

H. M. AVCHIAN, V. V. NAHAPETIAN, G. G. MARKOSIAN
INFLUENCE OF THE MAGNETIC FIELD UPON THE
DEPENDENCE OF THE VELOCITY V_p ON DYNAMIC AND
STATIC LOAD IN ROCKS

A b s t r a c t

The influence of the magnetic field upon dependence of V_p on dynamic and static load in rocks has been investigated. It has been stated that after superimposing the constant magnetic field under identical pressures the longitudinal wave arrival time decreases and its amplitude increases. The average increase of V_p is from 5 to 15%, compared with the velocity at a given pressure in a magnetic field $H=0,5$ oersted.

At a dynamic shock the outer magnetic field provides formation of microfractures, i. e. a „softening“ of the rock for destruction is observed. Based on the adduced results a decrease of the rock resistance at compression under the influence of the magnetic field and, hence, at destruction is established.

ЛИТЕРАТУРА

1. Авчян Г. М. Физические свойства осадочных пород при высоких давлениях и температурах. М.: Недра, 1972, 144 с.
2. Белов К. П. Упругие, тепловые и электрические явления в ферромагнетиках. М.: Изд. технико-теоретической литературы. 1957, 279 с.
3. Сизов В. П. Исследования ΔE -эффекта и затухания упругих волн в поликристаллическом никеле акустическим методом. ДАН СССР 89, № 3, 1953, с. 427—430.
4. Труэлл Р., Элбаум Е., Чик Б. Ультразвуковые методы в физике твердого тела. М.: Мир, 1972, 307 с.

Известия АН Арм. ССР, Науки о Земле, XXXIX, № 4, 41—47, 1986
УДК. 550.374+622.625.28—83

В. Б. ГАМОЯН, Ф. С. УНУСЯН

ПОЛЕ БЛУЖДАЮЩИХ ТОКОВ ПРИ
РАЗНЫХ ПОЛОЖЕНИЯХ ЭЛЕКТРОВОЗА

Статья посвящена изучению особенностей полей блуждающих токов. Выведены математические формулы, выражающие поведение параметров поля. Представляются карты и графики, изображающие распределение потенциала и приращения потенциала при различных параметрах источника (электрифицированной узкоколейной железной дороги в подземных горных выработках). Результаты проведенных исследований могут служить ценным материалом для разработки методики полевых наблюдений метода блуждающих токов.

Блуждающие электрические токи возникают в земле от электрических машин и установок [8], распространяются на большое расстояние [6]. Они особенно интенсивны в районах разведываемых и эксплуатируемых месторождений [1, 3, 9], где транспортировка осуществляется электрифицированной железной дорогой. Последняя и является основным источником квазистационарных электрических помех [4].

Блуждающие токи характеризуются резкими изменениями во времени [1, 7], что связано с непостоянством нагрузки тяговой сети и движением контактных электровозов в подземных выработках [4].

Параметром изучения распределения поля блуждающих токов принято отношение приращений во времени разностей потенциалов по-

девого и базисного каналов $\frac{\delta \Delta U_n}{\delta \Delta U_0} = \Delta \Psi$ [1]. Поскольку в принятый

параметр входят приращения во времени потенциалов, то он характеризует только поля меняющихся промышленных токов и исключает влияние постоянных естественных и других электрических полей. Одновременно $\Delta\psi$ нормирован и приведен к одинаковым условиям по разности потенциалов на базисном пункте, что позволяет сравнить результаты наблюдений при любых изменениях интенсивности изучаемого поля, связанных с изменением нагрузки тяговой сети рудника. Однако принятый параметр не характеризует взаимного положения точки наблюдения и источника поля.

Взаимное положение питающих и приемных электродов в методе электрического сопротивления учитывается путем внесения в формулу, определяющую параметр ρ_k , коэффициента установки [8]. Ввиду того, что метод БТ, подобно методу сопротивления, основан на дифференциации геологических разновидностей по параметру ρ , местоположение контактов тяговой сети с рельсами может иметь определенную роль в интенсивности и характере распределения поля блуждающих токов.

