Известия АН Арм.ССР, Науки о Земле, XXXVI, № 4, 56—62, 1983

УДК 550.837.3

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

В. Б. ГАМОЯН, С. В. БАДАЛЯН, Г. В. АРУТЮНЯН, Е. М. ЛУЛЕЧЯН

СПОСОБ УЧЕТА КВАЗИСТАЦИОНАРНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПОМЕХ ПРИ ЭЛЕКТРОРАЗВЕДКЕ МЕТОДАМИ ПОСТОЯННОГО ТОКА

Интенсивность квазистационарных электрических помех на рудных месторождениях и в районах промышленных центров достигает десятков *мВ/км*, частота появления импульсов составляет 0,05—2 *имп/сек*, радиус распределения их полей достигает 10 и более *км* [2, 4, 6]. Представленные параметры помех указывают на их существенное влияние при работе электроразведочными методами [7]. Особенно велика их роль в распределении поля постоянного тока при работе методами сопротивлений, естественного электрического поля (ЕП), заряда и др.

На ряде месторождений, как например Зодском кварц-сульфидном, Алавердском медном, Дастакертском медно-молибденовом Армянской ССР, квазистационарные помехи наблюдаются в течение одной или двух смен работы рудников. На Кафанском, Шамлугском, Шаумянском и других рудниках, где горно-добывающие работы производятся круглосуточно, а также в районах городов, электрифицированных железных дорог и других промышленных центров электрические помехи наблюдаются постоянно [2].

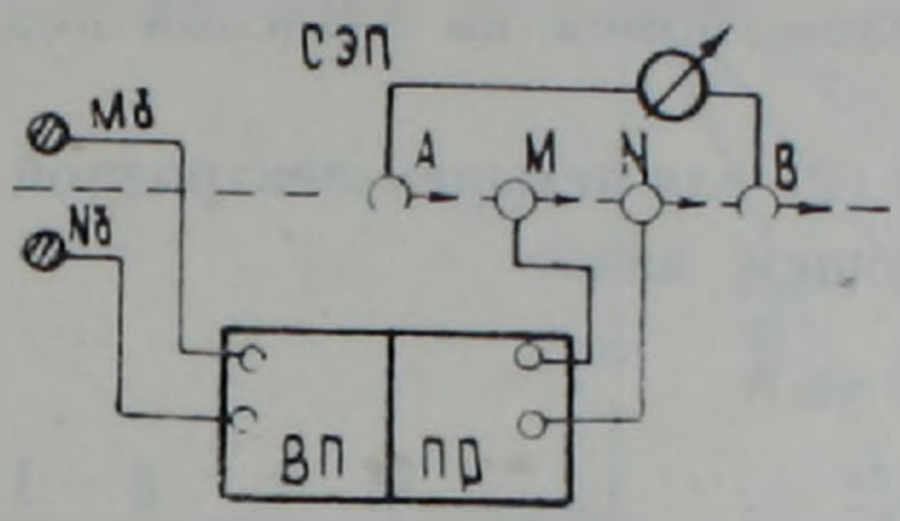
Из изложенного следует, что во многих районах проведение электроразведочных работ на постоянном токе крайне затруднено. Ввиду этого представляет особую важность разработка методики подавления или учета рассмотренных помех.

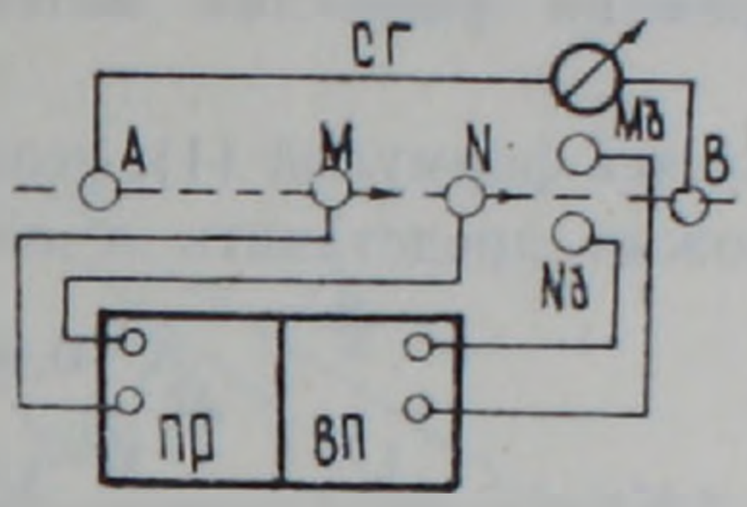
В литературе известен компенсационный способ подавления нестационарных электрических помех с использованием дополнительной мостиковой схемы [1]. Однако, предложенная методика применима лишь при синхронном изменении помех на базовом и полевых пунктах. Вместе с тем разработка такой схемы чрезмерно трудно осуществима в связи с необходимостью повышения коэффициента усиления измерительных приборов на порядок 10^6.

