные карты носят качественный характер, то с целью количественной оценки рассматриваемых (аномальных) областей, на рис 3 изображены карты аномального кажущегося сопротивления и аномальной кажущейся поляризуемости для вышеприведенных пяти случаев, построенные по результатам вычислений соответствующих среднегеометрических значений исследуемого параметра.

Сопоставляя соответствующие карты ρ_A и η_A (I и V, II и IV), нетрудно заметить их схожесть, что говорит об эффективности этих параметров КС и КП при выделении аномалий над исследуемыми объектами. Однако, несмотря на количест-

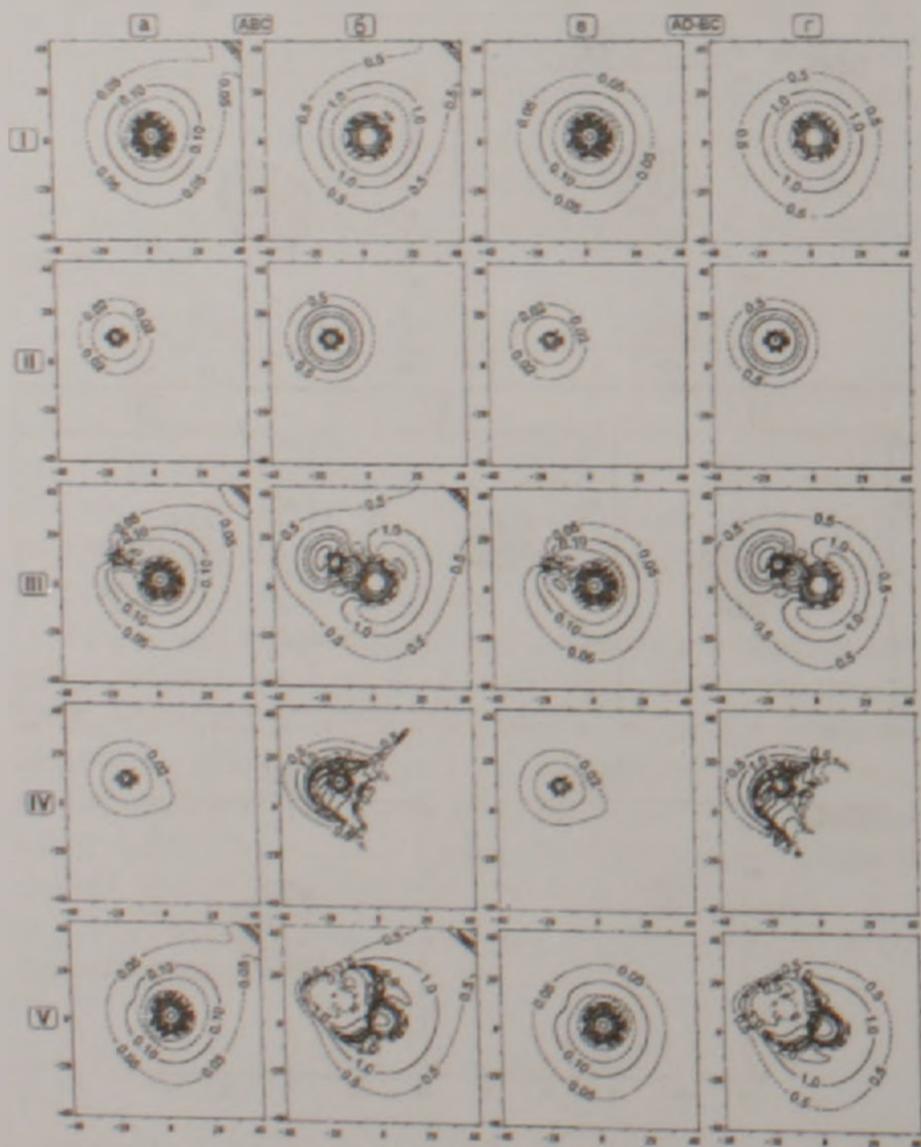


Рис 3 Карты изолиний ρ_{Amed} (а,в) и η_{Amed} (б,г) на поверхности геоэлектрических моделей 1 (I), 2 (II) и 3 (III, IV, V) для двух (ABC – а,б; AD-BC – в,г) многоэлектродных систем возбуждения электрического поля при следующем нормальном поле:

I, II, III – однородная среда; IV – модель 1; V – модель 2.