Настоящая статья посвящена изучению поля блуждающих токов простого «линейно-двухполюсного» источника [4] при перемещении положительного полюса.

Примем прямоугольную систему координат. Совместим начальную точку ее с отрицательным полюсом источника. Ось X направим в сторону положительного полюса, Z — вверх. Y — перпендикулярно к ним. Разобьем «линейно-двухполюсный» источник на $N\Delta l$ элементарные отрезки и примем его как систему точечных источников.

Рассмотрим электротехническое подобие заданного источника [4], представленного единичной штольней длиной $\Delta l(n_1 + n_2 + n_3 + n_4)$, пройденной в однородных породах, при положении отрицательного полюса в точке $x=0$ (на расстоянии от левого конца источника, равном $\Delta l n_1$), положительного — в точке $x = \Delta l(n_2 + n_3)$ (рис. 1, а),

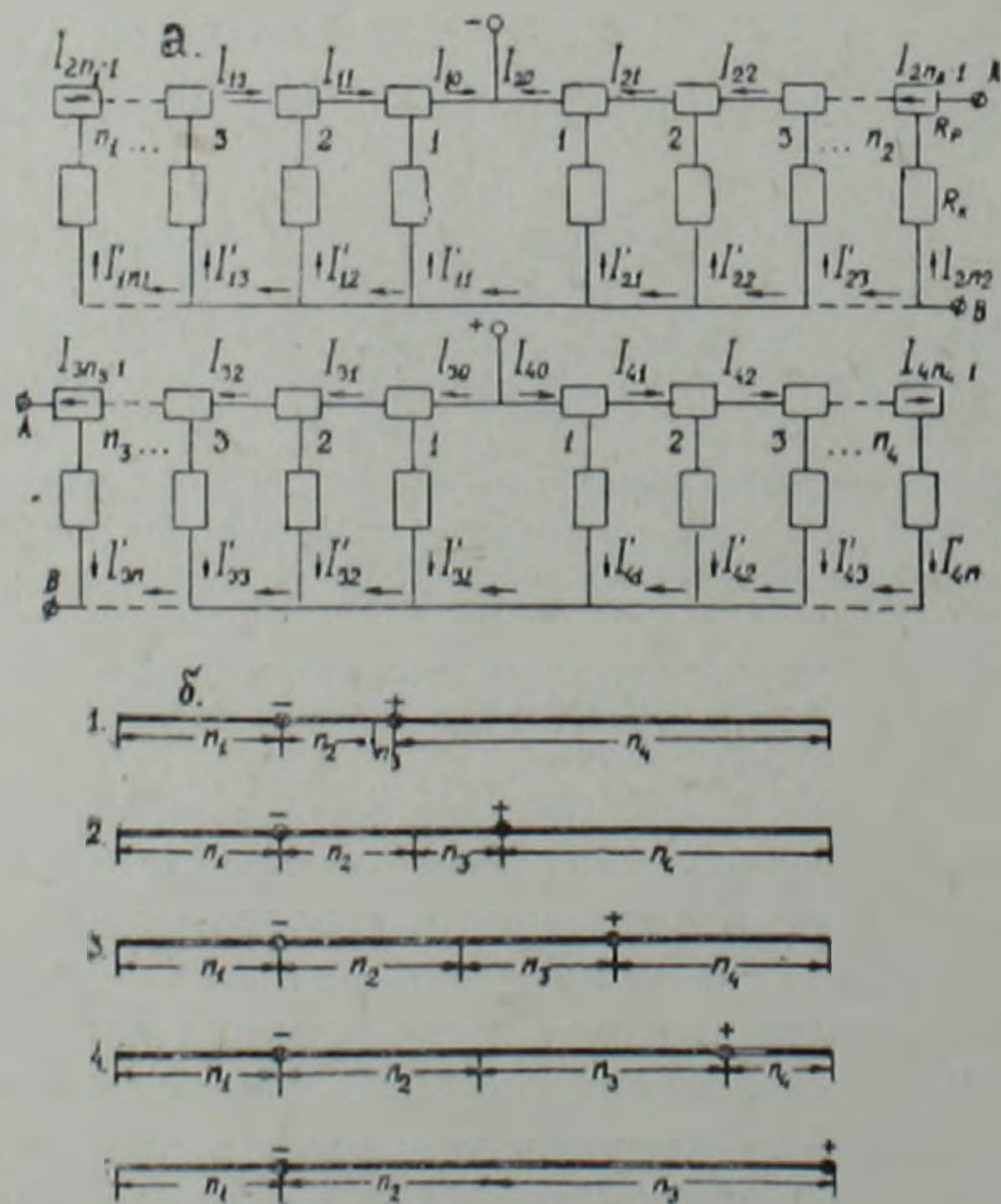


Рис. 1. Электротехническое подобие «линейно-двухполюсного» источника блуждающих токов (электрифицированная подземная дорога)—а и схемы положений положительного полюса (электровоза) источника—б.

Уравнение Кирхгофа для i -го отрезка j -ой части источника имеет такой вид:

$$I'_{j,i+1} + I'_{j,i-1} = I'_{j,i} \left(2 + \frac{R_p}{R_k} \right), \quad (1)$$

где $i=1, 2, 3, 4;$

$I'_{j,i-1}$, $I'_{j,i}$ и $I'_{j,i+1}$ — токи, стекающие от $i-1$ -го, i -го, $i+1$ -го элементарных отрезков j -ой части источника; R_k — сопротивление заземления Δl отрезка рельсового пути. Решение уравнения (1) можно представить в виде [2]:

$$I_{j,i} = A_j \operatorname{ch}(\beta_j - i) \alpha,$$

где
$$\alpha = 2 \ln \left(\frac{1}{2} \sqrt{\frac{R_p}{R_k}} + \sqrt{\frac{R_p}{4R_k} - 1} \right);$$

A и β — произвольные постоянные, определяющиеся из граничных условий задачи (рис. 1, а):

$$I_{j,0} = I'_{j,1} + I_{j,i}; \quad I_{j,1} \cdot R_p + I'_{j,2} \cdot R_k = I'_{j,1} \cdot R_k$$

$$I_{j,n_i} (2R_k + R_p) = I_{i,n_i-1} \cdot R_p;$$

$$A_j = \frac{I_{j,0} R_p}{(R_p + 2R_k) \operatorname{ch}(\beta_j - 1) \alpha - R_k \operatorname{ch}(\beta_j - 2) \alpha},$$

$$\beta_j = \frac{1}{\alpha} \operatorname{arcth} \frac{(2R_k + R_p) \operatorname{ch} n_j \alpha - R_k \operatorname{ch}(n_j - 1) \alpha}{(2R_k + R_p) \operatorname{sh} n_j \alpha - R_k \operatorname{sh}(n_j - 1) \alpha};$$

R_p — сопротивление Δl элементарного отрезка „линейно-двухполюсного“ источника (рельсового пути); $I'_{j,1}$ и $I'_{j,2}$ — токи, стекающие с 1-го и 2-го отрезков j -ой части источника; $I_{j,1}$, I_{i,n_i-1} , I_{j,n_j} — токи, протекающие по 1-ому, $n-1$ -ому, n -ому отрезкам j -ой части источника; $I_{j,0}$ — ток, подаваемый в j -ую часть рельсового пути, определяющийся с помощью законов Кирхгофа [5] путем решения следующих двух систем уравнений:

$$\begin{cases} I_{1,0} + I_{2,0} = I_0 \\ I_{1,0} = \frac{\Omega_{2,1}}{\Omega_{1,1}} \\ I_{2,0} = \frac{\Omega_{1,1}}{\Omega_{1,1}} \end{cases} \quad \begin{cases} I_{3,0} + I_{4,0} = I_0 \\ I_{3,0} = \frac{\Omega_{4,1}}{\Omega_{3,1}} \\ I_{4,0} = \frac{\Omega_{3,1}}{\Omega_{3,1}} \end{cases}$$