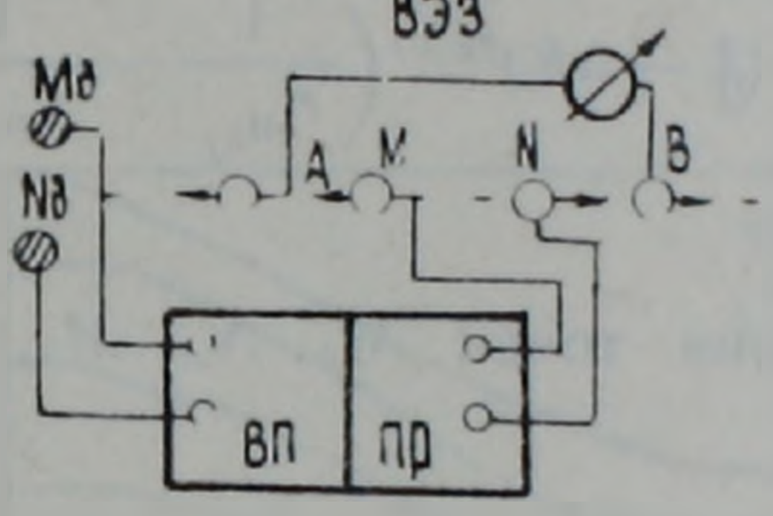
Известно, что на рудниках основными источниками квазистационарных электрических помех являются электрифицированные железнодорожные линии в подземных горных выработках [2, 3, 7]. Они характеризуются изменением интенсивности генерации тока в земле. Разработаны электротехническое подобие и математическая модель такого («линейно-двухполюсного») источника. Потенциал поля прямого «линейно-двухполюсного» источника, с расположением полюсов в концах его, на поверхности земли определяется формулой [4, 5]:

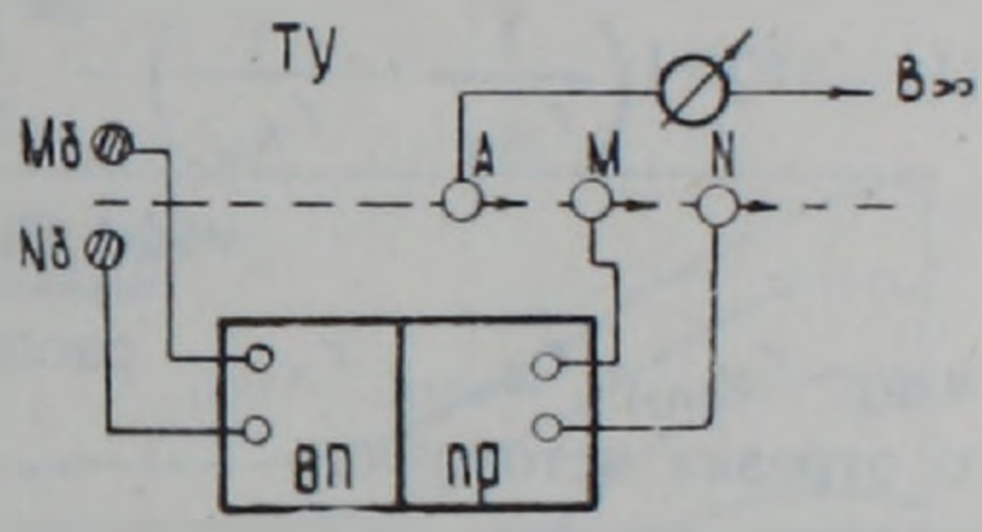
$$U = \frac{I\rho\Delta K'}{2\pi}\left[\sum_{i=1}^{n}\frac{(1-\Delta K)^{i-1}}{\gamma_i} - \sum_{j=n+1}^{2n}\frac{(1-\Delta K)^{2n-j}}{\gamma_j}\right], \qquad (1)$$

