

УДК 550.837.218

ГЕОФИЗИКА

В. Б. Гамоян

Учет особенностей источника поля при работе  
методом блуждающих токов

(Представлено академиком АН Армянской ССР А. Т. Асланяном 15/IV 1988)

В геофизической литературе известны различные схемы наблюдения и параметры изучения полей блуждающих токов (БТ) (1-2). Однако все способы исследования методом БТ имеют общий недостаток, заключающийся в отсутствии учета особенностей источника изучаемого поля (электрифицированных железнодорожных линий в подземных горных выработках). Для учета взаимного положения источника поля и профиля наблюдений А. К. Матевосяном и В. М. Геворкяном предложен способ геоэлектроразведки методом БТ (3), при котором измерение напряженности поля производят двумя неподвижными базисными приемными диполями, расположенными на профиле наблюдений, и передвигаемым между ними полевым. Поправку за положение источника производят принимая степенной закон изменения напряженности поля вдоль профиля наблюдений. Однако следует заметить, что напряженность поля БТ и ее изменение по любому профилю далеко неопределенны и непостоянны во времени (4). Характер изменения поля по профилю определяется схемой откаточных горных выработок, служащих источником БТ, положением контакта отрицательного полюса тяговой сети и электровоза в момент наблюдения, ориентацией профиля наблюдений по отношению к откаточным выработкам и др. Изменение поля во времени связано с изменением нагрузки тяговой сети и перемещением электровоза в горных выработках.

При теоретических исследованиях электрифицированные железнодорожные линии в откаточных выработках рудников рассматриваются системой кусочно-однородных или точечных источников (4). Следовательно, поставленная задача сводится к вычислению коэффициента учета взаимного положения точечных источников и точек наблюдений, как при методе электрического сопротивления. Трудности заключаются в определении закона изменения тока утечки в землю из рельсов вдоль железнодорожного пути и положения электровоза в момент наблюдения.

Для определения изменения тока утечки от элементарных отрезков разветвленной сети откаточных выработок при сложном геологическом строении среды автором статьи выведена математическая формула при известных положениях контакта отрицательного полюса тяговой сети с рельсами (точка «К») и электровоза (4)

$$I'_{ij} = \frac{I_{0j}(2R_{kj})^{(i-1)/\Omega_{ij}}}{\prod_{p=1}^i (\Omega_{pj} + 2R_{kp})} \left[ A \frac{O_M}{O_M} \right] \quad (1)$$

где  $R_{kj}$  — сопротивление заземления  $i$ -го элементарного отрезка  $j$ -й части рельсового пути;  $\Omega_{ij}$  — сопротивление отрезка  $j$ -й части рельсового пути, ограниченного точками  $i=0$  и  $i$ ;  $I'_{ij}$  — ток утечки в землю из  $i$ -го элементарного отрезка  $j$ -й части рельсового пути;  $I_{0j}$  — ток, подаваемый в  $j$ -ю часть пути.

Разность потенциалов между электродами  $M$  и  $N$  приемной установки определяется формулой (5)

$$\Delta U = \frac{\rho I_0}{2\pi} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m q_{ij} \left( \frac{1}{r_{ijM}^{(+)}} - \frac{1}{r_{ijN}^{(+)}} - \frac{1}{r_{ijM}^{(-)}} + \frac{1}{r_{ijN}^{(-)}} \right), \quad (2)$$

где выражение под знаком суммы представляет собой коэффициент учета взаимного положения источника поля и установки наблюдения ( $K_{BT}$ ) (4);  $r_{ijM}^{(+)}$ ,  $r_{ijN}^{(+)}$ ,  $r_{ijM}^{(-)}$  и  $r_{ijN}^{(-)}$  — расстояния приемных электродов  $M$  и  $N$  от  $i$ -х элементарных отрезков  $j$ -х частей источника;  $q_{ij} = I'_{ij}/I_0$ ;  $I_0$  — ток тяговой сети.