венную характеристику этих аномалий, данные параметры не позволяют судить о характере ано-

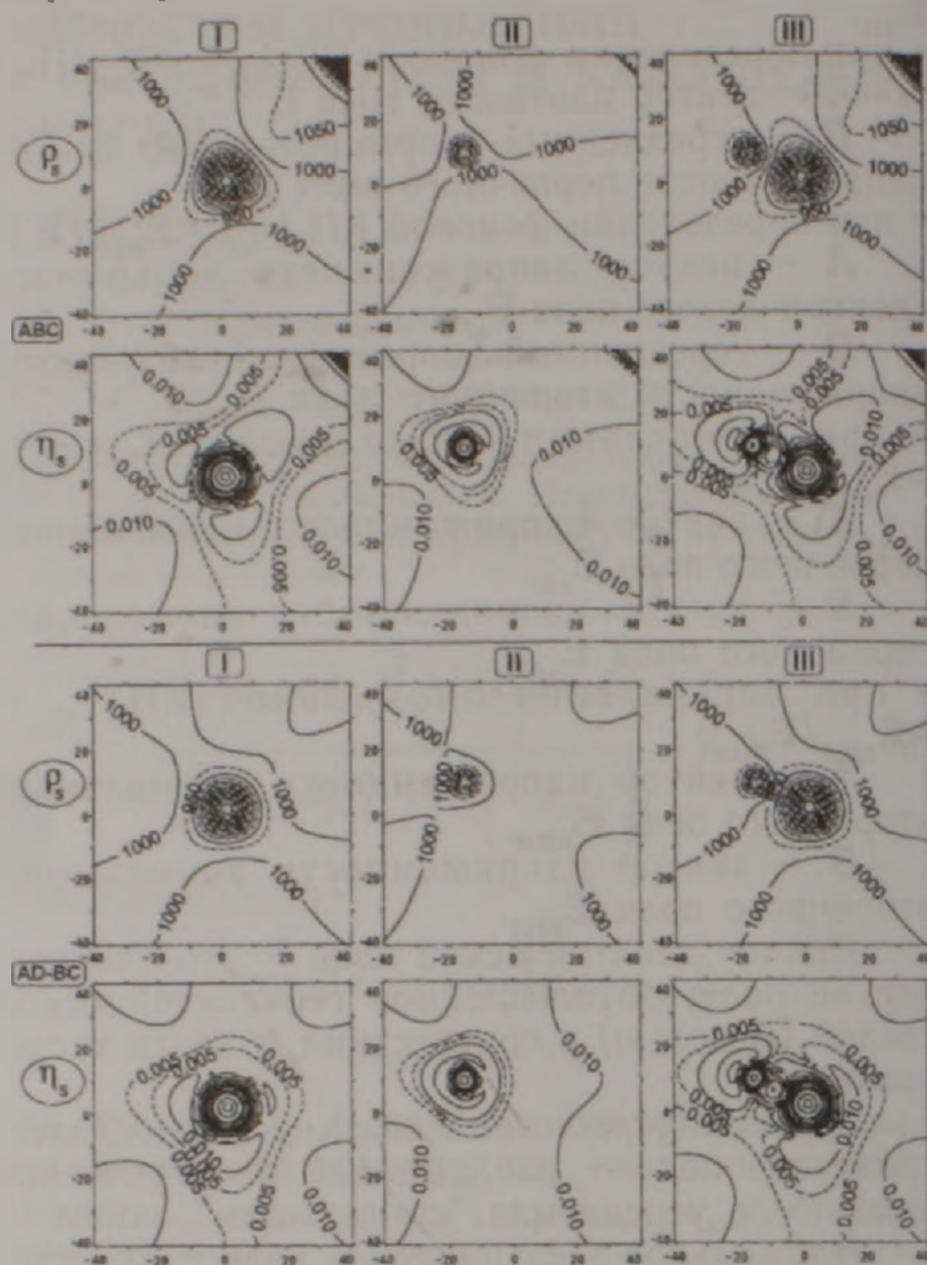


Рис 4 Карты изолиний ρ_{Smed} и η_{Smed} на поверхности геоэлектрических моделей 1 (I), 2 (II) и 3 (III) при двух (ABC, AD-BC) многоэлектродных системах возбуждения электрического поля