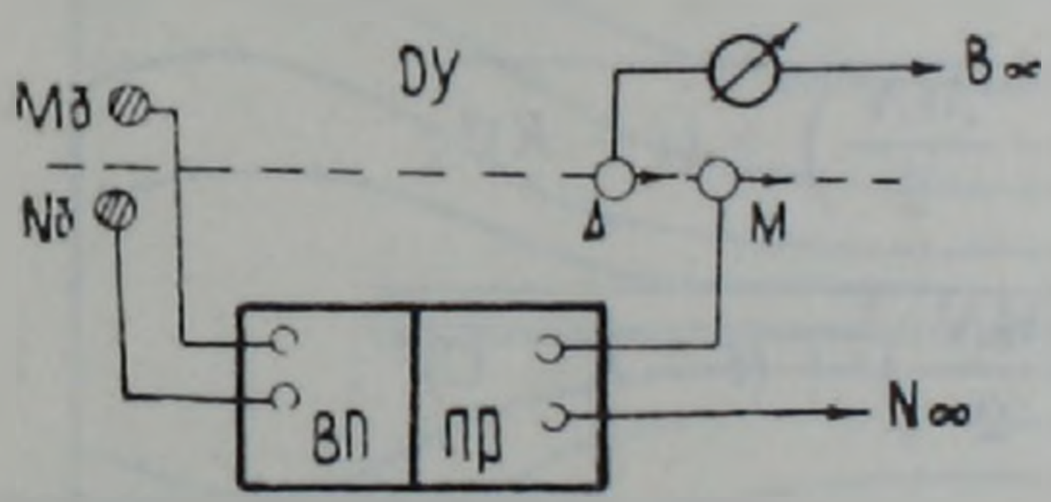
где I—величина тока, подаваемого в землю через источник (рельсы); ρ — удельное электрическое сопротивление среды; $\Delta K = \Delta R_p/(\Delta R_p + \Delta R_k)$; ΔR_p — электрическое сопротивление Δl отрезка рельса; $\gamma_{i(j)}$ — расстояние точки наблюдения от i (j)-го отрезка рельса; $2n$ — количество Δl отрезков; $\Delta K'$—коэффициент, определяющийся расположением электродов.











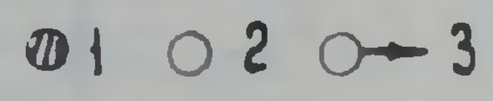


Рис. 1. Установки наблюдений методами сопротивлений (модификации симметричного электропрофилирования—СЭП, срединного градиента—СГ, вертикального электрического зондирования—ВЭЗ и заряда (градиентный—ТУ и потенциальный—ДУ варианты) при наличии квазистационарных электрических помех. 1—базисные электроды; 2—неподвижные рабочие электроды; 3—подвижные рабочие электроды.

В методе сопротивлений широко применяются способы вертикального электрического зондирования (ВЭЗ), срединного градиента (СГ), а также четырехэлектродной симметричной (СЭП), трехэлектродной (ТУ) и двухэлектродной (ДУ) установок [7]. Нами предлагаются аналоги перечисленных установок (рис. 1), разрешающие учет влияния квазистационарных электрических помех.

Отличительной чертой предложенных установок по сравнению с существующими является использование двухбазисной ($M_\delta N_\delta$) и полевой ($M_n N_n$) приемных подустановок. Причем базисная подустановка ориентируется перпендикулярно к профилю наблюдений таким образом, чтобы разность потенциалов между точками M_δ и N_δ поля, задаваемого

для геофизических работ, равнялась нулю. Этого можно добиться путем перемещения электродов базисной подустановки.

Предельное расстояние между приемными установками исходит из условия

$$\frac{\delta\Delta U_n}{\delta\Delta U_б} \approx D, \qquad (2)$$

где D — некоторая постоянная; $\delta\Delta U_n$ — приращение во времени разностей потенциалов помех на полевой подустановке; $\delta\Delta U_б$ — приращение во времени разностей потенциалов помех на базисной подустановке.