где $\Omega_{j,i}$ — сопротивление цепи j -ой части источника. Оно определяется следующим путем:

$$\begin{aligned} \Omega_{j,n_j} &= \frac{R_k \cdot R_p}{R_k + R_p}; \\ &\dots \dots \dots \\ \Omega_{j,i} &= \frac{(\Omega_{j,i+1} + R_p) R_k}{\Omega_{j,i+1} + R_p + R_k}; \\ &\dots \dots \dots \end{aligned}$$

$$\Omega_{j,1} = \frac{(\Omega_{j1} + R_p) R_k}{\Omega_{j,2} + R_p + R_k}$$

Потенциал поля от прямого «линейно-двухполюсного» источника определяется формулой:

$$U = \frac{\rho}{4\pi} \left\{ - \sum_{i=1}^{n_1} \frac{I_{1j}}{\sqrt{(x+\Delta li)^2 + y^2 + z^2}} - \sum_{i=1}^{n_2} \frac{I_{2j}}{\sqrt{(x-\Delta li)^2 + y^2 + z^2}} + \right. \\ \left. + \sum_{i=1}^{n_3} \frac{I_{3,i}}{\sqrt{(x-l+\Delta li)^2 + y^2 + z^2}} + \sum_{i=1}^{n_4} \frac{I_{4,j}}{\sqrt{(x-l-\Delta li)^2 + y^2 + z^2}} \right\},$$

где ρ —удельное электрическое сопротивление среды;
 x, y, z —координаты точки определения.

С целью наглядного представления материала, изображающего изменения поля БТ при движении электровоза, представляются карты потенциала при пяти положениях (рис. 1, б) положительного полюса «линейно-двухполюсного» источника, $\rho = 500 \text{ Ом. м}$, $n_1 = 30$. Карты вычислены на ЭВМ при помощи формулы (2) (рис. 2).