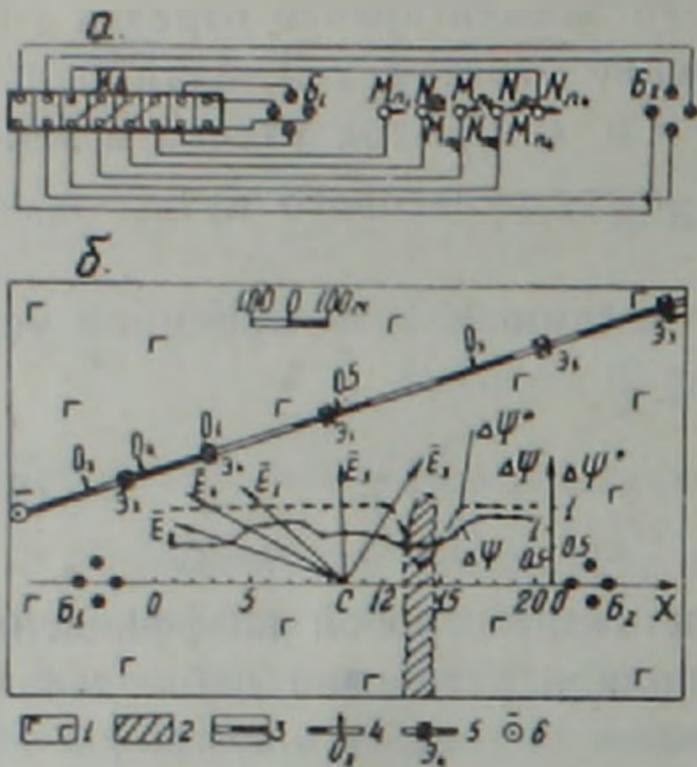
Для составления электротехнического подобия и определения параметров  $q_{ij}$ ,  $r_{ijM}$ ,  $r_{ijN}$  и  $R_{kj}$  необходимо иметь геологический план, сеть транспортных горных выработок с местоположением точки «К» и местонахождение электровоза в момент наблюдения. Геологический план и схема выработок с точкой «К» для конкретного месторождения известны. Требуется определить лишь местонахождение электровоза в момент наблюдения. С этой целью предлагается методика исследования методом БТ с простой взаимно перпендикулярной схемой наблюдений (рисунок, а) При этой схеме с помощью двух пар взаимно перпендикулярных неподвижных базисных и нескольких ориентированных по профилю наблюдений полевых перемещающихся приемных установок производится одновременное измерение приращений разностей потенциалов поля БТ. Пары взаимно перпендикулярных базисных установок помещают в центральной части площади съемки на участках однородных пород, на расстоянии друг от друга более полудлины откаточной выработки, вдоль и вкост профиля наблюдений и оставляют неподвижно до конца съемки. Электроды полевых установок располагаются в начале первого профиля с интервалом, равным шагу наблюдений. При этом передняя приемная линия каждой установки служит задней линией следующей установки.

После расположения полевых установок в начале первого профиля производится одновременное измерение приращений разностей потенциалов во времени на всех приемных установках. После завершения съемки первого профиля полевые установки переносятся на второй профиль и т. д.

Для каждой очередной стоянки полевых установок строится система четырех векторов напряженности, измеренных на базисных установках ( $E_{x_0,1}$ ,  $E_{x_0,2}$ ,  $E_{y_0,1}$ ,  $E_{y_0,2}$ ) относительно средней точки  $C$  между базисными пунктами. Общий вектор  $E_{общ}$  будет совпадать с линией,

соединяющей точку  $C$  с нулевой точкой источника БТ, где отсутствует токообмен между рельсами и окружающей средой (4).

Зная место контакта отрицательного полюса и отмечая нулевую точку на схеме транспортных выработок, лабораторно-модельными ра-



Учет особенностей источника поля при работе методом БТ: а—простая взаимно перпендикулярная схема (ПВС) наблюдений, б—результаты натурно-модельных исследований ПВС метода БТ на эталонном участке Зодского месторождения. 1—габбро; 2—хорошо проводящее рудное тело, 3—откаточная выработка (источник поля), 4—местоположения нулевых точек в моменты наблюдений; 5—местонахождение электровоза в моменты наблюдений; 6—контакт отрицательного полюса тяговой сети с рельсами в откаточной выработке

ботами определяется местоположение положительного полюса (электровоза) в момент измерения. Для этого модель транспортных выработок помещается в электролитическом баке. Отрицательный полюс источника постоянного тока соединяется с моделью рельсового пути в заранее известной точке «К». Один из входов милливольтметра постоянного тока подсоединяется к определенной нулевой точке источника поля (модели откаточных выработок), второй вход—к бесконечной точке. Перемещая контакт положительного полюса источника тока по модели железнодорожного пути, находим точку, при которой показание милливольтметра нулевое. Найденная точка и является местом положения электровоза в момент наблюдения.

Определив местоположение электровоза в момент наблюдения в данном интервале профиля, по формуле (1) вычисляются значения  $q_j$ , а затем по формуле (2)—коэффициенты, учитывающие положение и особенности источника поля для базисных, ориентированных по профилю наблюдений ( $K_{x\delta_1}$  и  $K_{x\delta_2}$ ) и полевых ( $K_{n_1}$ ,  $K_{n_2}$ ,  $K_{n_3}$  ...) установок.