Пользуясь формулой (1), условие (2) для четырехэлектродной установки можно представить в следующем виде:

$$0{,}956\,D \leqslant$$

$$\leqslant \frac{\sum_{i=1}^{n+1}(1-\Delta K)^{i-1}\left(\frac{1}{r_{M_{ni}}}-\frac{1}{r_{N_{ni}}}\right)-\sum_{j=n+1}^{2n}(1-\Delta K)^{2n-j}\left(\frac{1}{r_{M_{nj}}}-\frac{1}{r_{N_{nj}}}\right)}{\sum_{i=1}^{n+1}(1-\Delta K)^{i-1}\left(\frac{1}{r_{M_{бi}}}-\frac{1}{r_{N_{бi}}}\right)-\sum_{j=n+1}^{2n}(1-\Delta K)^{2n-j}\left(\frac{1}{r_{M_{бj}}}-\frac{1}{r_{N_{бi}}}\right)} \leqslant$$

$$\leqslant 1{,}05\,D,$$

где $r_{M_{ni(j)}}$, $r_{N_{ni(j)}}$, $r_{M_{бi(j)}}$, $r_{N_{бi(j)}}$ расстояния точек M_n, N_n, $M_б$, $N_б$ от i (j)-го отрезка источника.

Согласно рисунку 2а

$$r_{M_{бi}} = \sqrt{\left(d-\frac{MN}{2}\right)^2+(i-K)^2};$$

$$r_{N_{бi}} = \sqrt{\left(d+\frac{MN}{2}\right)^2+(i-K-C)^2};$$

$$r_{M_{ni}} = \sqrt{d^2+(i-K-C)^2}; \qquad r_{N_{ni}} = \sqrt{d^2+(i-K-C-MN)^2}.$$

Методика полевых работ при использовании предложенных установок заключается в следующем. Например, при четырехэлектродной симметричной установке питающие и полевые приемные электроды устанавливали в начале профиля. На расстоянии C от приемной подустановки, определенной по формуле (3), устанавливали базисную подустановку. Приемные подустановки присоединяли к входам «ПР» и «ВП» усилителя станции ВП-59. После компенсации постоянной составляющей естественных полей (для данного момента времени) производили одновременную запись изменения разностей потенциалов на полевой и базисной подустановках при отключенном состоянии питающей цепи. Включали ток в питающую цепь, продолжая регистрацию изменения разностей потенциалов. После исследования первой точки питающие и рабочие приемные электроды перемещали на вторую точку, оставляя базисную подустановку неподвижной. Базисную подустановку перемещали на вторую точку стояния после того, как исследован первый интервал профиля

длиной 2C. Новую точку стояния базисной подустановки выбирали таким образом, чтобы с нее при данной величине D, вычисленной по формуле (3) (рис. 2б), можно было перекрыть три точки первого интервала. С нового базисного пункта снимали профиль по обе стороны от него. После окончания второго интервала переходили на третий и т. д.