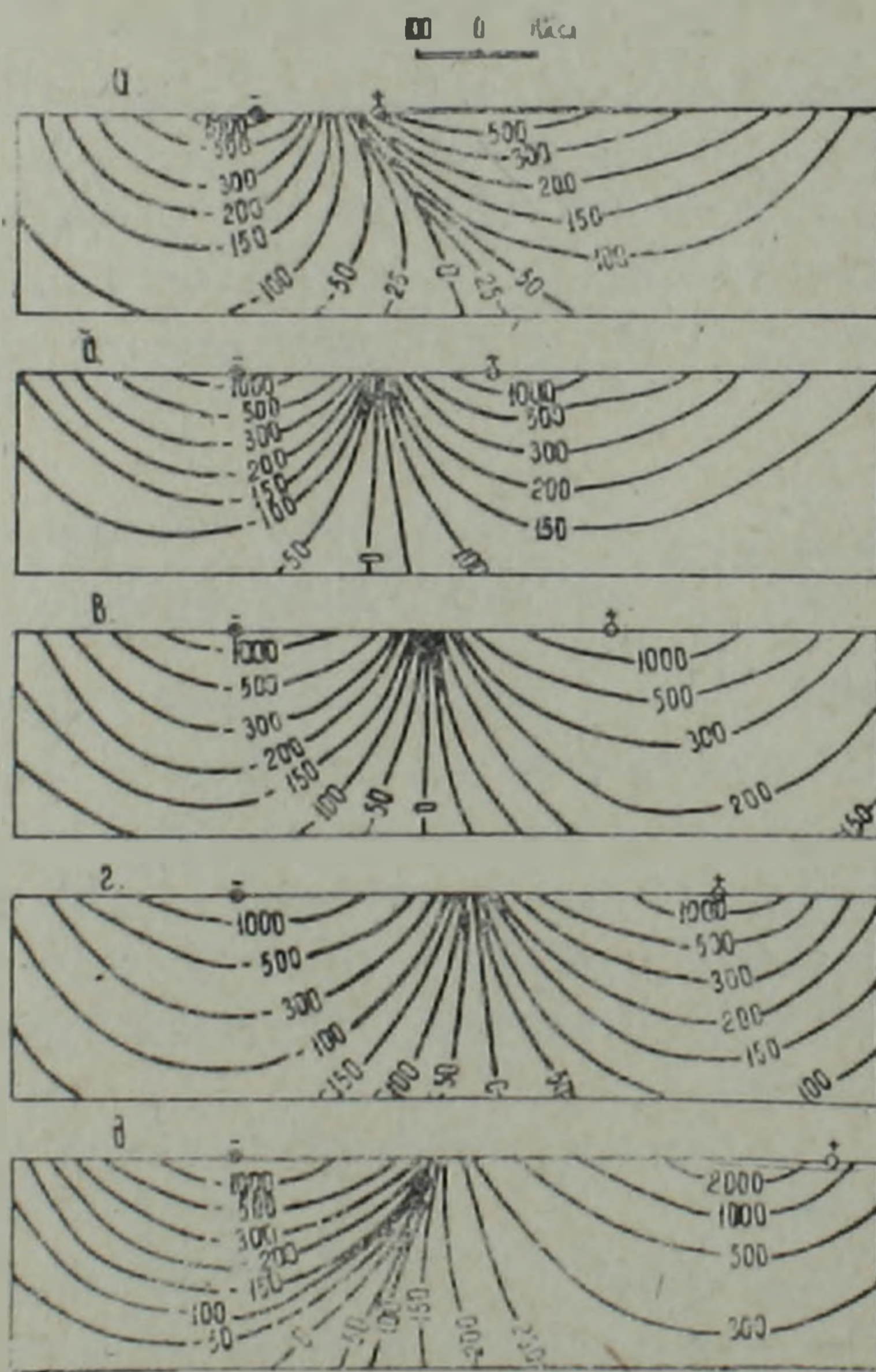


Рис. 2. Карты изолиний потенциала при различных положениях «линейно-двухполюсного» источника блуждающих токов, показанных на рис. 1, б.

а, б, в, г, д—соответствуют случаям 1, 2, 3, 4, 5 рисунка 1, б.

В случае 1 рассматривается характер поля на плоскости $y=1 \text{ м}$ (рис. 2, а), при $n_2=16$, $n_3=4$, $n_4=10$. Экстремальное значение отрицательного потенциала (U_{\min}) составляет -1200 мВ , положительного потенциала (U_{\max}) — 540 мВ . Расстояние между экстремумами больше межполюсного в 1,95 раз ($l_2/l_1=1,95$). В связи с асимметричным

положением полюсов изолинии положительного потенциала более вытянуты вдоль источника: коэффициент сжатия изолиний, огибающих положительный полюс вблизи источника ($\epsilon^{(+)}$), составляет 0,17, отрицательный полюс ($\epsilon^{(-)}$)—0,4. По ходу удаления от источника изолинии потенциала становятся менее вытянутыми.

В случае 2 (рис. 2, б), при $n_2=23$, $n_3=17$, $n_4=50$, в связи с удалением положительного полюса от отрицательного, уровень поля повышается, особенно с положительным потенциалом ($U_{\max}=1120$ мВ, $U_{\min}=-1280$ мВ). Поле становится менее асимметричным, изолинии положительного потенциала — более выпуклыми ($\epsilon^{(+)}=0,24$), отрицательного потенциала — вытянутыми ($\epsilon^{(-)}=0,125$). Уменьшается отношение расстояния между экстремумами потенциала к межполюсному ($l_2/l_1=1,25$).

При 3-ем и 4-ом положениях полюсов (рис. 2, в, г) нулевая изолиния потенциала почти перпендикулярна к источнику. Левая часть карты в одном варианте сходна с правой частью в другом варианте. При третьем случае $U_{\min}=-1200$ мВ, $U_{\max}=1200$ мВ, $\epsilon^{(+)}=0,3$, $\epsilon^{(-)}=0,115$. При четвертом случае $U_{\min}=-1330$ мВ, $U_{\max}=1280$ мВ, $\epsilon^{(+)}=0,308$, $\epsilon^{(-)}=0,307$, $l_2/l_1=1,2$.