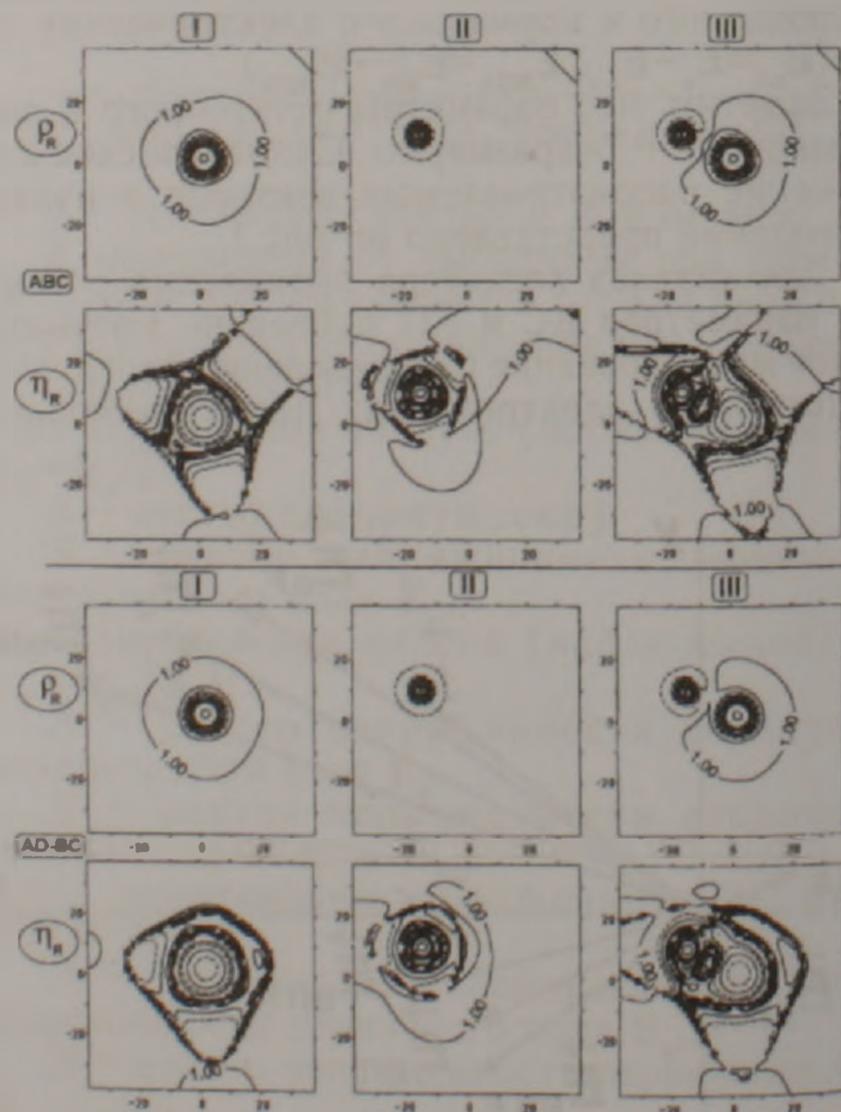


Рис 5 Карты изолиний ρ_{Rmed} и η_{Rmed} на поверхности геоэлектрических моделей 1 (I), 2 (II) и 3 (III) при двух (ABC, AD-BC) многоэлектродных системах возбуждения электрического поля.

маниеобразующего объекта (в данном случае об удельном электрическом сопротивлении) – низкоомная или высокоомная сфера. Для этого требуется совместное истолкование результатов (сравнение с другими параметрами КС и КП: в частности с ρ_s и η_s (рис.4), на которых на фоне значений удельного электрического сопротивления вмещающей среды выделяются отрицательная аномалия от сферы 1 и положительная – от сферы 2 и положительные аномалии поляризуе-

мости над обеими сферами). На картах остаточных КС и КП (рис.5) это проявляется соответствующими значениями исследуемого параметра – меньше или больше единицы. Сопоставление ρ_s и η_s с ρ_{SF} и η_{SF} (рис.6) позволяет судить насколько (до какой степени) удалось выделить локальную аномалию путем усреднения скользящим окном.

Таким образом, резюмируя вышепредставленное, можно сказать, что комплексная интерпретация приведенных параметров, полученных при различных системах возбуждаемого электрического поля, позволяет с достаточной надежностью интерпретировать результаты площадных электроразведочных исследований.

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. Электроразведка. 1989. Справочник геофизика (под ред. В.К.Хмелевского и В.М.Бондаренко). М.: Недра, в двух книгах – 438 с., 378 с.
7. Bibby Н.М. 1977. The apparent resistivity tensor. Geophysics, v.42, 6, p.1258-1261.