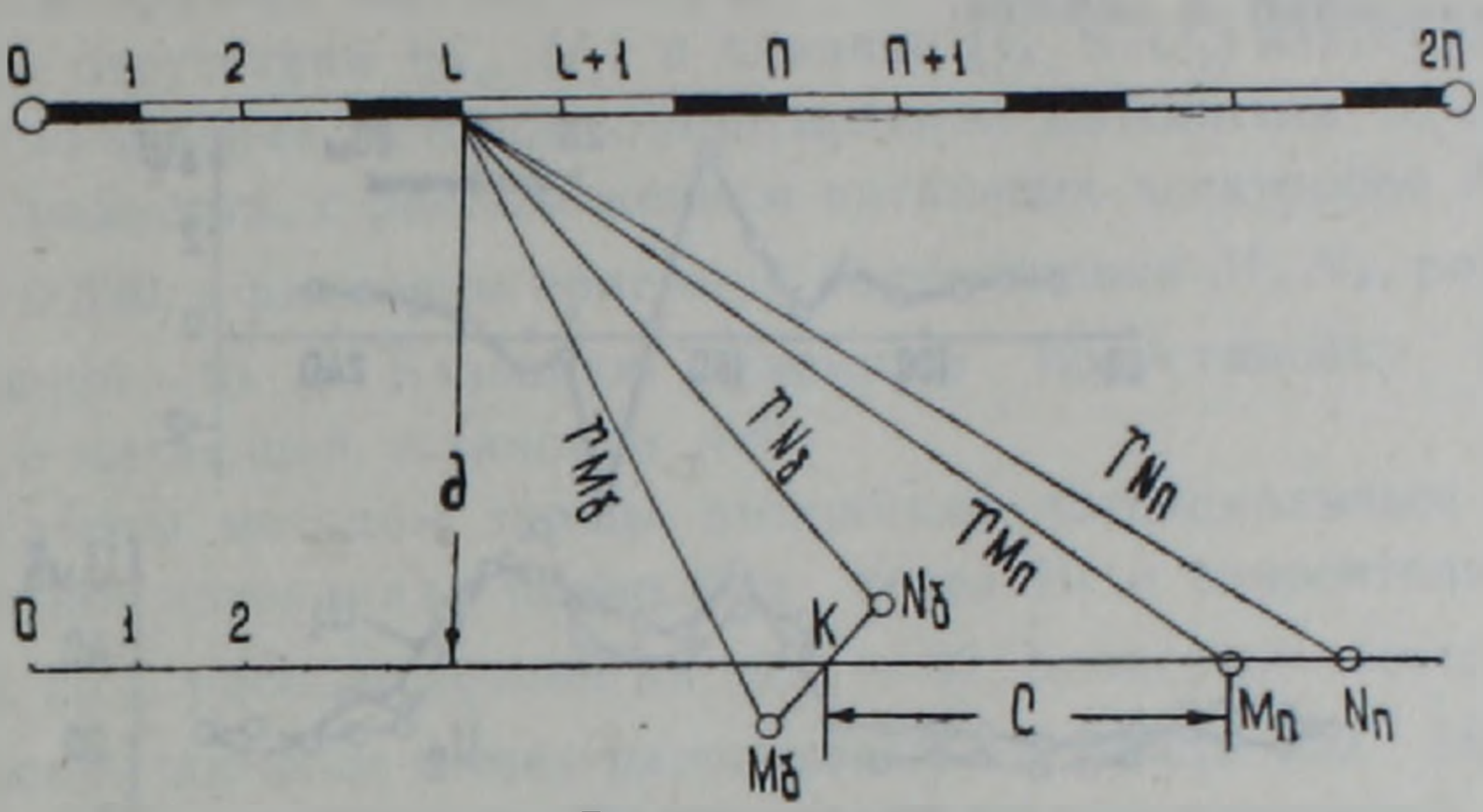


Рис. 2. Взаиморасположение «линейно-двухполюсного» источника и установки наблюдений схемой срединного градиента: а и б—карта изолинии параметра C. 1—изолинии потенциала; 2 —отрезок источника.

Обработку фотозаписей производили следующим образом:

1. Вертикальными линиями отмечали амплитуды разностей потенциалов на базисной и полевой подустановках при отключенном ($\Delta U_{б,0}$ и $\Delta U_{п,0}$) и включенном ($\Delta U_{б,0}$ и $\Delta U_{п,пр}$) токе в цепи AB.

2. Определяли отношение $D = \Delta U_{п,0}/\Delta U_{б,0}$.

3. Определяли разность потенциалов задаваемого поля (ΔU_0) на полевой установке формулой

$$\Delta U_0 = \Delta U_{п,\,пр} - D \Delta U_{i,\,0}.$$

Для проверки достоверности предложенного способа на Зодском месторождении проведены специальные полевые наблюдения методами БТ, сопротивлений и заряда.