В случае 5 (рис. 2, д), при $n_2=38$, $n_3=52$, в связи с расположением положительного полюса в конце источника, уровень поля положительного потенциала резко возрастает ($U_{\max}=3200$ мВ), отрицательного потенциала — понижается ($U_{\min}=-1200$ мВ). Изолиния с нулевым потенциалом огибает отрицательный полюс источника. Наблюдается резкая асимметрия поля по отношению к изолинии нулевого потенциала $\epsilon^{(+)}=0,25$; $\epsilon^{(-)}=0,13$; $l_2/l_1=0,8$.

Рисунок 3 изображает кривые разностей потенциалов (ΔU), приращения разностей потенциалов ($\delta\Delta U$) и отношения приращений разностей потенциалов ($\Delta\psi$). Кривые ΔU , представленные на рисунках 3, а и 3, б, получены теоретическими расчетами по профилям $y=250$ м и 600 м, при рассмотренных пяти положениях положительного полюса источника.

По профилю $y=250$ м кривые ΔU характеризуются двумя экстремумами разного знака в центральной части профилей и плавным ходом в их перифериях. В первом случае значение ΔU в начале профиля составляет $-0,16$ мВ/м. По направлению оси X оно увеличивается, достигая максимального значения в точке 480 м ($0,45$ мВ/м), далее уменьшается, принимая минимальное значение в точке 750 м ($-0,2$ мВ/м), а затем до конца профиля медленно растет. График пересекает горизонтальную ось в точках $x=33$ м, 600 м и 950 м.

По ходу удаления положительного полюса амплитуда изменения увеличивается. Точки экстремумов приближаются друг к другу, а точки перемены знака удаляются.

На профиле $y=600$ м параметр ΔU изменяется в пределах $\pm 0,2$ мВ/м, что на 1—2 порядка меньше его аномальных значений, полученных при практических работах над хорошо проводящими рудными телами [1, 3, 6].

Кривые $\delta\Delta U_0$ и $\delta\Delta U_n$ сняты на участке рудного месторождения с помощью стационарных наблюдений (рис. 3, в). Пункт исследования выбран на расстоянии 600 м от транспортной штольни. Использована четырехэлектродная потенциальная схема [1], состоящая из базисной (M_0N_0) и полевой (M_nN_n) приемных установок. Базисная установка размещена на участке однородных пород, полевая — на известном хоро-