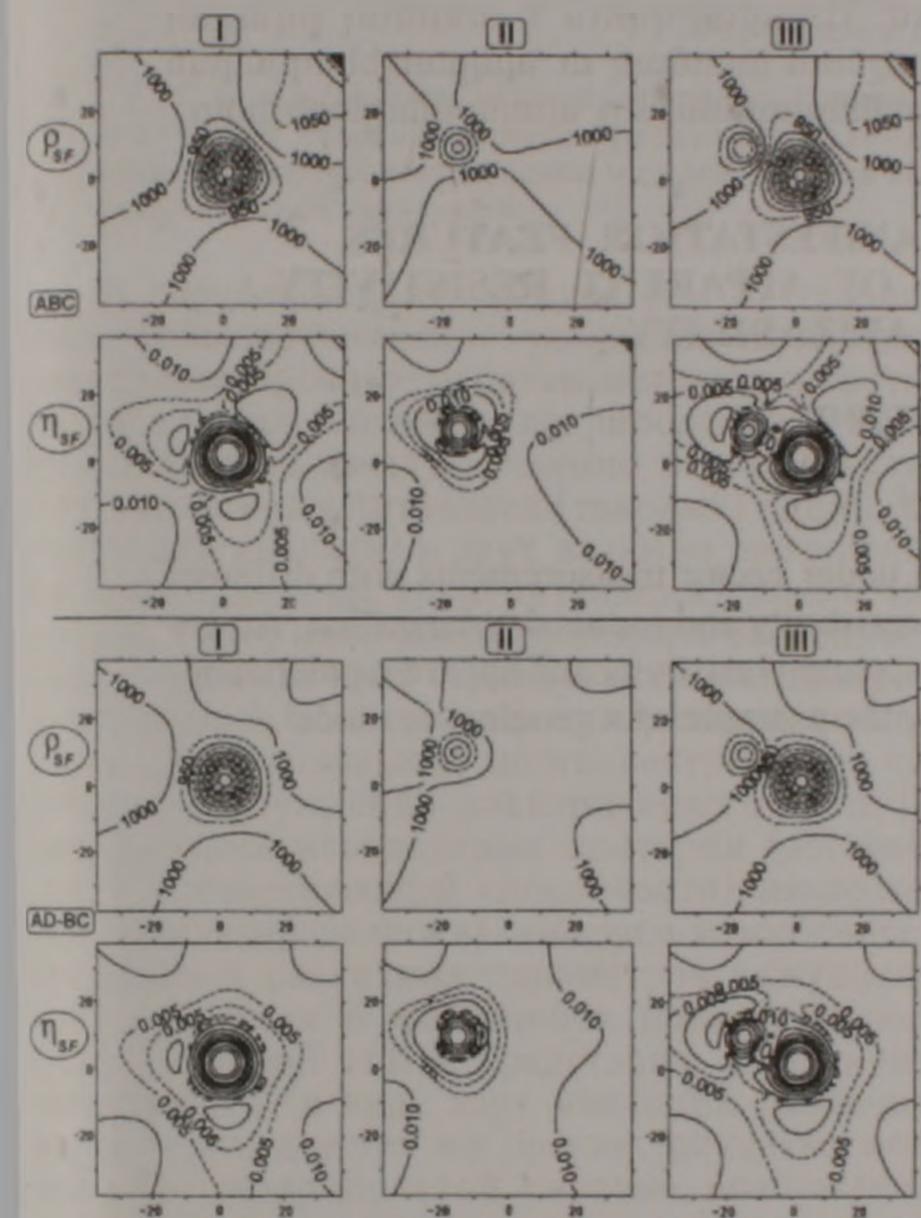


Рис 6. Карты изолиний $\rho_{SF_{med}}$ и $\eta_{SF_{med}}$ на поверхности геоэлектрических моделей 1(И), 2(ИИ) и 3(ИИИ) при двух (ABC, AD-BC) многоэлектродных системах возбуждения электрического поля.

**ԹՎԱՅՈՂ ԴԻՄԱԴՐՈՒԹՅԱՆ ԵՎ ԹՎԱՅՈՂ ԲԵՎԵՌԱՑՄԱՆ ՊԱՐԱՄԵՏՐԵՐԻ
ՀԱՄԱԿԱՐԳԻ ԱՐՏԱՀԱՅՏՄԱՆ ԱՌԱՆՉՆԱՀԱՏԿՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ
ՈՒՍՈՒՄՆԱՍԻՐՈՒԹՅԱՆ ՀԱՐՑԻ ՎԵՐԱԲԵՐՅԱԼ**

Ա. Կ. Մաթևոսյան

Ա մ փ ո փ ու մ

Դիտարկվում է պարամետրերի համակարգը դիմադրության և հարուցված բևեռացման մեթոդներով վեկտորական չափումների ժամանակ էլեկտրական դաշտի տարբեր գրգռող համակարգերով աշխատելիս: Առաջարկվում է անոմալ թվացող դիմադրության և բևեռացման պարամետրերի որոշման եղանակ ու երկրաէլեկտրական մոդելի օրինակի վրա ներկայացվում է նրանց համեմատումն այլ պարամետրերի հետ:

**ON THE ISSUE OF STUDYING MANIFESTATION FEATURES
FOR THE SYSTEM OF PARAMETERS OF APPARENT RESISTIVITY
AND APPARENT POLARIZABILITY**

A. K. Matevosyan

Abstract

A system of interpreted parameters is considered under vector measurements with different systems of electric field excitation by the methods of resistivity and induced polarization. An approach is suggested to define anomalous parameters of apparent resistivity and apparent polarizability. These parameters are compared with the others by the example of a geoelectric model.