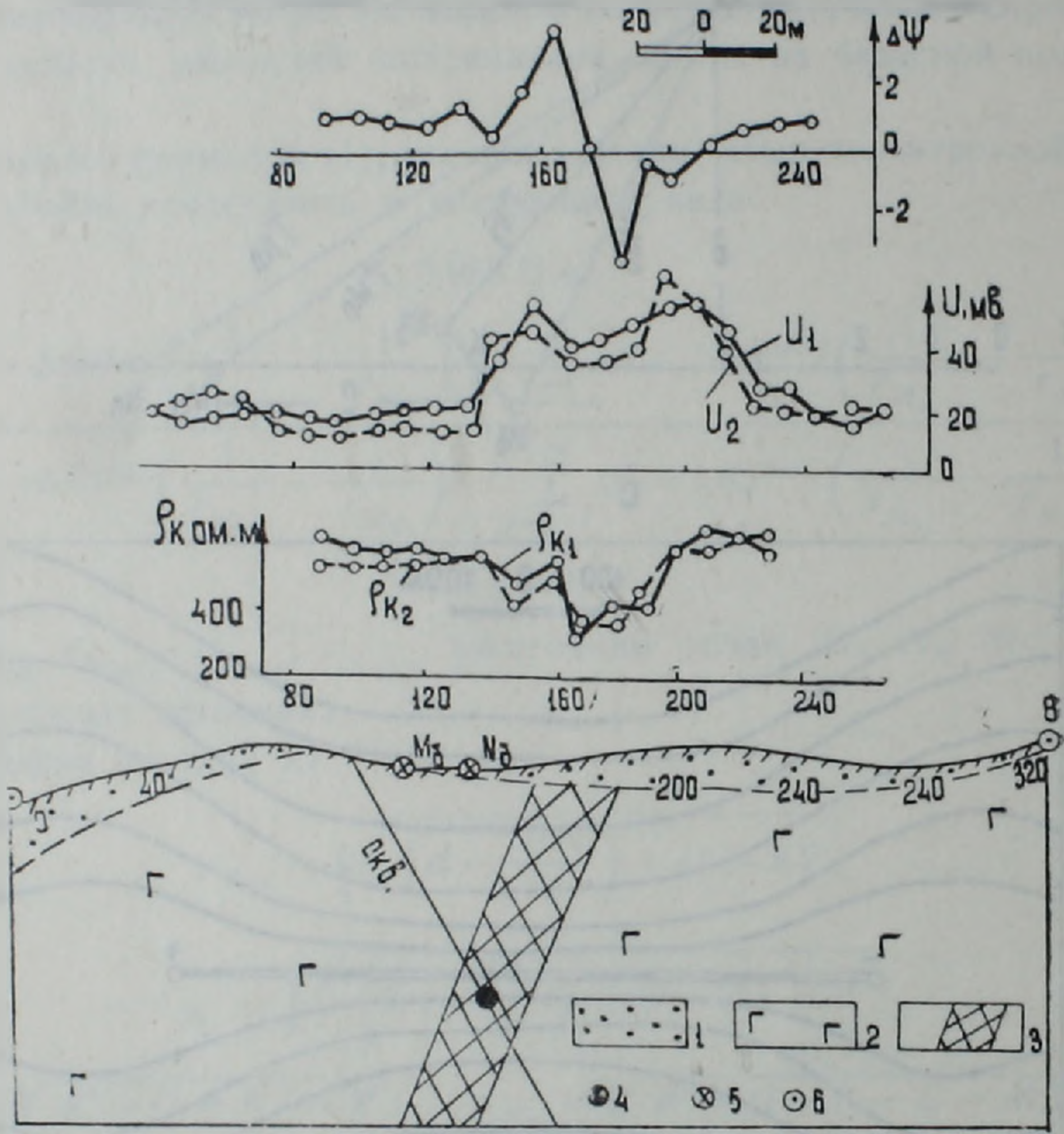


Рис. 3. Кривые $\Delta\Psi$, U и $\rho_к$, полученные повторными наблюдениями методами БТ, заряда и сопротивлений на участке Тигранасар Зодского месторождения. 1—аллювиально-делювиальные отложения; 2—габбро; 3—хорошопроводящее рудное тело; 4—точка заряда при работе методом заряженного тела; 5—точки стояния базисной подустановки; 6—точки стояния питающих электродов метода сопротивлений.

Профиль работ был выбран на заранее изученном геологической разведкой участке. Расстояние выбранного профиля от рудника составляет 1800 *м*. Для такого расстояния, с учетом расположения и протяженности транспортных горных выработок рудника, вычислено допустимое максимальное расстояние между базисной и полевой подустановками (электродами—при работе методом заряда)—380 *м*.

Изучаемый геологический разрез представлен аллювиально-делювиальными отложениями, породами габбро и зоной гидротермально измененных пород.