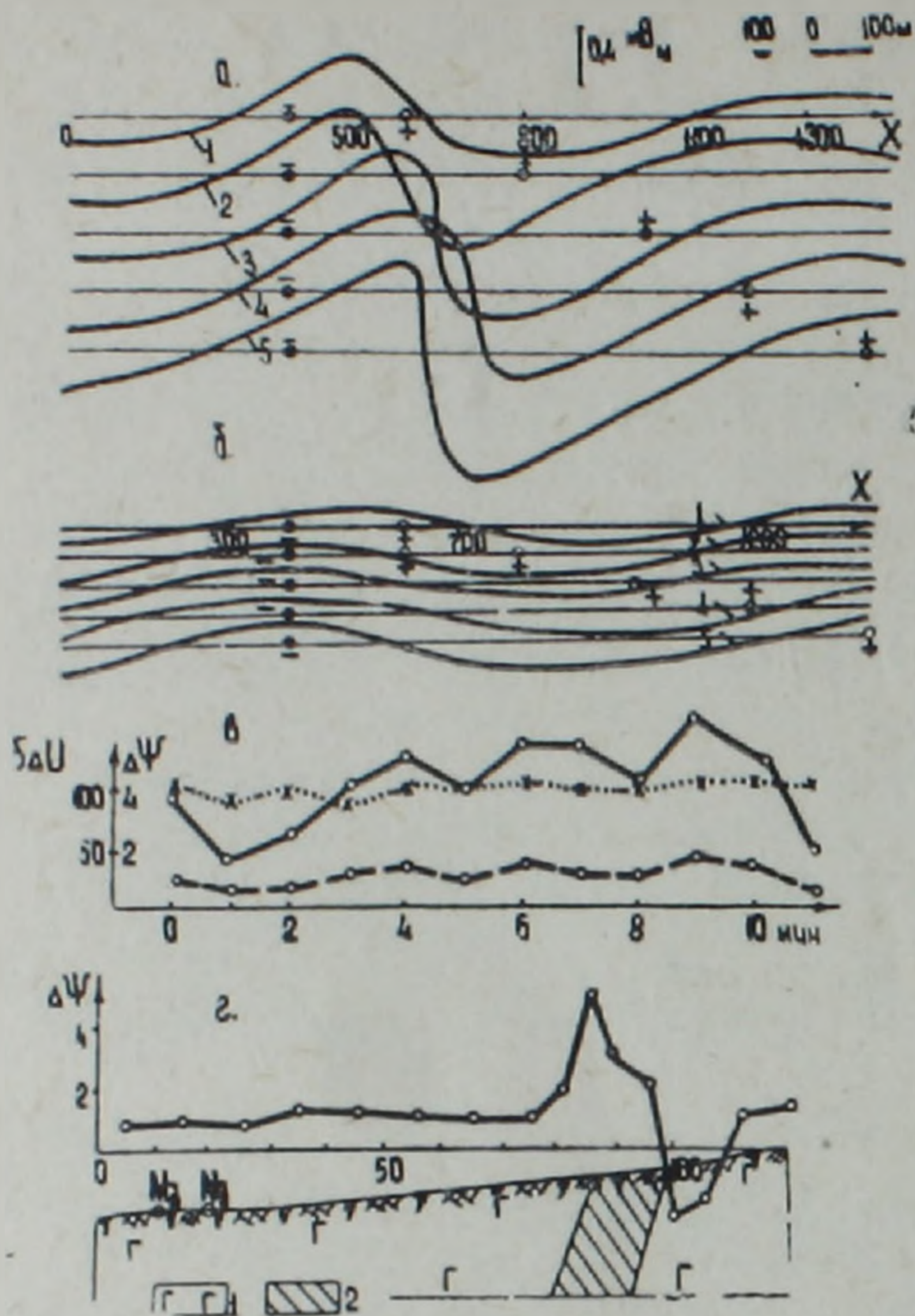


Рис. 3. Кривые разностей потенциалов (ΔU), приращения разностей потенциалов ($\delta\Delta U$) и отношения приращений разностей потенциалов ($\Delta\Psi$) блуждающих токов при разных положениях положительного полюса источника, соответствующих случаям 1, 2, 3, 4 и 5 рисунка 1, б. а—кривые ΔU , рассчитанные по профилю $y=250$ м; б—то же по профилю $y=600$ м; в—кривые $\delta\Delta U$ и $\Delta\Psi$, снятые на участке рудного месторождения при движении электроваза по подземной выработке; г—кривая $\Delta\Psi$, снятая по профилю, пройденному над известным хорошопроводящим рудным телом. 1—габбро; 2—хорошо проводящее рудное тело.

хорошо проводящем рудном теле, на расстоянии 100 м от базисной. Наблюдения проведены через каждую минуту, при движении электроваза от устья до забоя транспортной штольни протяженностью 2130 м. В результате вычислена кривая $\Delta\Psi$ [1]. Из полученных кривых следует, что $\delta\Delta U_1$ и $\delta\Delta U_n$ при движении электроваза изменяются синхронно, а $\Delta\Psi$ почти не меняется.

Рисунок 3, в изображает кривую $\Delta\Psi$, снятую по профилю, пройденному через базисный и полевой пункты стационарных наблюдений при движении электроваза. В пределах пород габбро $\Delta\Psi \approx 1$. Над хорошопроводящим рудным телом наблюдаются резкие изменения кривой ($\Delta\Psi = -2,3 \div 5$).

Исходя из полученных данных, можно предполагать, что движение электроваза в подземных горных выработках на удаленных участках существенно не изменяет характера поля БТ. В связи с этим оно не может вызывать ложных аномалий на участках, удаленных от источника на 500 м и более, при расстоянии между присмными установками до 200 метров.