Очевидно, что в однородной среде  $\frac{\partial \Delta U_{n_1}}{\partial \Delta U_{x\delta_1}} = \frac{K_{n_1}}{K_{x\delta_1}} = \frac{K_{n_1}}{K_{oc_1}}$ , следовательно, для внесения рассмотренной поправки в параметр  $\Delta \Psi = \frac{\partial \Delta U_{n_1}}{\partial \Delta U_{x\delta_1}}$  необходимо его умножить на  $K_{x\delta_1}/K_{n_1}$ :  $\Delta \Psi_1^* = \Delta \Psi \times K_{x\delta_1}/K_{n_1}$ ,  $\Delta \Psi_2^* = \Delta \Psi \times K_{x\delta_2}/K_{n_2}$ . При этом параметром изучения поля принимается  $\Delta \bar{\Psi}^* = (\Delta \Psi_1^* + \Delta \Psi_2^*)/2$ .

С целью проверки достоверности предложенного способа выполнены натурно-модельные исследования на разведанном—эталонном участке в районе штольни 32 Зодского кварц-сульфидного месторождения. Профиль наблюдений выбирали под углом  $20^\circ$  по отношению к направлению штольни протяженностью 1200 м, служащей источником изучаемого поля. Взаимно перпендикулярные базисные установки располагали в концах профиля протяженностью 650 м.

Съемку методом БТ выполняли 8-канальной измерительной аппаратурой (ИА), позволяющей одновременное измерение на базисных и четырех полевых установках.

На рисунке, б представлены результаты натурно-модельных исследований в виде векторов  $E_{обш(1-5)}$ , положений нулевых точек ( $O_1 \div O_5$ ), электровоза ( $\Theta_1 \div \Theta_5$ ) и кривых  $\Delta\psi$  и  $\Delta\psi^*$ .  $E_{обш(1-5)}$ ,  $O_1 \div O_5$  и  $\Theta_1 \div \Theta_5$  получены при стоянках полевых установок на пикетах  $1 \div 4 + \div 4q$  профиля наблюдений ( $q = 0 \div 4$ ).

Как видно из рисунка, б, при съемке на точках  $1 \div 4 + 4q$  профиля наблюдений нулевые точки  $O_1 \div O_5$  и электровоз ( $\Theta_1 \div \Theta_5$ ) в транспортной выработке располагались на различных точках. Согласно с этой кривая  $\Delta\psi$  имеет ступенчатый характер, а аномалия над хорошо проводящим рудным телом выделяется плохо. После внесения поправки полученная кривая  $\Delta\psi^*$  в пределах окружающих пород габбро (интервалы пк  $1 \div 12$  и  $16 \div 20$ ) характеризуется постоянными значениями, равными 1. Над рудным телом выделяется четкий минимум, характеризующий его мощность—40 м, глубину залегания—6м и крутое падение.

Институт геофизики и инженерной сейсмологии  
Академии наук Армянской ССР

Վ. Բ. ԳՍՄՈՅԱՆ

Գաշտի աղբյուրի առանձնահատկությունների հաշվառումը  
թափառող հոսանքների մեթոդով աշխատելիս

Տեսական և լաբորատոր ուսումնասիրությունների օգնությամբ մշակված է էլեկտրահետախույզության թափառող հոսանքների մեթոդի նոր եղանակովերջինս հնարավորություն է տալիս հաշվի առնել դիտման կետի նկատմամբ ուսումնասիրվող գաշտի բարդ աղբյուրի դիրքը, նրա երկրաչափական ձևը և այլ առանձնահատկություններ:

Մշակված եղանակի կիրառումը մեկնաբանված և հաստատված է Զոդի հանքավայրի հետախույզված էտալոն սեղամասում կատարված բնափորձարարական դիտարկումների օգնությամբ:

Ուսումնասիրությունների արդյունքները կնպաստեն էլեկտրահետախույզության թափառող հոսանքների մեթոդի զարգացմանը:

#### ЛИТЕРАТУРА — ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆ

<sup>1</sup> Г. И. Хованова, Опыт использования земных токов низкой частоты с разведочными целями, Тр. Геофиз. ин-та АН СССР, т. 30 (1955). <sup>2</sup> Ю. В. Якубовский, Н. А. Доброхотова и др., Изв. ВУЗов. Геология и разведка, № 9, 1972. <sup>3</sup> А. К. Матевосян, В. М. Геворкян, Способ геоэлектроразведки методом блуждающих токов, А. с. СССР, № 1193619, 1985. <sup>4</sup> В. Б. Гамоян, Временное руководство по методу блуждающих токов, Изд-во АН АрмССР, Ереван, 1985. <sup>5</sup> В. Б. Гамоян, В. М. Геворкян, Способ геоэлектроразведки методом блуждающих токов, А. с. СССР, № 1303955, 1986.