Параметрическими наблюдениями установлено, что среднее удельное электрическое сопротивление аллювиально-делювиальных отложений сотавляет 21 *Ом·м*; габбро—620 *Ом·м*; пород рудной зоны—83 *Ом·м*.

На рис. 3 представлены кривые $\Delta\Psi$, U_1, U_2, ρ_{k_1} и ρ_{k_2}, полученные повторными наблюдениями методами БТ, сопротивлений и заряда при отсутствии (ρ_{k_1}, U_1) и наличии (ρ_{k_2} и U_2) электрических помех.

Наблюдения методом сопротивлений выполняли со схемой срединного градиента, с расположением питающих электродов *A* и *B* на пикетах 0 и 320, с размером приемной подустановки $M_n N_n$, равным шагу наблюдений—10 *м*. Базисную приемную подустановку располагали в центре питающей установки *AB*.

Работы методом заряда выполняли потенциальным способом. Наблюдения потенциала проводили через 10 *м* относительно «нулевой» точки (*N*), расположенной на пикете 80. Базисный электрод M_6 при наблюдении на фоне помех располагали на пикете 120. Наблюдения методом БТ проводили четырехэлектродной потенциальной схемой.

Кривые геофизических параметров хорошо соответствуют геологическому строению участка. В пределах пород габбро (интервалы пикетов 70÷120 и 200÷230) значения ρ_k составляют 550÷600 *Ом·м*, *U*—5÷15 *мВ*, $\Delta\Psi = 0{,}5 \div 1{,}2$ единиц. Над рудной зоной кривые ρ_k падают до значения 300 *Ом·м*, *U*—до 60 *мВ*. Кривая $\Delta\Psi$ характеризуется двумя экстремумами разных знаков над контактами хорошопроводящего тела и переходом через нуль.

Для количественной оценки точности воспроизводства работ при отсутствии и наличии электрических помех рассчитан коэффициент корреляции между данными повторных наблюдений. В результате установлено: а) среднеквадратичные отклонения $\sigma\rho_{k_1}$ и $\sigma\rho_{k_2}$ составляют 101,5 и 100,6; σU_1 и σU_2 — 32,6 и 33,96;

б) радиусы корреляции $r_{\rho_k} = 0{,}961$ и $r_U = 0{,}941$;

в) коэффициенты корреляции — 0,962 (для ρ_k) и 0,975, (для *U*);

г) среднеквадратичные ошибки коэффициентов корреляции $\sigma r_{\rho_k} = 0{,}019$, $\sigma r_U = 0{,}018$.

Результаты вычислений подтверждают достоверность предложенного способа учета помех.

Ордена Трудового Красного Знамени
Институт геофизики и инженерной сейсмологии
Академии наук Армянской ССР

Поступила 17. II. 1982

ЛИТЕРАТУРА

1. *Асланян А. М.* Компенсационный способ подавления нестационарных электрических помех при работах методами постоянного тока и вызванных потенциалов. Известия АН Арм.ССР, Науки о Земле, № 2, 1980.

2. *Бадалян С. В., Газарян Г. О., Гамоян В. Б.* Подземная электроразведка на рудных месторождениях Армении. Изд. АН Арм.ССР, Ереван, 1980.
3. *Березин Г. И., Семенов М. В.* Об использовании полей блуждающих токов для электроразведки флангов разрабатываемых месторождений. В сб. «Методика и техника разведки», № 86, Л., 1975.
4. *Гамоян В. Б., Лулечян Е. М., Симонян С. С.* Характер блуждающих токов на Зодском месторождении и возможности их применения с целью разведки. В материалах республиканской конференции молодых геофизиков, посвященной 60-летию Великого Октября, Ленинакан, 1977.
5. *Гамоян В. Б.* Поле блуждающих токов при наличии плоской вертикальной границы раздела разновидных пород. Известия АН Арм.ССР, Науки о Земле, № 3, 1979.
6. *Путилова И. Н., Марченко А. Ф., Никольский К. К., Райкин Г. А., Разумов Л. Д.* Коррозия и защита металлических сооружений средств связи. Гос. изд. по вопросам связи и радио, М., 1963.
7. *Якубовский Ю. В., Ляхов Л. Л.* Электроразведка. Госгеолтехиздат, М., 1966.