Институт геофизики и инженерной сейсмологии
АН АрмССР

Поступила 6.VII. 1984.

Վ. Բ. ԴԱՄՈՅԱՆ, Յ. Ս. ՈՒՆՈՒՍՅԱՆ

ԹԱՓԱՌՈՂ ՀՈՍԱՆՔՆԵՐԻ ԴԱՇՏՆ ԷԼԵԿՏՐԱՔԱՐՇԻ ՏԱՐԲԵՐ ԴԻՐՔԵՐԻ ԴԵՊՔՈՒՄ

Ա մ փ ո փ ու մ

Հողվածը նվիրված է Թափառող հոսանքների դաշտի առանձնահատկությունների ուսումնասիրմանը: Ստացված են դաշտի պարամետրերի վարքը բնութագրող մաթեմատիկական բանաձևեր: Ներկայացվում են պոտեն-

ցիալի և նրա աճի բաշխման քարտեզներ և կորեր՝ աղբյուրի տարբեր պարամետրերի դեպքում:

Հետազոտությունների արդյունքները ցույց են տալիս, որ ստորգետնյա լիւնային փորվածքներում էլեկտրաքարչերի շարժումն էական ազդեցություն չի գործում թափառող հոսանքների դաշտը բնութագրող $\Delta\Psi$ պարամետրի վրա, հրբ բազիսային և դաշտային ընդունող սարքերի միմյանցից ունեցած հեռավորությունը չի գերազանցում 200 մ: Հետևաբար, աղբյուրից 500 մ և ավելի հեռու գտնվող տեղամասերում թափառող հոսանքների մեթոդով աշխատելիս էլեկտրաքարչերի շարժումը չի կարող կեղծ անոմալիաներ առաջացնել:

Հողվածում ներկայացված նյութերը կարևոր նշանակություն կունենան էլեկտրահետախուզության թափառող հոսանքների մեթոդի զարգացման գործում:

V. B. GAMOYAN, F. S. UNUSIAN

WANDERING CURRENTS FIELD AT VARIOUS POSITIONS OF AN ELECTRIC LOCOMOTIVE

The paper is dedicated to the wandering currents fields peculiarities study. There have been deduced mathematical formulas which express the behaviour of field parameters. The maps and diagrams are represented showing the potential distribution and potential increments for various parameters of the source (the electrified narrow-gauge railway in the underground mining openings). The results of the investigations carried out may present valuable data for working out the methods of field observations of the wandering currents method.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бадалян С. В., Газарян Г. О., Гамоян В. Б. Подземная электроразведка на рудных месторождениях Армении. Ереван: Изд. АН АрмССР, 1980, 222 с.
2. Батыгин В. В., Топтыгин И. Н. Сборник задач по электродинамике. М.: Госиздфизматлит, 1962, 412 с.
3. Березин Г. И., Семенов М. В. Об использовании полей блуждающих токов для электроразведки флангов разрабатываемых месторождений. В кн.: Методика и техника разведки, Л.: № 86, 1973, с. 69—76.
4. Гамоян В. Б., Лулечян Е. М. Характер поля блуждающих токов от «линейно-двухполюсного» источника.—Изв. АН АрмССР, Науки о Земле, 1978, № 2, с. 47—58.
5. Зевеке Г. В., Нонкин П. А. и др. Основы теории цепей. М.: Госэнергоиздат, 1963, 389 с.
6. Путилова И. И., Марченко А. Ф. и др. Коррозия и защита металлических сооружений средств связи. М.: Гос. изд. по вопросам связи и радио, 1960, 176 с.
7. Семенов А. С. Электроразведка методом естественного электрического поля. Л.: Изд. ЛГУ, 1955, 212 с.
8. Якубовский Ю. В., Ляхов Л. Л. Электроразведка. М.: Госгеолтехиздат, 1966, 358 с.
9. Bozvoga Voclav, Prochazka jasef, Stray currents in geological prospecting. „Sb. geol. veg“, UG, № 11, 1973. 28—36с.